







INICIATIVA ANDINA

50 AÑOS

CIP
CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

CGIAR
RESEARCH PROGRAM ON
Roots, Tubers and Bananas

ISBN 978-9972-9792-2-4

LOS ANDES
Y LOS ALIMENTOS DEL FUTURO
50 Andean Future Foods





LOS ANDES
Y LOS ALIMENTOS DEL FUTURO
50 Andean Future Foods





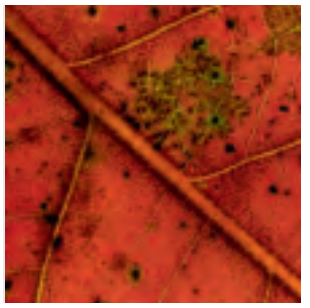
INICIATIVA ANDINA

50 AÑOS

CIP
CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

CGIAR
RESEARCH PROGRAM ON
Roots, Tubers and Bananas







LOS ANDES Y LOS ALIMENTOS DEL FUTURO

50 Andean Future Foods

INICIATIVA ANDINA

50 AÑOS

CIP CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

CGIAR RESEARCH PROGRAM ON Roots, Tubers and Bananas









Un legado
para el futuro

El Centro Internacional de la Papa (CIP) celebra 50 años de trabajo en los Andes. Cinco décadas recorriendo las montañas de la mano de campesinos e investigadores para desarrollar ciencia con miras a la seguridad alimentaria del planeta. En 1971 asumimos el desafío de conservar la diversidad de cultivos –raíces y tubérculos de la región– para las futuras generaciones. Hoy, el CIP mantiene la mayor colección mundial de papas, ocas, achiras y ahipas, entre otros cultivos andinos. Al hacerlo, trabajamos con cientos de comunidades andinas, preservando el legado de grandes héroes anónimos: las mujeres y hombres que domesticaron, diversificaron y conservaron la agrobiodiversidad de estas montañas durante los últimos 10,000 años.

Los Andes no son solo el mayor centro de origen y diversidad de especies comestibles del planeta. La diversidad en estas montañas sigue viva, latiendo y adaptándose continuamente a nuevas condiciones. Un gran laboratorio de evolución que sostiene a miles de familias, asegurando una fuente de nutrición y ofreciendo opciones para la producción de alimentos en la frontera agrícola más alta y extrema del mundo. Las familias resguardan a la diversidad, y a la vez la diversidad protege a las familias. En este proceso biocultural la semilla ha pasado de mano a mano, de generación en generación, como una herencia viva y un legado del pasado con vigencia para construir un futuro mejor. Antaño considerados cultivos olvidados, la agrobiodiversidad andina provee hoy los Alimentos del Futuro. Sus propiedades únicas: nutricionales, medicinales o genéticas, son la base para el nuevo desarrollo sostenible que reclama este territorio mágico y desafiante.

En 2020 el CIP lanzó la Iniciativa Andina: una plataforma regional que busca facilitar la colaboración científica con énfasis en la innovación para conservar la agrobiodiversidad, enfrentar la crisis climática y proveer alimentación saludable. Todo ello con criterios de género, juventud y soluciones digitales. La próxima década, de la mano con nuestros socios y aliados, seguiremos trabajando en ciencia e innovación para conservar, manejar y valorizar a los Alimentos del Futuro. Específicamente en el monitoreo del estado de su conservación, ciencia ciudadana con jóvenes, manejo sostenible, biodescubrimiento y mercados inclusivos, así como sistemas alimentarios saludables en base a la agrobiodiversidad. ¡Hagámoslo juntos celebrando los Andes y su legado biocultural!

Centro Internacional de la Papa (CIP)

A legacy for the future

The International Potato Center (CIP) is celebrating 50 years of work in the Andes. Five decades of roaming the mountains, hand in hand with farmers and researchers, contributing to science in pursuit of global food security. In 1971, we accepted the challenge of conserving the diversity of crops – roots and tubers of the region – for future generations. Today, CIP holds the world's largest collection of potatoes, ocas, achiras and ahipas, among other Andean crops. In doing so, we work with hundreds of Andean communities, preserving the legacy of great anonymous heroes: the women and men who domesticated, diversified and conserved the agrobiodiversity of these mountains for the last 10,000 years.

The Andes are not only a major center of origin and diversity of edible species on the planet. The diversity in these mountains is still alive, pulsating and continuously adapting to new conditions. The Andes are a great laboratory of evolution that sustains thousands of families, securing a source of nutrition and offering options for the production of foods at the highest altitude and most extreme agricultural frontier in the world. The families safeguard diversity, and diversity protects the families at the same time. In this biocultural process, the seed has gone from one hand to the next, from one generation to the next, like a living heritage and a legacy of the past that is highly relevant to construct a better future. Previously considered forgotten crops, Andean agrobiodiversity now provides the Foods of the Future. Its properties (nutritional, medicinal or genetic) are unique, and they are the basis of the new sustainable development which this magical and challenging territory needs.

In 2020, CIP launched the Andean Initiative: a regional platform that seeks to foster scientific collaboration with an emphasis on innovation to conserve agrobiodiversity, to tackle the climate crisis and to provide healthy food. The Initiative accomplishes this while applying criteria of gender, youth and digital solutions. During the next decade, together with our partners and allies, we will continue working through science and innovation to conserve, manage and value the Foods of the Future. Efforts will include monitoring its conservation status, fostering citizen science that includes young people, improve sustainable management, biodiscovery and inclusive markets, and healthy food systems, based on agrobiodiversity. Let's do it together by celebrating the Andes, its people and their biocultural legacy!

International Potato Center (CIP)





Acerca de la bibliografía
Por razones de espacio, las referencias bibliográficas del libro –que aparecen como superíndices– han sido alojadas en el siguiente vínculo:

www.bit/loe32q

También podrá acceder a través del siguiente código QR

About the bibliography
For reasons of space, the bibliographic references of the book –which appear as superscripts– have been hosted in the following link:

https://bit.ly/3nSohdr

You can also access through the following QR code

Prólogo | Prologue

La región Andina es uno de los grandes centros de origen y domesticación de muchas plantas alimenticias. Los cultivos andinos son numerosos y abarcan granos como el maíz y la quinua, tubérculos como la papa, oca, mashua y olluco, leguminosas como el tarwi –también conocido como chocho–, raíces como la arracacha y varios frutales que incluyen el mortiño, el capulí y el tomate de árbol, solo para citar algunos. Estos cultivos prosperan en distintas zonas ecológicas a lo largo de 7,000 kilómetros, bordeando la cordillera de los Andes, extendiéndose a través de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y llegando hasta el norte de Argentina y Chile.

Solo algunos cultivos como el maíz y la papa están ampliamente difundidos, utilizados y estudiados. Muchos otros han recibido poca atención de los gobiernos y centros de investigación. La gran mayoría de cultivos nativos y sus variedades locales se manejan y conservan actualmente en la chacras y huertos de pequeños productores, como parte de la agricultura familiar. La conservación de esta agrobiodiversidad por las familias de agricultores es una función directa de su utilidad. Mientras más útiles o rentables sean estos cultivos, más se les va a mantener y seguir sembrando. Esta diversidad es un patrimonio cultural y contribuye a la seguridad alimentaria. Estos cultivos cumplen funciones nutricionales, ecológicas y económicas. Además de mejorar la seguridad alimentaria del hogar, pueden proveer beneficios económicos. El interés por alimentos exóticos, el consumo urbano de alimentos más nutritivos y el desarrollo agroindustrial ofrecen nuevas perspectivas de mayor valor para estas especies.

La conservación de la biodiversidad de la papa, el camote y muchos otros tubérculos y raíces es parte importante del mandato del Centro Internacional de la Papa (CIP). En la región Andina, el CIP ha enfocado sus esfuerzos en la conservación integrada de agrobiodiversidad en fincas y *ex situ*, y el uso activo de la diversidad para desarrollar nuevas variedades principalmente en el caso de la papa y del camote. Decenas de variedades de papa y camote han sido liberadas para su uso en América Latina y El Caribe. De forma complementaria, se ha dedicado esfuerzos para promover un enfoque de desarrollo inclusivo de cadena de valor para posicionar mejor la biodiversidad de la papa nativa en los mercados urbanos. También, se apoyó estrategias para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de las poblaciones rurales mediante innovaciones en los sistemas de producción basados en raíces y tubérculos, y la promoción de la diversidad dietética. Tres elementos han sido transversales a las acciones del CIP en la región andina: el fortalecimiento de capacidades a diferentes niveles; incorporando un enfoque de género; y las alianzas con diversos socios de investigación y desarrollo tanto públicos como privados.

La celebración del 50 aniversario del CIP es una excelente oportunidad para expandir la visibilidad y el conocimiento sobre los cultivos andinos. Este libro resalta el significado cultural, social, nutracéutico y económico de estos cultivos para los agricultores de la región contribuyendo a su resiliencia. Este libro y sus múltiples fotografías nos llevan en un viaje por diferentes países, así como por el rico patrimonio culinario de los Andes. Los platos, chefs, fotógrafos y científicos ofrecen un homenaje a las personas que conservan la biodiversidad de los cultivos andinos. Esta publicación tiene como objetivo reimaginarlos desde una perspectiva artística, científica y social, haciendo posible que la agrobiodiversidad contribuya a la sostenibilidad del sistema alimentario y permita que miles de personas descubran este patrimonio único y especial.

The Andean region is one of the main centers of origin and domestication *of diverse food plants. Numerous Andean crops are cultivated, including grains such as maize and quinoa, tubers such as potatoes, oca, mashua and olluco, legumes such as tarwi (also known as chocho), roots such as arracacha, and various fruits such as mortiño, capulí and the tree tomato. These crops thrive in different ecological zones along 7,000 kilometers, bordering the Andes Mountain range, spread through Venezuela, Colombia, Ecuador, Peru and Bolivia and reaching the north of Argentina and Chile.*

Only some crops such as maize and potatoes are widely disseminated, used, and studied. Many others have received little attention from governments and research institutes. Most native crops and their local varieties are currently managed and conserved in home gardens and fields as part of smallholder family farming systems. The conservation of this agrobiodiversity by family farmers is a direct function of its usefulness. The more useful or profitable these crops are, the more they will be maintained and planted.

This crop diversity is a cultural heritage, fulfilling nutritional and ecological functions. In addition to improving household food security, the crops provide economic benefits. Interest in 'novel' foods, urban consumption of more nutritious foods, and agro-industrial development offer new, high-value prospects for these crops.

Conserving the biodiversity of potatoes, sweet potatoes, and many other tuber and root crops is an important part of the International Potato Center's (CIP) mandate. In the Andean region, CIP has focused its efforts on the integrated conservation of agrobiodiversity, both on-farm and ex situ, and the active use of diversity to develop new varieties, mainly in the case of potatoes and sweet potatoes. CIP has released dozens of varieties of potato and sweet potato for use in Latin America and the Caribbean. In addition, efforts have been made to promote inclusive value chain development to better position potato biodiversity in urban markets.

CIP also supports strategies to enhance the food and nutritional security of rural populations through production systems innovations based on roots and tubers, and the promotion of dietary diversity. Three elements have been central to CIP's actions in the Andean region: capacity development at different levels; incorporating a gender perspective; and the partnership with diverse research and development partners, both public and private.

The celebration of the 50th anniversary of CIP is an excellent opportunity to expand the visibility and knowledge of Andean crops. This book highlights the cultural, social, nutraceutical and economic significance of these crops for farmers in the region, contributing to their resilience. The books and the multiple photographs take us on a journey through different countries and celebrate the rich culinary heritage of the Andes. The recipes, chefs, photographers, and scientists offer a tribute to the people who conserve the biodiversity of Andean crops. This publication aims to reimagine Andean crops from an artistic, scientific, and social perspective, making it possible for agrobiodiversity to contribute to food system sustainability and allowing thousands of people to discover this unique heritage.

Dr. Graham Thiele
Director del Programa de Investigación del CGIAR sobre Raíces, Tubérculos y Bananos (CRP-RTB), liderado por el Centro Internacional de la Papa (CIP)
Director of the CGIAR Research Program on Roots, Tubers, and Bananas (CRP-RTB), led by the International Potato Center (CIP)

ÍNDICE
Index

18 **Regreso al futuro: la agrobiodiversidad andina reinventada**
Back to the future: Andean agrobiodiversity reimagined

34 **Contribución de la diversidad de cultivos andinos a la diversidad alimentaria y la salud humana**
The contribution of Andean crop diversity to dietary diversity and human health

50 **Cultivos andinos, agricultores andinos: contribuciones a la salud planetaria**
Andean crops, Andean farmers: contributions to planetary health

64 **Mejorando la inclusión social en los sistemas alimentarios andinos**
Enhancing social inclusion in Andean food systems

Los alimentos | The foods

82 **Granos** · Grains

100 **Legumbres** · Pulses

118 **Raíces y tubérculos** · Roots and tubers

168 **Vegetales** · Vegetables

190 **Hierbas** · Herbs

204 **Frutas** · Fruits

262 **Cosecha silvestre** · Wild harvest

296 **Procesos tradicionales** · Traditionally processed





Regreso al futuro: la agrobiodiversidad andina reinventada

Stef de Haan* & Margaret Zeigler **

Introducción

Elevándose hacia los cielos y extendiéndose 7,000 kilómetros a través de América del Sur, los Andes plantean desafíos poderosos, así como oportunidades para quienes llaman hogar a estas montañas. En este vasto paisaje lleno de contrastes hay más microclimas que en cualquier otro lugar del mundo. Los pueblos indígenas de la región domesticaron y diversificaron numerosos cultivos para estas condiciones contrastantes y extremas. Desde cultivos de raíces y tubérculos hasta granos y legumbres, así como frutas, verduras y alimentos silvestres, los Andes son una cornucopia de agrobiodiversidad, que contiene un enorme potencial nutricional y económico para transformar nuestros sistemas alimentarios. Las semillas que los agricultores plantan hoy ofrecen un espejo del pasado pues se han cosechado, plantado y pasado de la mano de múltiples generaciones, posiblemente desde la época de la civilización Caral (3,700-1,800 a.C.) hasta la actualidad.

De estos cultivos, el maíz y la papa han viajado desde los Andes por todo el mundo y han contribuido a la seguridad alimentaria mundial durante los últimos 500 años. Cultivados durante al menos 7,000 años en la región andina, ambos cultivos se exportaron a España en el siglo XVI y luego se difundieron mediante el comercio a Europa, Asia y África[1-4]. En la actualidad, la papa y el maíz se encuentran entre los cinco cultivos alimentarios básicos más importantes a nivel mundial y son una parte vital de la dieta de más de cinco mil millones de personas en los cinco continentes. Sin embargo, en los Andes todavía existen numerosos tipos de maíz y papa que son prácticamente desconocidos fuera de su lugar de origen. Estos incluyen las papas amarga y chaucha y el maíz morado, que se describen en este libro.

* Centro Internacional de la Papa (CIP), CGIAR, Lima, Perú.
** Consultora independiente, Washington, EEUU.

Recientemente, la quinua y la maca han sido denominadas “superalimentos” y han ganado la atención internacional por sus extraordinarias propiedades nutricionales. Rastrear y comprender el uso y la bioeconomía de los alimentos andinos a lo largo del tiempo puede arrojar luces sobre cómo construir sistemas alimentarios innovadores y saludables en el futuro. A medida que crece la demanda del mercado, la región debe prestar atención a estas importantes lecciones para evitar los errores del pasado. Invertir en investigación y asociatividad puede generar un impacto económico positivo a los hogares que cultivan, protegen y transforman la agrobiodiversidad, al mismo tiempo que salvaguardan la nutrición y protegen la naturaleza. En este capítulo analizaremos el pasado, presente y futuro de la agrobiodiversidad andina.

De alimentos clave a cultivos desatendidos

Hace 10,000 años, desde la transición de la caza-alimentación a la agricultura, los agricultores andinos han domesticado y diversificado un número deslumbrante de especies y variedades de cultivos. La infraestructura agrícola creada por el hombre, incluidas las terrazas y los sistemas de riego, muchos de los cuales todavía se utilizan ampliamente en la actualidad, dan testimonio de la inversión y el esfuerzo que se ha dedicado a la construcción de un sistema alimentario diversificado y resistente. Esta inventiva permitió a un gran número de culturas expandir su influencia e intercambiar semillas con culturas mesoamericanas y polinesias[5-7].

Las culturas andinas domesticaron y diversificaron una amplia gama de cultivos y utilizaron los recursos alimenticios silvestres como parte de su dieta. Ingeniosas técnicas de procesamiento y una red de depósitos de alimentos (*colcas* en quechua) contribuyeron a su disponibilidad durante todo el año[8-9].

La ciudadela de Machu Picchu constituye la cima de la civilización andina prehispánica, una cultura que desarrolló avanzadas técnicas agrícolas y de ingeniería hidráulica.

•••

The citadel of Machu Picchu constitutes the peak of the pre-Hispanic Andean civilization, one that developed advanced agricultural and hydraulic engineering techniques.

Además, las redes de intercambio socioecológico a lo largo de los gradientes altitudinales de los Andes aseguraron el acceso a alimentos diversos y nutritivos para las comunidades que viven en ambientes desafiantes. Estas redes se extendían desde los pastizales de la puna hasta los valles andinos subtropicales, proporcionando diversos alimentos durante todo el año[10-12]. Las dietas resultantes se han asociado con la reducción de factores de riesgo de desnutrición y enfermedades crónicas[13].

La llegada de los conquistadores en 1526 provocó un colapso demográfico generalizado causado por enfermedades, opresión y violencia rural y restringió el acceso a los recursos productivos[14-15]. A pesar de esto, los agricultores andinos continuaron aprovechando un alto nivel de agrobiodiversidad. Un ejemplo icónico son las raíces andinas y los complejos de cultivos de tubérculos con una docena de especies cultivadas y miles de variedades locales que todavía se cultivan en la actualidad[16]. Debido a la importancia espiritual de algunos cultivos andinos como la quinua y la kiwicha, los conquistadores prohibieron su cultivo[17]. Para la población indígena del Altiplano, el mantenimiento de la agrobiodiversidad se convirtió en un acto de resistencia y aseguró la supervivencia de su cultura alimentaria.

Después de la colonización, la ingeniosa cultura alimentaria andina y su agrobiodiversidad se convirtieron en objeto de estigmatización. Incluso la papa, durante sus primeros 100 años en Europa, fue observada con desconfianza y sospecha, lo que representa uno de los numerosos ejemplos evocadores de "temores alimentarios" humanos hacia los cultivos andinos[18]. Hasta la década de 1970 era común escuchar el término despectivo "comida de indio" entre la élite urbana, una referencia colonial a la cultura alimentaria segregada en clases y la presunta inferioridad de los alimentos andinos. Esto llevó a la desafortunada y absurda realidad de que los alimentos verdaderamente nutritivos fueran difamados porque eran cultivados y consumidos por pueblos indígenas.

Fue solo a fines de la década de 1970 que una nueva generación de investigadores andinos, basándose en el legado de botánicos andinos pioneros como Martín Cárdenas, comenzó a revalorizar y explorar seriamente el tesoro andino de agrobiodiversidad que los agricultores habían mantenido silenciosa y constantemente en sus campos de cultivo[19]. Se organizó una serie legendaria de 12 Congresos Regionales de Cultivos Andinos (1977-2006), colocando gradualmente las cosechas percibidas como 'olvidadas', 'descuidadas', 'subutilizada' y 'perdidas' –como fueron designadas en ese momento– firmemente en el mapa[20-22].

Un renacimiento con auges y caídas

Desde la década de 1980, la promoción de productos "novedosos" y "superalimentos", así como de nutracéuticos de los Andes, ha provocado picos en la demanda y los precios del mercado, seguidos de abruptos desplomes. Una serie de fallas fundamentales profundamente arraigadas llevaron a fenómenos de "auge y caída" para cultivos seleccionados. Las "quiebras" no estaban necesariamente relacionadas con los mercados en sí. La demanda mundial de alimentos del futuro ha seguido creciendo. Sin embargo, las fallas se originaron en las cadenas de suministro y los sistemas de mercado que las acompañan.

Uno de los primeros casos involucró a la kiwicha (*Amaranthus caudatus*), promovida políticamente por Alan García durante la primera mitad de su presidencia (1985-1990) en el Perú[23]. Esto fue seguido a fines de la década de 1990 por una rápida primera ola de demanda creciente de maca (*Lepidium meyenii*) y yacón (*Smallanthus sonchifolius*), seguida abruptamente por una rápida expansión de la superficie de cultivo y una disminución del mercado de estos "superalimentos". El caso más reciente y ampliamente documentado es el de la quinua (*Chenopodium quinoa*), que se convirtió en un fenómeno alimentario mundial después del Año Internacional de la Quinua en 2013.

Desde el auge, la quinua se ha vuelto mundialmente reconocida como altamente nutritiva. Los precios en las chacras aumentaron rápidamente después de 2013 y los agricultores que se unieron a la fiebre del oro de la quinua inicial obtuvieron ganancias rápidas. Sin embargo, a medida que la demanda se disparó, el "lado oscuro" del auge se hizo evidente. Los pequeños agricultores carecían de escala en su producción y su poder de negociación estaba debilitado por los grandes agricultores e intermediarios. Los largos períodos de barbecho tradicionales que permitían la recuperación del suelo se acortaron e intensificaron y se cultivaron praderas vírgenes, ricas en reservas de carbono, para el cultivo de quinua[24-25]. Una rápida expansión en el área cultivada de algunas variedades dulces comerciales con bajo contenido de saponina, en combinación con prácticas inadecuadas de manejo de cultivos, llevó a un uso excesivo de plaguicidas. Además, hubo múltiples afirmaciones de que la seguridad alimentaria de los productores de quinua estaba en riesgo[26-27].

La falta de una estrategia concertada, de múltiples partes interesadas y a largo plazo para desarrollar cadenas de suministro inclusivas, sostenibles y rentables con un enfoque constante en la calidad, en lugar de la cantidad y los rendimientos rápidos, ha obstaculizado la bioeconomía futura de la región basada en cultivos nativos. Es particularmente importante extraer lecciones de los auges de la maca y la quinua para asegurarse de que las oportunidades emergentes se construyan sobre principios sólidos[28]. Aquí destacamos algunas de estas lecciones.

Reenfocar y aprender lecciones

Es esencial que las organizaciones públicas y otras partes interesadas en la agricultura trabajen juntas para establecer un entorno propicio para que prosperen las futuras empresas alimentarias. En primer lugar, el desarrollo de cadenas de valor basadas en la agrobiodiversidad debe ir acompañado de inversiones en ciencia e innovación. Es esencial avanzar en el biodescubrimiento para corroborar las afirmaciones nutracéuticas basadas en la evidencia, al tiempo que se optimizan los métodos de producción, suministro y procesamiento sostenibles.

En segundo lugar, la promoción debe equilibrarse entre los mercados internos y externos. Desafortunadamente, los auges de la maca y la quinua se caracterizaron por un fuerte enfoque en la demanda externa y la exportación, más que en las oportunidades nacionales. Desafortunadamente, lotes de productos de mala calidad se han comercializado a nivel nacional, socavando la confianza nacional y devaluando los cultivos.

En tercer lugar, los gobiernos deben apoyar la protección y la marca de los futuros alimentos andinos. Buenos ejemplos de esto último incluyen el trabajo del Comité Nacional contra la Biopiratería del Perú y las campañas de branding lanzadas por PROCOLOMBIA y PROMPERÚ (por ejemplo, la marca nacional SuperFoods Perú)[29].

Los actores de la cadena de valor deben apuntar a equilibrar la sostenibilidad ambiental, la inclusión social, la calidad y la rentabilidad. La atención a los altos estándares de calidad, la transparencia y la trazabilidad desde la granja hasta la mesa es esencial. Los informes de adulteraciones y residuos de pesticidas pueden dañar rápidamente la reputación de las oportunidades comerciales emergentes[30-33]. Los incentivos para la sostenibilidad ambiental y las prácticas regenerativas sólidas deben adoptarse ampliamente. Las directrices, los sistemas de control y el costeo real son fundamentales.

La diversidad intraespecífica y las variedades geográficamente únicas deberían convertirse en un punto de partida para los mercados de alto valor. La promoción de un solo tipo de quinua o maca, aunque comercialmente eficiente, devalúa la reputación del producto y reduce la oportunidad de aprovechar el hecho de que estos cultivos se originaron en los Andes. Debe adoptarse la diferenciación del mercado mediante la indicación geográfica y la marca de origen. Y finalmente, y quizás lo más importante, las organizaciones de pequeños agricultores, como las cooperativas y las asociaciones de productores, necesitan apoyo para fortalecer sus capacidades y poder de negociación.

El reconocimiento mundial de la cocina peruana y la emergente nueva gastronomía andina han innovado y popularizado el uso de la agrobiodiversidad andina. Los movimientos de chefs de la región, incluidos PUCA en el Perú (Peruanos Unidos por la Cocina y la Alimentación) y MIGA en Bolivia (Movimiento de Integración Gastronómico Alimentario Boliviano), han abrazado firmemente la agrobiodiversidad para promover el desarrollo basado en la valorización del Patrimonio Alimentario Regional. Este patrimonio se entiende como un paisaje gastronómico geográfico e institucional que integra productores, agronegocios y gastronomía regional, tomando como punto de partida principios culturales y territoriales. Paralelamente, los programas de nutrición en la región también han incorporado la agrobiodiversidad como parte de las prácticas recomendadas. Ejemplos prometedores son las pautas dietéticas generales de algunos países andinos[34-37].

Mirando hacia el futuro: reinventar la agrobiodiversidad andina

Las especies descritas en este libro tienen un gran potencial para dar forma a nuestros futuros sistemas alimentarios, de diferentes formas y a diferentes escalas. Si bien algunas especies cultivadas como la kiwicha o amaranto (*Amaranthus caudatus*) y el tarwi (*Lupinus mutabilis*) tienen claramente un enorme potencial para usarse más ampliamente, ya sea como alimentos saludables o por su contribución a la transición de proteínas, las especies no domesticadas son generalmente propensas a la sobreexplotación. Algunos de ellos, incluidos el huaroco (*Austrocylindropuntia floccose*) y el amañoque (*Ombrophytum subterraneum*), son parte de los sistemas alimentarios tradicionales, pero no son lo suficientemente abundantes ni están protegidos para un uso más amplio fuera de las comunidades donde crecen. Por tanto, un principio básico para todas las especies es que su promoción, comercialización y uso deben adherirse a los principios de sostenibilidad y regeneración.

La clave para mantener la agrobiodiversidad única de los Andes, sus numerosas especies y cientos de variedades ancestrales únicas, reside esencialmente en la cocina local e indígena. Esta piedra angular de la cocina en cada hogar es apreciada y protegida silenciosamente por las mujeres. Al mismo tiempo, las poblaciones andinas se caracterizan por altos niveles de desnutrición, anemia y aumento de la obesidad entre los niños. Claramente, la diversidad no resulta automáticamente en dietas nutritivas[38,39]. Sin embargo, el uso de la agrobiodiversidad puede ser



El valle del río Pampas, Ayacucho, muestra sus colinas cubiertas por pequeñas chacras familiares dedicadas al cultivo de tubérculos y granos.

•••

The valley of the Pampas river, Ayacucho, shows its hills covered by small family farms dedicated to the cultivation of tubers and grains.



La otra cara de los Andes. Anfiteatro de Yumbilla, Amazonas, y los bosques húmedos montanos de la vertiente oriental de la cordillera.

•••

The other side of the Andes. Amphitheater of Yumbilla, Amazonas, and the humid montane forests of the eastern slope of the mountain range.



El río Mapacho serpentea entre grandes mesetas erosionadas mientras regala vida a una extensa zona agrícola de altura.

•••

The Mapacho River meanders between large eroded plateaus while giving life to an extensive highland agricultural area.

un punto de partida sólido para mejorar la nutrición. El desarrollo de pautas dietéticas ha sido un paso positivo, sin embargo, su adaptación basada en la disponibilidad, accesibilidad y asequibilidad de alimentos locales es esencial. En combinación con el desarrollo de capacidades, los mensajes y la educación sobre nutrición, y con enfoques sensibles al género, la agrobiodiversidad andina puede convertirse en la base de una dieta diversa y una buena nutrición.

Los Andes, al igual que otras regiones montañosas, no son el entorno adecuado para producir grandes volúmenes basados en economías de escala. El futuro de los Andes y su gente requiere inversiones en calidad, diversidad y producción de alto valor, reconociendo al mismo tiempo la fragilidad ecológica y el legado único de la agricultura familiar. Invertir en el biodescubrimiento y la ciencia para explorar y valorar las propiedades nutracéuticas intrínsecas de las especies y variedades puede ser un comienzo importante. Dar prioridad al desarrollo de múltiples líneas de productos heterogéneas en lugar de unas pocas homogéneas puede contribuir a desarrollar opciones de mercado rentables mientras se mantiene la diversidad. Buenos ejemplos son las mezclas de frijol ñuña o quinua de colores surtidos y seleccionados: rojo, gris, negro, amarillo, blanco. Además, la inversión en opciones que aprovechen las diversas geografías de los Andes y la naturaleza ecológica de su agricultura familiar pueden ayudar a diferenciar los productos. Existen numerosas opciones de mercado, que van desde la certificación orgánica, los sistemas de garantía participativa y la indicación geográfica, así como la marca de origen.

Las oportunidades futuras se encuentran en los mercados nacionales y regionales. Los gobiernos regionales y los grupos de productores y consumidores pueden aprovechar las nuevas tecnologías de la información para promover vínculos comerciales directos "del campo a la mesa". Los mercados agrícolas y orgánicos, incluidos el comercio electrónico y la entrega electrónica, pueden vincular directamente a los productores rurales y los consumidores urbanos en las ciudades cercanas. Es importante destacar que los programas de contratación pública y protección social pueden aprovechar mejor los recursos disponibles localmente y la agrobiodiversidad. Los cultivos andinos nutritivos tienen un enorme potencial para diversificar los desayunos escolares y la asistencia para la seguridad alimentaria en el lugar, al mismo tiempo que dinamizan la economía local y limitan la huella ambiental. Otras oportunidades incluyen el ecoturismo y la gastronomía basándose en el patrimonio alimentario regional.

Otro tema importante para la acción inmediata y a gran escala se relaciona con la implementación de esquemas de pago por servicios ambientales para los custodios de la agrobiodiversidad andina, los alimentos silvestres y los frágiles ecosistemas que sustentan su conservación. El artículo 9 sobre los derechos de los agricultores del Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (TIRFAA) y el Protocolo de Nagoya sobre acceso y distribución de beneficios reconocen esta necesidad de compensación. Sin embargo, hay muy pocos ejemplos de modelos y prácticas tangibles que compensen a los agricultores y sus comunidades. Un ejemplo exitoso del Perú involucra a AGUAPAN o la Asociación de Guardianes de la Papa Nativa. Con el apoyo directo del sector privado, esta asociación ha podido invertir en el bienestar de sus miembros que protegen colectivamente más de 1,000 variedades ancestrales[40].

Algunas de las especies descritas en este libro también tienen el potencial único de contribuir a la captura y conservación de carbono por encima y por debajo del suelo. Los ejemplos incluyen especies agroforestales como pacay (*Inga feuillei*) y pajuro (*Erythrina edulis*). Los cultivos adaptados a gran altitud como la maca (*Lepidium meyenii*) y kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) se cultivan en pastizales ricos en carbono orgánico del suelo y los agricultores pueden recibir pagos por métodos de producción sostenibles y prácticas de conservación del suelo.

La próxima década ofrece una oportunidad única para reinventar la agrobiodiversidad andina para construir un futuro mejor para los productores y consumidores, y hacer que los sistemas alimentarios sean cada vez más nutritivos, sostenibles e inclusivos. Habrá compensaciones entre estos resultados deseables de los sistemas alimentarios, cada uno de los cuales se discutirá en los siguientes capítulos. Finalmente, es crucial señalar la importancia de los vínculos intergeneracionales entre ancianos y jóvenes en la conservación de la agrobiodiversidad y el conocimiento tradicional. El futuro está en manos de la próxima generación de agricultores y cocineros andinos, y de aquellos que facilitan su educación, para asegurar que las nuevas semillas caigan en tierra fértil. •••

Back to the future: Andean agrobiodiversity reimagined

Stef de Haan* & Margaret Zeigler **

Introduction

Rising towards the heavens and stretching 7,000 kilometers across South America, the Andes pose powerful challenges as well as opportunities for those who call these mountains home. In this vast landscape full of contrasts there are more microclimates than anywhere else in the world. The region's indigenous peoples domesticated and diversified numerous crops for these contrasting conditions. From root and tuber crops to grains and legumes, as well as fruits, vegetables and wild foods, the Andes is a virtual cornucopia of agrobiodiversity, containing massive nutritional and economic potential to transform our food systems. The seeds that farmers plant today offer a mirror into the past. They have been harvested, planted and passed through the hand of generations, possibly from the era of Caral civilization (3700-1800 BC) up to the present.

Of these many crops, maize and potato have travelled from the Andes throughout the world and contributed to global food security during the last 500 years. Cultivated for at least 7,000 years in the Andean region both crops were exported to Spain in the 16th century, and then disseminated by trade across Europe, Asia and Africa[1-4]. Today, potato and maize are among the top five most important staple food crops globally, and a vital part of the diets of more than five billion people on five continents. Yet, in the Andes there are still numerous types of maize and potato that are virtually unknown outside their birthplace. These include the bitter and chaucha potatoes, and purple maize described in this book.

Recently, quinoa and maca have been coined 'superfoods' and gained international attention for their extraordinary nutritional properties. Tracing and understanding the use and bioeconomy of Andean foods over time can shed light on how to build innovative and healthy food systems in the future. As market demand grows, the region must pay heed to these important lessons to avoid past mistakes. Investing in research and partnerships can potentially bring positive economic impact to the households that cultivate, protect, and transform Andean agrobiodiversity while also safeguarding nutrition and protecting nature. In this chapter we will look at the past, present and future of Andean agrobiodiversity.

From keystone foods to neglected crops

Since the transition from hunting-foraging to agriculture 10,000 years ago, Andean farmers have domesticated and diversified a dazzling number of crop species and varieties. The human-made agricultural infrastructure, including terraces and irrigation systems, much of which is still widely used today, is testimony to the investment and effort put into building a resilient and diversified food system. This inventiveness allowed a great number of cultures to expand their influence and exchange seeds with Mesoamerican and Polynesian cultures[5-7].

Andean cultures domesticated and diversified a wide range of crops and used wild food resources as part of their diet. Ingenious processing techniques and a network of food deposits (colcas in Quechua) contributed to year-round food availability[8,9]. In addition, socioecological exchange networks along the Andes's altitudinal gradients assured access to diverse and nutritious foods for communities living in contrasting environments. These networks stretched from the puna grasslands to the subtropical Andean valleys, providing diverse foods throughout the year[10-12]. The resulting diets have been associated with lowering risk factors from undernutrition and chronic diseases[13]. The arrival of the conquistadores in 1526 led to widespread demographic collapse caused by disease, oppression and rural violence and restricted access to productive resources[14,15]. Despite this, Andean farmers continued to nurture a high level of agrobiodiversity. An iconic example are the Andean roots and tuber crop complexes

* International Potato Center (CIP), CGIAR, Lima, Peru.
** Independent consultant, Washington, USA.



Página anterior: Las montañas que flanquean el valle del río Salcca muestran los vestigios de una profusa andenería de origen Wari, diseñada para producir cosechas en distintos pisos altitudinales.

•••

Previous page: The mountains that flank the valley of the Salcca River show the remains of a profuse terraces of Wari origin, designed to produce crops in different altitude levels.

with a dozen cultivated species and thousands of landraces still being grown today[16] Because of the spiritual importance of some Andean crops like quinoa and kiwicha, the conquistadores banned their cultivation[17]. For the indigenous highland population, maintaining agrobiodiversity became an act of resistance and ensured survival of their food culture.

Following colonization, the ingenious Andean food culture and its agrobiodiversity became subject to stigmatization. Even the potato, during its first 100 year in Europe, was observed with mistrust and suspicion, representing one of numerous evocative examples of human 'food fears' towards Andean crops[18]. Until the 1970's it was common to hear the derogatory term 'comida de indio' among the urban elite, a colonial reference to the class-segregated food culture and presumed inferiority of Andean foods. This led to the unfortunate and absurd reality of truly nutritious foods being defamed because these were grown and consumed by indigenous peoples.

It was only in the late 1970's that a new generation of Andean researchers, building on the legacy of pioneering Andean botanists like Martín Cárdenas, started to seriously revalue and explore the Andean treasure trove of agrobiodiversity that farmers had consistently maintained in their living fields[19]. A legendary series of 12 regional Congresses of Andean Crops (1977-2006) were organized, gradually putting the perceived 'forgotten', 'neglected', 'underutilized' and 'lost' crops – as they were designated at the time – firmly back on the map[20-22].

A renaissance with booms and busts

Since the 1980's, the promotion of 'novel' and 'superfood' products as well as nutraceuticals from the Andes has resulted in spikes in market demand and prices, followed by abrupt market crashes. A series of deep-rooted foundational flaws led to 'boom and bust' phenomena for selected crops. The 'busts' were not necessarily related to markets per se. Global demand for future foods has continued to grow. However, failures originated in the supply chains and accompanying markets systems.

One of the first cases involved kiwicha (*Amaranthus caudatus*), promoted politically by Alan Garcia during the first half of his 1985-1990 presidency in Peru[23]. This was followed in the late 1990's by a rapid first wave of growing demand for maca (*Lepidium meyenii*) and yacón (*Smallanthus sonchifolius*), abruptly succeeded by a rapid crop area expansion and a market decline for these 'superfoods'. The most recent and widely documented case involves quinoa (*Chenopodium quinoa*) as it became a global food phenomenon following the International Year of Quinoa in 2013.

Since the boom, quinoa has become globally renowned as highly nutritious. Farm gate prices in the Andes rapidly increased after 2013 and those farmers that joined the initial quinoa goldrush made quick profits. However, as the demand soared, the 'dark side' of the boom became apparent. Smallholders lacked scale in their production and were weakened in their negotiation power by large farmers and middlemen. Traditional long fallow periods allowing for soil recovery were shortened and intensified and virgin grasslands, rich in carbon stocks, were tilled for quinoa cultivation[24,25]. A rapid expansion in the cultivated area of a few commercial sweet varieties with low saponin content, in combination with inadequate crop management practices, led to excessive pesticide use. In addition, there were multiple claims that the food security of quinoa producers was at risk[26,27].

The lack of a concerted, multistakeholder and long-term strategy to develop inclusive, sustainable and profitable supply chains with a consistent focus on quality, rather than quantity and quick returns, has hindered the region's future bioeconomy based on native crops. It is particularly important to draw lessons from the maca and quinoa booms to make sure that emerging opportunities are built on solid principles[28]. Here we highlight some of these lessons.

Refocusing and learning lessons

It is essential that public organizations and other agriculture stakeholders work together to establish an enabling environment for future food businesses to thrive. First, the development of agrobiodiversity-based value chains needs to be accompanied by investment in science and innovation. It is essential to advance biodiscovery to corroborate nutraceutical claims based on evidence, while optimizing sustainable production, supply, and processing methods.

Second, promotion should be balanced between external and domestic markets. Unfortunately, the maca and quinoa booms were characterized by a heavy focus on foreign demand and export, rather than national opportunities. Unfortunately, batches of poor-quality produce have been commercialized nationally, stifling domestic trust and devaluing the crops.

Third, governments need to support protection and branding of the Andean future foods. Good examples of the latter include the work of Peru's National Committee against Biopiracy, and the branding campaigns launched by PROCOLOMBIA and PROMPERU (e.g., the national brand SuperFoods Peru)[29].

Value chain actors should aim to balance environmental sustainability, social inclusion, quality and profitability. Attention to high quality standards, transparency and traceability from farm to fork is essential. Reports of adulterations and pesticide residues can quickly result in reputational damage for emerging business opportunities[30-33]. Incentives for environmental sustainability and sound regenerative practices need to be adopted widely. Guidelines, control systems and true costing are essential.

Intraspecific diversity and geographically unique varietals should become a starting-point for high-value markets. Promotion of only one type of quinoa or maca, while commercially efficient, devalues the reputation of the product and reduces opportunity to build on the facts that these crops originated in the Andes. Market differentiation through geographical indication and origin branding should be embraced. And finally, and perhaps most importantly, smallholder organizations, such as cooperatives and producer associations, need support to strengthen their capacities and negotiating power.

The global recognition of Peruvian cuisine and the emerging nouveau Andean gastronomy have innovated and popularized the use of Andean agrobiodiversity. The chef movements in the region, including PUCA in Peru (Peruanos Unidos por la Cocina y la Alimentación) and MIGA in Bolivia (Movimiento de Integración Gastronómico Alimentario Boliviano), have firmly embraced agrobiodiversity to promote development based on the valorization of the Regional Food Heritage. This heritage is understood as a geographical and institutional foodscape that integrates producers, agribusiness, and regional cuisine, taking cultural and territorial principles as a starting point. In parallel, nutrition programs in the region have also incorporated agrobiodiversity as part of recommended practices. Promising examples are the general dietary guidelines of some Andean countries[34-37].

Looking forward: reimagining Andean agrobiodiversity

The species outlined in this book have great potential to shape our future food systems, in different ways and at different scales. While some cultivated species like amaranth (*Amaranthus caudatus*) and tarwi (*Lupinus mutabilis*) clearly have tremendous potential to be used more widely, either as health foods or for their contribution to the protein transition, the undomesticated species are generally prone to overexploitation. Some of them, including huaroco (*Austrocylindropuntia floccose*) and amañoque (*Ombrophytum subterraneum*), are part of traditional food systems, yet not sufficiently abundant and protected for wider use outside the communities where they grow. Therefore, a basic principle for all species is that their promotion, commercialization and use should adhere to the principles of sustainability and regeneration.

The key to maintaining the Andes's unique agrobiodiversity, its numerous species and hundreds of unique ancestral varieties, essentially resides in local and indigenous cuisine. This cornerstone of cuisine in each household is cherished and silently protected by women. At the same time the Andean populations are characterized by high levels of undernutrition, anemia and increasing obesity among children. Clearly, diversity does not automatically result in nutritious diets[38,39]. Yet, the use of agrobiodiversity can be a solid starting point to improve nutrition. The development of dietary guidelines has been a positive step, yet their adaptation based on the local food availability, accessibility and affordability is essential. In combination with capacity building, nutrition messaging and education, and with gender-sensitive approaches, Andean agrobiodiversity can be the foundation for a diverse diet and good nutrition.

The Andes, like other mountain regions, are not the appropriate environment to produce bulk volume based on economies of scale. The future of the Andes and its people require investment in quality, diversity and high-value production, while recognizing the ecological fragility and unique legacy of family farming. Investing in biodiscovery and science to explore and value the intrinsic nutraceutical properties of species and varieties can be an important start. Prioritizing



Las flores de pajuro (*Erythrina edulis*) iluminan el bosque de Cocachimba como letreros luminosos atrayendo a polinizadores y aves en busca de su dulce néctar.

•••

Pajuro flowers (*Erythrina edulis*) light up the Cocachimba forest like luminous signs attracting pollinators and birds in search of their sweet nectar.

development of multiple heterogeneous rather than a few homogenous product lines can contribute to developing profitable market options while maintaining diversity. Good examples are nuña bean mixtures or quinoas of assorted and selected colors: red, gray, black, yellow, white. Additionally, investment in options that take advantage of the Andes's diverse geographies, and the ecological nature of its family farming can help differentiate produce. There are numerous market options, ranging from organic certification, participatory guarantee systems, and geographical indication as well as origin branding.

Future opportunities are found in national and regional markets. Regional governments and producer-consumer groups can harness new information technologies to promote direct 'farm-to-fork' market linkages. Farmer and organic markets, including e-commerce and e-delivery, can directly link rural producers and urban consumers in nearby cities. Importantly, public procurement and social protection programs can take better advantage of locally available resources and agrobiodiversity. Nutritious Andean crops have a huge potential for diversifying school breakfasts and place-based food security assistance, while simultaneously dynamizing the local economy and limiting the environmental footprint. Other opportunities include ecotourism and gastronomy building on Regional Food Heritage.

Another important issue for immediate and wide-scale action relates to the implementation of payment for environmental services schemes for the stewards of the Andean agrobiodiversity, wild foods and the fragile ecosystems that sustain their conservation. Article 9 on Farmers' Rights of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (ITPGRFA) and the Nagoya Protocol on Access and Benefit Sharing recognize this need for compensation. Yet, there are only very few examples of tangible models and practices that compensate farmers and their communities. A successful example from Peru involves AGUAPAN or the Asociación de Guardianes de la Papa Nativa. With direct support from the private sector, this association has been able to invest in the wellbeing of its members who collectively protect over 1,000 ancestral varieties[40].

Some of the species described in this book also have the unique potential to contribute to above- and below-ground carbon capture and conservation. Examples include agroforestry species such as pacay (*Inga feuillei*) and pajuro (*Erythrina edulis*). High-altitude adapted crops such as maca (*Lepidium meyenii*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) are grown on rangelands rich in soil organic carbon and cultivators might receive payment for sustainable production methods and soil conservation practices.

The next decade offers a unique opportunity to reimagine Andean agrobiodiversity to build a better future for producers and consumers, and to make food systems increasingly nutritious, sustainable, and inclusive. There will be trade-offs between these desirable food systems outcomes, each of which will be discussed in the following chapters. Finally, it is crucial to point out the importance of intergenerational linkages between elders and youth in the conservation of agrobiodiversity and traditional knowledge. The future lies in the hands of the next generation of Andean farmers, and cooks – and those who facilitate their education – to assure new seeds will fall on fertile ground. •••





Contribución de la diversidad de cultivos andinos a la diversidad alimentaria y la salud humana

Andrew D. Jones*, Hilary Creed-Kanashiro**, Karl S. Zimmerer***

La importancia de la diversidad alimentaria para la salud humana

Durante el último medio siglo, las dietas mundiales se han vuelto más similares en su composición, generando un incremento en la disponibilidad de cultivos básicos populares (por ejemplo, trigo, arroz y maíz así como productos básicos de cultivos oleaginosos), mientras que cultivos como mijo, centeno, sorgo, ñame y batata han disminuido en abundancia relativa[1]. Además, la relación entre la producción de legumbres y cereales a nivel mundial ha decrecido en los últimos años[2], mientras que en América Latina y la región andina, la producción de frijoles comunes, otras legumbres alimentarias, así como variedades locales de algunos cultivos secundarios de cereales y tubérculos menores se han reducido[3].

Hoy en día, solo tres cultivos, arroz, maíz y trigo, representan casi la mitad de las calorías diarias consumidas a nivel mundial[4]. La inversión pública y privada desproporcionada en investigación para mejorar la productividad de estos cultivos frente a alimentos más diversos ha llevado en parte al predominio de estos pocos cultivos de cereales en las dietas mundiales[5], mientras que otras tendencias, incluida la urbanización, el aumento de los ingresos y la reestructuración de las cadenas mundiales de suministro de alimentos para enfatizar los alimentos procesados también han contribuido a la simplificación de la dieta como parte de la transición nutricional mundial[6,7]. Las legumbres, frutas y verduras no se producen en cantidades suficientes para alcanzar los niveles de ingesta recomendados, especialmente en los países de bajos ingresos donde estos alimentos constituyen una fuente importante de diversidad en las dietas[8,9].

*Departamento de Ciencias Nutricionales, Escuela de Salud Pública, Universidad de Michigan, Ann Arbor, MI, USA.
**Instituto de Investigación Nutricional, Lima, Perú.
***Departamento de Geografía y programas en Ecología y Sociología Rural, Universidad Estatal de Pennsylvania, University Park, EEUU.

Estas preocupantes tendencias se han producido en el contexto de la desnutrición persistente en muchas partes del mundo, especialmente entre grupos vulnerables como niños pequeños, adolescentes y mujeres en edad reproductiva[10], junto con un aumento global de la prevalencia del sobrepeso, la obesidad y otras enfermedades crónicas relacionadas con la dieta. El sobrepeso y la obesidad ya no son un fenómeno que se observa solo en los países ricos, sino que se han convertido en un fenómeno común a nivel mundial y afectan a más de un tercio de los adultos en todo el mundo (el 13% de los adultos son obesos y el 39% tienen sobrepeso), mientras que uno de cada cinco niños y adolescentes lo padecen[11]. Las cardiopatías isquémicas, los accidentes cerebrovasculares, la diabetes y otras enfermedades crónicas relacionadas con la dieta se encuentran entre los principales factores que contribuyen a la pérdida de años de vida saludable y tienen un gran impacto en las economías nacionales de todo el mundo[12].

Al mismo tiempo, los países de ingresos bajos y medios continúan sufriendo la carga de enfermedades infecciosas generalizadas, así como dietas inadecuadas y de mala calidad que son deficientes en nutrientes importantes como proteínas de alta calidad, grasas y numerosas vitaminas y minerales esenciales[10]. Hoy en día, las dietas de mala calidad son la base de las principales causas de mala salud a nivel mundial[5]. Esta vulnerabilidad a las enfermedades expuestas por la desnutrición se ejemplifica en la reciente pandemia de covid-19, en la que las poblaciones con mala nutrición han tenido más probabilidades de sufrir las consecuencias más graves de la infección por el virus[13].

Juntas, estas condiciones han creado una “doble carga” de malnutrición que abarca tanto la desnutrición (por ejemplo, bajo peso, retraso en el crecimiento, deficiencias de micronutrientes y enfermedades relacionadas como la anemia)

como el sobrepeso y la obesidad, así como enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta.

La diversidad es la piedra angular de las dietas saludables. Consumir una dieta diversa que contenga una variedad de grupos de alimentos y una variedad de alimentos dentro de esos grupos puede ayudar a asegurar que las dietas tengan cantidades suficientes de nutrientes esenciales y que estos nutrientes estén suficientemente biodisponibles (es decir, que puedan ser absorbidos y utilizados adecuadamente por el cuerpo una vez consumidos)[14]. Más allá de la importancia de la diversidad para la calidad de la dieta, la diversidad de la dieta también se ha relacionado más ampliamente con una serie de mejores resultados en torno a la salud y el desarrollo[15]. Por estas razones, casi todas las pautas dietéticas nacionales basadas en alimentos recomiendan la diversidad como un componente esencial de las dietas saludables[16]. La homogeneización de los suministros alimentarios mundiales es, por tanto, particularmente preocupante, dado lo esencial que es un suministro alimentario diverso para mantener y mejorar la salud pública.

Las aspiraciones mundiales de desarrollo humano sostenible, tal como se establecen en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, no se lograrán sin transformaciones hacia sistemas alimentarios sostenibles a nivel mundial. Las dietas de alta calidad son un resultado esencial de estos sistemas que debemos priorizar junto con objetivos igualmente importantes de sostenibilidad ambiental y justicia social. La diversificación de la producción agrícola es un enfoque que debe integrarse con muchas otras estrategias para lograr estos objetivos.

El potencial de la biodiversidad agrícola para contribuir a la diversidad de la dieta
Un creciente cuerpo de investigación ha demostrado que los hogares de pequeños agricultores, principalmente en países de ingresos bajos y medianos, con chacras más diversas (es decir, campos con un mayor número de cultivos y/o especies animales criadas) también tienen dietas familiares más diversas[17]. Estas asociaciones no son grandes en la mayoría de los estudios, pero pueden ser significativas desde el punto de vista nutricional. Por ejemplo, un estudio reciente de la región de Huánuco (Perú) encontró que, por cada aumento de una unidad en el número de cultivos cultivados por un hogar agrícola, una mujer de referencia en edad reproductiva en el hogar tenía 17% más de probabilidades de lograr una dieta diversa mínima[18]. Este hallazgo sugiere que las personas con una dieta de calidad marginal pueden beneficiarse incluso de mejoras incrementales en su dieta impulsadas por una producción agrícola más diversificada. En general, los estudios indican que los vínculos entre la biodiversidad agrícola y la diversidad de la dieta de los hogares son más fuertes entre los hogares más pobres, aquellos con chacras menos diversificadas y entre los hogares con dietas menos diversas[15]. Estos hallazgos son lógicos dado el mayor potencial de beneficiarse de la diversificación de dichos hogares.

Es importante destacar que las chacras diversificadas no equivalen a campos de subsistencia, es decir, chacras en las que el hogar depende estrictamente o incluso en gran medida de su propia producción para la alimentación. Por el contrario, la diversificación agrícola se asocia comúnmente con mayores ingresos agrícolas y un menor riesgo de pobreza en comparación con las explotaciones agrícolas menos diversificadas[19-24], y facilita la participación en el mercado junto con la producción para el consumo propio del hogar[25,26].

La participación en el mercado de los pequeños agricultores, incluso en los países de bajos ingresos, suele ser alta[26] y los hogares agrícolas suelen comprar la mayoría de los alimentos que consumen[5]. Por lo tanto, es importante seguir fortaleciendo los vínculos de los pequeños agricultores con los mercados. La diversificación agrícola es una estrategia importante para fortalecer estos vínculos. Al mismo tiempo, la diversificación de las chacras tiene el potencial de proporcionar numerosos servicios ecosistémicos[27], de diversificar la producción regional de alimentos de la que dependen la mayoría de los consumidores para sus dietas[28] y, como se señaló anteriormente, de ofrecer una contribución potencial a productos más diversos entre los propios hogares agrícolas.

Incluso dados estos vínculos positivos entre la biodiversidad agrícola y la diversidad de la dieta, muchas áreas del mundo, notables por ser hotspots de biodiversidad, incluso en las tierras altas andinas, a menudo sufren una alta prevalencia de desnutrición[28,29]. Factores que incluyen el acceso a servicios de salud, agua potable, saneamiento adecuado, oportunidades de medios de vida resilientes y entornos alimentarios saludables, contribuyen a una nutrición adecuada[30]. Estos sistemas más grandes de los que dependen las comunidades para su bienestar son esenciales para comprender la contribución potencial a la salud pública de la biodiversidad agrícola y las dietas de alta calidad. Por lo tanto, se debe adoptar enfoques sistémicos para informar mejor los esfuerzos políticos destinados a transformar las dietas y la salud pública.

La siguiente sección examina un aspecto de los sistemas alimentarios andinos, los diversos alimentos de origen vegetal que se ofrecen en la región y que pueden desempeñar un papel en el fortalecimiento de las dietas regionales y contribuir a la salud y el bienestar de la población.

Páginas anteriores: Magia en los Andes. Amanecer en los bofedales de Lagunillas, muy cerca del abra de Málaga, la puerta de entrada a la provincia cusqueña de La Convención. Una joven observa la llegada de sus paisanos para el inicio de la faena comunal o *minka* en la localidad de Mahuayane, Cusco.

•••

Previous pages: Magic in the Andes. Sunrise in the Lagunillas wetlands, very close to the Malaga pass, the gateway to the Cusco province of La Convencion. A young woman observes the arrival of her countrymen for the beginning of the communal task or *minka* in the town of Mahuayane, Cusco.

Biodiversidad agrícola andina y contribuciones a la salud humana

En conjunto, las especies de plantas cultivadas en los Andes antes de la colonización española ofrecen una variedad abundante y diversa de alimentos que pueden contribuir a una dieta saludable. A continuación, detallamos varios ejemplos de dichos cultivos y su composición nutricional guiados por una lista de aquellos "cultivos perdidos", previamente identificados, de los antiguos peruanos[31].

Por supuesto, tales cultivos no se perdieron ni necesitaron ser encontrados, sino que han estado en cultivo continuo durante siglos por un gran número de agricultores, principalmente indígenas y agricultores en pequeña escala. Estos alimentos se describen con mayor detalle en otra parte de este volumen, por lo que la información a continuación es un resumen. Comprender los componentes de alimentos específicos, como se muestra en la Tabla 1, es útil para evaluar su posible contribución a una dieta equilibrada y para prevenir o reducir el riesgo de enfermedades. Sin embargo, es importante destacar que los alimentos, en lugar de los nutrientes, deberían constituir la base de las recomendaciones dietéticas[32], y los esfuerzos para diversificar la agricultura con el objetivo de mejorar la dieta humana harían bien en centrarse en la diversidad entre especies, incluso más que dentro de las especies[15], dada la necesidad de consumir alimentos de diferentes grupos para lograr una dieta saludable.

Los alimentos de origen animal, que no se revisan aquí, son especialmente importantes para las mujeres y los niños en contextos de bajos ingresos dada su alta densidad de nutrientes y la mayor biodisponibilidad de vitaminas y minerales en estos alimentos en comparación con los alimentos vegetales (33). Un breve ejemplo lo ilustra un estudio detallado reciente en Huánuco, Perú, mencionado anteriormente, en el que la producción de huevos de pollos criados localmente se asoció con dietas más diversas y adecuadas entre las mujeres en mayor medida que la biodiversidad agrícola en general. En general, los alimentos vegetales que se revisan a continuación son únicos en muchos aspectos y pueden ayudar a contribuir a una alimentación equilibrada, diversa y saludable.

La Tabla 1 proporciona una descripción general de la composición nutricional de los alimentos revisados. Estos datos se toman de las Tablas de Composición de Alimentos Peruanos más recientes[34]. Como el lector observará, existen muchas lagunas en nuestro conocimiento de la composición de ciertos alimentos y carecemos de datos completos sobre la composición de las muchas variedades de ciertos cultivos que existen[35].

Por otro lado, los datos sobre la composición de los alimentos no son el único factor importante para comprender la contribución nutricional de un alimento a la dieta. La forma en que interactúan los alimentos, los nutrientes y los elementos no nutritivos en una dieta también afecta la medida en que los nutrientes están disponibles y son utilizados por el cuerpo. No obstante, los datos de este capítulo proporcionan un resumen útil de la composición de los alimentos seleccionados que se pueden utilizar para realizar comparaciones básicas entre ellos.

Raíces y tubérculos

La región andina es conocida como el centro de domesticación original, así como poseedor de concentraciones únicas a nivel mundial, de la agrobiodiversidad de la papa y otros cultivos de raíces y tubérculos. Estos constituyen la base de gran parte de la dieta de la región. Examinamos los datos de composición nutricional de 18 variedades de papa en las Tablas de Composición de Alimentos del Perú[34], un número minúsculo de las más de 3,000 variedades existentes en los Andes[31]. Aun así, hubo una variabilidad considerable entre los micronutrientes clave proporcionados en estas variedades, a saber, hierro (0,4-1,7 mg / 100 g) y vitamina C (4,8-26 mg / 100 g) (esto incluye algunas variedades cuyos datos de composición solo están disponibles para la papa sin piel). Para el hierro, la desviación estándar de estos valores fue el 54% del valor medio (es decir, el coeficiente de variación), y para la vitamina C, la desviación estándar fue el 58% del valor medio, lo que indica un grado razonablemente alto de variabilidad nutricional entre las variedades.

Sin embargo, es importante destacar que la biodisponibilidad de algunos micronutrientes, incluidos el hierro y la vitamina A, está muy influenciada por otros componentes de los alimentos. Por ejemplo, los fitatos, los polifenoles y la fibra, componentes comunes de las dietas a base de plantas que pueden ofrecer beneficios dietéticos[37], inhiben la absorción de hierro, lo que limita el valor nutricional de algunos alimentos incluso si su contenido de hierro parece ser relativamente alto (las papas están libres de fitatos y contienen vitamina C, ambos factores que ayudan a mejorar la absorción de hierro de las papas en comparación con muchos cultivos de cereales y legumbres que pueden tener un alto contenido de fitatos). Consumir hierro de alimentos de origen animal o de alimentos vegetales como una parte de una comida que contiene carne, ayudará a mejorar la absorción de hierro en estos alimentos.

Otras raíces y tubérculos andinos notables incluyen maca, arracacha, mashua, ulluco, oca y yacón. La maca (*Lepidium meyenii*), un cultivo andino de la familia Brassica, ha sido parte de la dieta peruana durante siglos. La raíz por lo general

se seca y se consume en forma de polvo. La arracacha *(Arracacia xanthorrhiza)*, es consumida como una raíz almidonada, tiene una "textura crujiente y un sabor delicado que combina los sabores del apio, el repollo y la castaña asada"[31]. La variedad amarilla de arracacha contiene precursores carotenoides de vitamina A. Estaa menudo se hierve y se usa en sopas o guisos o se sirve como papas fritas.

La mashua (*Tropaeolum tuberosum*), como la maca, la oca y el ulluco, se puede cultivar como fuente de alimento incluso a gran altitud; se consume comúnmente hervida en guisos, pero también se puede hornear, freír e incluso servir como postre[31]. Tiene un alto contenido de vitamina C en relación con otros tubérculos andinos. Los tubérculos de colores brillantes del ulluco (*Ullucus tuberosus*) a menudo se hierven en lugar de hornear debido a su alto contenido de humedad y se utilizan para espesar sopas[31]. La oca (*Oxalis tuberosa*) es otro cultivo andino tradicional y muy popular que se siembra por su tubérculo comestible. Es comparable en términos de contenido de proteína a otros cultivos de raíces y tubérculos andinos, aunque muchas variedades contienen altos niveles de ácido oxálico que pueden limitar la absorción de calcio y contribuir a la formación de cálculos renales[38]. Por último, el yacón (*Polymnia sonchifolia*) produce tubérculos comestibles dulces y crujientes que, según se ha descrito, saben a "manzana recién cortada con un sabor suave y dulce que recuerda a la sandía"[31].

Como alimentos andinos agrobiodiversos comunes, la arracacha y el yacón se producen principalmente en elevaciones intermedias (1,500-2,500 metros de altitud), mientras que la papa y los demás cultivos de raíces y tubérculos se cultivan principalmente a mayores elevaciones. Las contribuciones a la salud de las raíces y tubérculos andinos, especialmente la arracacha y el yacón, se deben además a su utilidad agroecológica en cultivos intercalados, en campos de especies mixtas que tienden a aumentar los niveles de agrobiodiversidad de un área y, por lo tanto, pueden contribuir a la diversidad dietética.

Cereales y pseudocereales

Además de los cultivos de raíces y tubérculos, los cultivos de cereales y pseudocereales también hacen importantes contribuciones nutricionales a la dieta de los Andes. El maíz andino en el Perú y en los otros países del oeste de América del Sur se distingue por una agrobiodiversidad distinta y adaptaciones agroecológicas que rivalizan con la singularidad del cultivo en México y América Central[39,40]. El maíz andino se consume ampliamente como alimento complementario o guarnición en distintas preparaciones y variedades autóctonas agrobiodiversas cocidas mediante secado, hervido, molido en una papilla o harina, como espesante de sopas y varias otras técnicas presuntamente coevolucionadas[41].

Además del maíz, tres pseudocereales clave, kiwicha, kañiwa y quinua, han constituido un componente importante de la dieta andina durante siglos. La quinua (*Chenopodium quinoa*), presente en más de 120 países a nivel mundial, es quizás la más conocida de ellas dada su ubicuidad en los mercados alimentarios mundiales[42]. El alto contenido de proteína y la calidad general de esta con respecto a su equilibrio de aminoácidos esenciales la convierten en un alimento básico altamente nutritivo[43], aunque la quinua cruda debe enjuagarse y escurrirse para reducir su contenido de saponina.

Examinamos los datos de 13 variedades de quinua en las Tablas de Composición de Alimentos del Perú (datos no mostrados en la Tabla 1). En general, el contenido de proteína osciló entre 11,6-15,8 g / 100 g (un coeficiente de variación del 9.6%) y el contenido de hierro osciló entre 3,8-11,5 mg / 100 g (un coeficiente de variación del 39%). Es importante destacar que, como se señaló anteriormente, otros componentes de la dieta, especialmente los polifenoles y la fibra en el caso de la quinua, inhibirán la absorción de hierro de este alimento en el cuerpo. No obstante, los polifenoles, fitoesteroles y flavonoides de la quinua pueden conferir otros beneficios nutracéuticos[43].

La kiwicha (*Amaranthus caudatus*), o amaranto, produce granos diminutos pero abundantes que se pueden convertir en harina para panes planos o se pueden incluir en una variedad de otros platos, como sopas, papillas, panqueques y productos horneados[31]. Las hojas y los tallos de amaranto también se pueden utilizar como verduras comestibles. Debido a que la kiwicha, similar a la quinua y la kañiwa, no contiene gluten, puede ser un grano alternativo útil para las personas con intolerancia al gluten.

Finalmente, el kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*), conocida como cultivo de seguridad, dada su capacidad para crecer en regiones inhóspitas de gran altitud, tiene un alto contenido de proteínas similar al kiwicha y la quinua con un buen equilibrio de aminoácidos[31].

Legumbres, verduras y frutas

Además de los tubérculos y los pseudocereales, destacamos aquí ilustrativas especies de leguminosas, hortalizas y frutas que ofrecen aportes nutricionales únicos. El tarwi (*Lupinus mutabilis*), una leguminosa con una semilla rica en proteínas, se cultiva en las tierras altas de los Andes y se vende comúnmente en los mercados de la región, a menudo como semillas lavadas (el lavado es necesario para eliminar los alcaloides amargos)[31].

El frijol común andino (*Phaseolus vulgaris*), con niveles de proteína más bajos (15-25%) y rendimientos más altos que el chocho, es muy común en campos intercalados de múltiples especies, con maíz y otros alimentos (como los tipos de calabazas que se describen a continuación). Un subtipo de frijol común andino se cocina mediante el secado y tostado hasta convertirlo en un valioso alimento callejero y de campo para los agricultores y pastores que viajan largas distancias[44]. Generalmente, se le conoce como el frijol reventado o con mayor frecuencia como nuña o poroto en la región andina. Al igual que otros frijoles comunes andinos, el agrobiodiverso frijol que "revienta" combina beneficios nutricionales con altos niveles de adaptación agroecológica.

El zapallo (*Cucurbita maxima*), es de origen sudamericano y adopta una diversidad de formas. Destacamos cinco variedades distintas de calabaza en la Tabla 1, algunas con un contenido considerable de carotenoides que sirven como precursores de la vitamina A.

Las bayas también abundan en la región, como la mora (*Rubus glaucus*) y el aguaymanto (*Physalis peruviana*). La primera es rica en antocianinas, un pigmento vegetal con propiedades antioxidantes[45]. Otras frutas incluyen la chirimoya (*Annona cherimola*), una fruta dulce con una textura suave y cremosa que es una buena fuente de varias vitaminas B y que a menudo se incorpora a los platos de postre[31]. El capulí (*Prunus capuli*), aunque probablemente no sea de origen andino, es abundante en toda la región y comúnmente se come fresco.

Las papayas de las tierras altas (del género *Carica*) son similares en apariencia a las papayas tropicales, pero a menudo carecen de un sabor distintivo, lo que las convierte en adiciones adecuadas para las sopas[31]. La lúcuma (*Pouteria lucuma*) tiene pulpa de color amarillo brillante o naranja, es alta en calorías en comparación con la mayoría de las frutas y también es una buena fuente de vitamina A. La fruta madura también se puede secar y convertir en harina[31] y se usa con frecuencia en postres. La naranjilla o quito quito (*Solanum quitoense*), es una fruta de color amarillo anaranjado con pulpa verde, se consume a menudo como jugo y es una buena fuente de vitamina C. El pacay (*Inga feuillei*), posee una vaina dulce es también llamado "guaba" y se suele comer fresco[31]. El pepino dulce (*Solanum muricatum*), toma una variedad de formas y colores y es una buena fuente de vitamina C.

Oportunidad para dietas más diversas

En conclusión, los cultivos nativos andinos pueden contribuir de manera importante a diversificar las dietas y, por lo tanto, a dietas más saludables y a una mejor salud y bienestar a nivel de la población. Se necesitan dietas más saludables ahora, más que nunca, dada la doble carga de desnutrición que enfrentan actualmente muchos países de la región andina, y de hecho en todo el mundo.

El crecimiento de la población y el cambio climático son dos macro factores importantes que seguirán presentando desafíos nutricionales y ambientales, mientras que otras tendencias como la globalización y la urbanización ofrecen tanto desafíos como oportunidades. Si bien la urbanización ha contribuido a la simplificación de la dieta, también ha abierto oportunidades de acceso a alimentos diversos y ricos en nutrientes que no suelen ser accesibles en las zonas rurales. La capacidad de la urbanización para apoyar la diversidad dietética y la agrobiodiversidad a nivel de campo ha sido atestiguada por muchos líderes culinarios y chefs en Perú y en otros países de la región andina del oeste de América del Sur.

En general, el desafío de lograr dietas saludables, que se vuelven más complejas debido a las dinámicas globales en constante cambio, es abrumador. Sin embargo, la utilización y revalorización de los recursos existentes, como los diversos alimentos de origen vegetal que se analizan en este capítulo, puede ser de gran ayuda para estos esfuerzos y puede generar múltiples beneficios para la salud de la población. •••

Páginas siguientes: Mesa servida. Cornucopia de tubérculos y granos andinos recién cosechados en las cercanías del lago Titicaca. Hatuncolla, Puno. Luego de un par de noches de helada, las papas están listas para ser peladas en el proceso de producción de chuño. Alturas de Espinar, Cusco.

•••

Next pages: Served table. Cornucopia of freshly harvested Andean tubers and grains in the vicinity of Lake Titicaca. Hatuncolla, Puno. After a couple of frosty nights, the potatoes are ready to be peeled in the chuño production process. Heights of Espinar province, Cusco.





The contribution of Andean crop diversity to dietary diversity and human health

Andrew D. Jones*, Hilary Creed-Kanashiro, Karl S. Zimmerer*****



The importance of diet diversity for human health

Over the past half century, global diets have become more similar in composition with increases in availability of popular staple crops (e.g., wheat, rice and maize and oil crop commodities) while crops such as millets, rye, sorghum, yams and sweet potatoes have declined in relative abundance[1]. Furthermore, the ratio of pulse to cereal production globally has declined in recent years[2], while throughout Latin America and the Andean region, production of common beans, other food pulses, as well as local varieties of some secondary grain and minor tuber crops have declined[3].

Today just three crops, rice, maize, and wheat, account for nearly half of the daily calories consumed globally[4]. Disproportionate public and private investment in research to enhance the productivity of these crops vis-à-vis more diverse foods has in part led to the dominance of just these few cereal crops in global diets[5], while other trends including urbanization, rising incomes, and the restructuring of global food supply chains to emphasize processed foods have also contributed to dietary simplification as part of the global nutrition transition[6,7]. Pulses, fruits, and vegetables are not produced in sufficient quantities to meet recommended intake levels, especially in low-income countries where these foods constitute a major source of the diversity in diets[8,9].

These troubling trends have occurred in the context of persistent undernutrition in many parts of the world, especially among vulnerable groups such as young children, adolescents, and women of reproductive age[10], alongside a global rise in the prevalence of overweight, obesity and diet-related chronic disease. Overweight and obesity are no longer a phenomenon observed only in wealthy countries, but have become commonplace globally, affecting more than one-third of adults worldwide (13% of adults are obese while 39% are overweight) while one in five children and adolescents are overweight[11]. Ischemic heart disease, stroke, diabetes, and other diet-related chronic diseases are among the leading contributors to lost years of healthy life and incur a heavy toll on national economies around the globe[12].

At the same time, low- and middle-income countries continue to suffer under the burden of widespread infectious illnesses as well as inadequate and poor quality diets that are deficient in important nutrients such as high quality protein, fats, and numerous essential vitamins and minerals[10]. Today, poor quality diets underlie the top causes of ill health globally[5]. This vulnerability to illness exposed by undernutrition is exemplified in the recent COVID-19 pandemic wherein populations with poor nutrition have been more likely to suffer the severest consequences of infection by the virus[13].

Together, these conditions have created a "double burden" of malnutrition that encompasses both undernutrition (e.g., underweight, stunting, micronutrient deficiencies and related diseases such as anemia) with overweight and obesity, and diet-related noncommunicable diseases.

Diversity is the cornerstone of healthy diets. Consuming a diverse diet that contains a variety of food groups and a variety of foods within those groups, can help to ensure that diets have sufficient quantities of essential nutrients and that these nutrients

*Department of Nutritional Sciences, School of Public Health, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA
**Instituto de Investigación Nutricional, Lima, Peru
***Department of Geography and Programs in Ecology and Rural Sociology, Pennsylvania State University, University Park, PA, USA

Página anterior: La llegada de las primeras lluvias es la señal que esperan los jóvenes para preparar los campos para la siembra de papas de altura en Macusani, Puno.

•••

Previous page: The arrival of the first rains is the signal that young people are waiting for to prepare the fields for planting high-altitude potatoes in Macusani, Puno.

are sufficiently bioavailable (i.e., able to be adequately absorbed and utilized by the body once consumed)[14]. Beyond the importance of diversity for diet quality, diet diversity has also been linked more broadly to a host of improved health and developmental outcomes[15]. For these reasons, nearly all national food-based dietary guidelines recommend diversity as an essential component of healthy diets[16]. The homogenization of global food supplies is thus particularly concerning given how essential a diverse food supply is for sustaining and improving public health.

Global aspirations for sustainable human development as ensconced in the Sustainable Development Goals will not be achieved without transformations toward sustainable food systems globally. High-quality diets are an essential outcome of these systems that we must prioritize alongside equally important goals of environmental sustainability and social justice. Diversifying agricultural production is one approach that must be integrated with multiple other strategies to achieve these goals.

The potential for agricultural biodiversity to contribute to diet diversity

A growing body of research has demonstrated that smallholder farming households, largely in low- and middle-income countries, with more diverse farms (i.e., farms with a larger number of crop and/or animal species reared) also have more diverse household diets[17]. These associations are not large in most studies but can be nutritionally meaningful. For example, a recent study from the Huánuco region of Peru found that for each one-unit increase in the number of crops cultivated by a farming household, a reference woman of reproductive age in the household had a 17% higher odds of achieving a minimally diverse diet[18]. This finding suggests that individuals with marginal diet quality may benefit from even incremental improvements in their diet spurred by more diversified agricultural production.

Overall, studies indicate that linkages between agricultural biodiversity and household diet diversity are stronger among poorer households, those with less diversified farms, and among households with less diverse diets[15]. Such findings are logical given the larger potential to benefit from diversification of such households.

Importantly, diversified farms do not equate to subsistence farms, that is, farms in which the household depends strictly or even largely on their own production for food. Rather, farm diversification is commonly associated with higher agricultural revenues and a lower risk of poverty vis-a-vis less diversified farms[19-24], and facilitates market engagement alongside production for a household's own consumption[25,26].

Market participation of smallholder farmers, even in low-income countries, is typically high[26] and farming households often purchase a majority of the food that they consume[5]. Therefore, it is important to continue to strengthen smallholder farmers' linkages to markets. Agricultural diversification is an important strategy for strengthening these linkages. At the same time, diversifying farms has the potential to provide numerous ecosystem services[27], to diversify regional food production upon which most consumers depend for their diets[28], and, as noted above, to offer a potential contribution to more diverse diets among farming households themselves.

Even given these positive linkages between agricultural biodiversity and diet diversity, many areas of the globe notable as biodiversity hot spots, including in the Andean highlands, often suffer a high prevalence of malnutrition (28, 29). Factors including access to health services, clean water, adequate sanitation, resilient livelihood opportunities, and healthy food environments all contribute to proper nutrition[30]. These larger systems on which communities rely for their well-being are integral to understanding the potential contribution to public health of agricultural biodiversity and high-quality diets. Therefore, systems approaches must be adopted to best inform policy efforts aimed at transforming diets and public health.

The following section examines one aspect of Andean food systems, the diverse plant-based foods offered in the region that may play a role in bolstering regional diets and contributing to the health and well-being of the population.

Andean agricultural biodiversity and contributions to human health

Taken together, those plant species cultivated in the Andes by the Incas prior to Spanish colonization offer an abundant and diverse array of foods that can contribute to a healthy diet. Below, we detail several examples of such crops and their nutritional composition guided by a list of those previously identified "lost crops" of the Incas (31).

Of course, such crops were neither lost nor needing to be found, but rather have been in continuous cultivation for centuries by large numbers of farmers, mainly indigenous and small-scale agriculturalists. These foods are described in greater detail elsewhere in this volume so the information below is meant to be a summary. As shown in Table 1 below, understanding the constituents of specific foods is useful for assessing their potential contribution to a balanced diet and for preventing or reducing disease risk. Importantly however, foods, rather than nutrients, should form the foundation for dietary recommendations[32], and efforts to diversify agriculture with the aim of improving human diets would do well to focus on diversity across species even more so than within species[15] given the need to consume foods from many different food groups in order to achieve a healthy diet.

Animal-source foods, not reviewed here, are especially important for women and children in low-income contexts given their high nutrient density and the higher bioavailability of vitamins and minerals in these foods relative to plant foods[33]. One brief example is illustrated by the recent detailed study in Huánuco, Peru, mentioned above wherein production of eggs from locally raised chickens was associated with more diverse and adequate diets among women to a greater extent than overall agricultural biodiversity. In general, the plant foods reviewed below are unique in many respects and can help to contribute to balanced, diverse, and healthy diets.

Table 1 provides an overview of the nutritional composition of the reviewed foods. These data are taken from the most recent Peruvian Food Composition Tables[34]. As the reader will notice in the table, there are many gaps in our knowledge of the composition of certain foods, and we lack comprehensive composition data on the many varieties of certain crops that exist[35].

Furthermore, food composition data are not the only factor important for understanding the nutritional contribution of a food to one's diet. How foods, nutrients, and non-nutrient elements in a diet interact also affects the extent to which nutrients are available to and used by the body. Nonetheless, the data in this chapter provide a useful summary of the composition of the selected foods that can be used for making basic comparisons across food items.

Roots and tubers

The Andean region is perhaps most well known as the center of original domestications as well as globally unique current concentrations of the agrobiodiversity of potatoes and numerous other root and tuber crops. These crops constitute the foundation of much of the diet in the region.

We examined nutritional composition data for 18 potato varieties in the Peruvian Food Composition Tables[34], a miniscule number of the more than 3,000 potato varieties of the Andes[31]. Even so, there was considerable variability among the key micronutrients provided across these varieties, namely iron (0.4-1.7 mg/100 g), and vitamin C (4.8-26 mg/100 g) (including some varieties for which composition data were only available for the potato without skins). For iron, the standard deviation for these values was 54% of the mean value (i.e., the coefficient of variation), and for vitamin C, the standard deviation was 58% of the mean value indicating a reasonably high extent of nutritional variability across varieties.

Importantly though, the bioavailability of some micronutrients, including iron and vitamin A, is highly influenced by other constituents of foods. For example, phytates, polyphenols and fiber, common components of plant-based diets that may offer dietary benefits[37], inhibit iron absorption, thus limiting the nutritional value of some foods even if their iron content appears to be relatively high. (Potatoes are free of phytates and contain vitamin C, both factors which help to enhance iron absorption from potatoes as compared to many cereal and pulse crops which can be high in phytates.) Consuming iron from animal-source foods, or from plant foods as a part of a meal that contains meat, will help to improve absorption of iron in these foods.

Other notable Andean root and tuber crops include maca, arracacha, mashua, ulluco, oca, and yacon. Maca (*Lepidium meyenii*), an Andean crop of the brassica family, has been a part of the Peruvian diet for centuries. The root is commonly dried and consumed as a powder. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), consumed as a starchy root, has a "crisp texture and a delicate flavor that combines the tastes of celery, cabbage, and roasted chestnut"[31]. The yellow cultivar of arracacha contains carotenoid vitamin A precursors. Arracacha is often boiled and used in soups or stews or served as fried chips.

Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), like maca, oca and ulluco, can be cultivated as a food source even at high elevations; it is commonly consumed boiled in stews, but can also be baked, fried and is even served as a dessert[31]. It has a high content of vitamin C relative to other Andean root crops. The brightly colored tubers of ulluco (*Ullucus tuberosus*) are often boiled rather than baked because of their high moisture content and are used to thicken soups[31]. Oca (*Oxalis tuberosa*) is another popular traditional Andean crop cultivated for its edible tuber. It is comparable in terms of protein content to other Andean root and tuber crops though many varieties contain high levels of oxalic acid which can limit absorption of calcium and may contribute to kidney stone formation[38]. Finally, yacon (*Polymnia sonchifolia*) yields crisp, sweet edible tubers that have been described as tasting like a "fresh-picked apple with mild, sweet flavor reminiscent of watermelon"[31].

As common agrobiodiverse Andean foods, arracacha and yacon are produced primarily at intermediate elevations (1,500-2,500 meters of altitude) whereas potatoes and the other root and tuber crops are grown principally at higher elevations. The health contributions of Andean roots and tubers, especially arracacha and yacon, owe furthermore to their agroecological usefulness in the common intercropping of mixed-species fields that tend to increase the overall agrobiodiversity levels of an area, and thus may contribute to dietary diversity.

Cereal and pseudocereal crops

In addition to root and tuber crops, cereal and pseudocereal crops also make important nutritional contributions to diets in the Andes. Andean maize in Peru and in the other countries of western South America is distinguished by distinct agrobiodiversity and agroecological adaptations that rival the crop's uniqueness in Mexico and Central America[39,40]. Andean maize is widely consumed as a complementary food or side dish in distinct preparations and agrobiodiverse landraces cooked through parching, boiling, grinding into a gruel or into flour as a soup thickener, and several other presumably co-evolved techniques[41].

In addition to maize, three key pseudocereals, kiwicha, kaniwa, and quinoa, have constituted an important component of the Andean diet for centuries. Quinoa (*Chenopodium quinoa*), present in more than 120 countries globally, is perhaps the most well-known of these given its ubiquity in global food markets[42]. The high protein content and overall quality of the protein from quinoa with respect to its essential amino acid balance make it a highly nutritious staple food crop[43] though raw quinoa must be rinsed and drained to reduce its saponin content.

We examined data for 13 varieties of quinoa in the Peruvian Food Composition Tables (data not shown in Table 1). Overall, protein content ranged from 11.6-15.8 g/100 g (a 9.6% coefficient of variation) and iron content ranged from 3.8-11.5 mg/100 g (a 39% coefficient of variation). Importantly, as noted above, other dietary constituents, especially polyphenols and fiber in the case of quinoa, will inhibit absorption of iron from this food into the body. Nonetheless, the polyphenols, phytosterols, and flavonoids in quinoa may confer other nutraceutical benefits[43].

Kiwicha (*Amaranthus caudatus*), or amaranth, produces tiny, but abundant grains that can be made into flour for flatbreads or can be included in a variety of other dishes including soups, porridges, pancakes, and baked goods[31]. Amaranth leaves and stems can also be used as edible greens. Because kiwicha, similar to quinoa and kaniwa, is gluten-free, it may be a useful alternative grain for individuals with gluten intolerance.

Finally, kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*), known as a safety net crop given its ability to grow in inhospitable high altitude regions, has a high protein content similar to kiwicha and quinoa with a good balance of amino acids[31].

Legumes, vegetables and fruits

In addition to root crops and pseudocereals, we highlight here illustrative legume, vegetable and fruit species that offer unique nutritional contributions.

Tarwi (*Lupinus mutabilis*), a legume with a high protein seed, is grown throughout the Andean highlands and is commonly sold in markets throughout the region, often as washed seeds (the washing necessary to remove bitter alkaloids)[31].

Andean common beans (*Phaseolus vulgaris*), with lower protein levels (15-25%) and higher yields than lupine, are extremely common as in multi-species intercropped fields with maize and other foods (such as squash types described below). One sub-type of Andean common bean is cooked by parching and roasting into a valuable street food and field food for farmers and pastoralists that travel long distances[44]. It is generally known as the popping bean or most often as "nuña" or "poroto" in the region. Like other Andean common beans, the agrobiodiverse popping bean combines nutritional benefits with high levels of agroecological adaptation.

Winter squash (*Cucurbita maxima*), or "zapallo", is of South American origin and takes a diversity of forms. We highlight five distinct varieties of squash in Table 1, some with considerable content of carotenoids that serve as vitamin A precursors.

Berries are also abundant in the region including blackberry (*Rubus glaucus*) and goldenberry (*Physalis peruviana*). Blackberry is high in anthocyanins, a plant pigment with antioxidant properties[45]. Other fruits include cherimoya (*Annona cherimola*), a sweet fruit with a soft, creamy texture that is a good source of several B vitamins and is often incorporated into dessert dishes[31]. Capuli cherry (*Prunus capuli*), though likely not of Andean origin, is abundant throughout the region and commonly eaten fresh.

Highland papayas (of the *Carica* species) are similar in appearance to tropical papayas, but often lack a distinct taste making them suitable additions to soups[31]. Lucuma (*Pouteria lucuma*) has bright yellow or orange flesh, is high in calories relative to most fruits, and is also a good source of vitamin A. The ripe fruit can also be dried and made into flour[31] and is frequently used in desserts. Naranjilla (*Solanum quitoense*), an orange-yellow fruit with green pulp, is often consumed as juice and is a good source of vitamin C. Pacay (*Inga feuillei*), the sweet pod of one of the trees of the genus Inga, also called "ice-cream bean", is typically eaten fresh[31]. Pepino dulce (*Solanum muricatum*), takes a variety of shapes and colors and is a good source of vitamin C.

Opportunity for more diverse diets

In conclusion, indigenous Andean crops can contribute in important ways to diversifying diets, and therefore, to healthier diets and improved population-level health and well-being. Healthier diets are needed now, more than ever, given the double burden of malnutrition that many countries throughout the Andean region, and indeed throughout the world, are currently facing.

Population growth and climate change are two important macro factors that will continue to present nutritional and environmental challenges, while other trends such as globalization and urbanization offer both challenges and opportunities. While urbanization has contributed to dietary simplification, it has also opened opportunities for access to diverse, nutrient-dense foods not commonly accessible in rural areas. The ability of urbanization to support dietary diversity and farm-level agrobiodiversity has been attested to by many culinary leaders and chefs in Peru and in other countries of the Andean region of western South America.

Overall, the challenge of attaining healthy diets, made more complex by ever-changing global dynamics, is daunting. Yet, utilizing and revalorizing existing resources such as the diverse plant-based foods discussed in this chapter, can serve as a boon for these efforts and may yield multiple benefits for population health. •••



Tabla 1. Composición nutricional de cultivos andinos seleccionados (por 100 g de porción comestible)

Nutritional composition of selected Andean crops (per 100 g of edible portion)

	Energía • Energy (kcal)	**Proteínas** • Protein (g)	**Grasa total** • Total fat (g)	**Fibra dietética** • Dietary fiber (g)	**Calcio** • Calcium (mg)	**Fósforo** • Phosphorus (mg)	**Zinc** • Zinc (mg)	**Hierro** • Iron (mg)	**Vitamina A equivalente** • Vitamin A equivalent (ug)	**Vitamina C** • Vitamin C (mg)	**Ácido fólico** • Folic acid (ug)	**Sodio** • Sodium (mg)	**Potasio** • Potassium (mg)
Root crops													
Maca	301	11.8	1.6	.	247	183	.	14.7	.	2.5	.	.	.
Arracacha	94	1.1	0.3	2.3	28	45	0.11	0.41	186	0	.	8	453
Mashua	32	0.7	0.1	2.9	.	.	0.28	0.37	12	42.1	.	.	.
Ulluco	59	1.1	0.1	.	3	28	.	1.10	5	11.5	.	.	.
Oca	53	0.7	0.0	2.4	.	.	0.14	0.47	0	23.9	.	.	.
Oca (*ccaya oga*)	29	0.8	0.4	9.2	.	.	.	3.8	.	30.9	.	.	.
Oca (*garwuaricra*)	28	0.9	0.4	7.6	.	.	.	0.79	.	32.3	.	.	.
Yacón	51	0.3	0.3	.	23	21	.	0.30	12	13.1	.	.	.
Pseudocereales													
Kiwicha	370	13.1	8.9	7.1	.	.	.	0.4	.	.	.		
Kañiwa (amarilla)	381	15.7	7.5	.	87	335	.	10.8	.	2.2	.	.	.
Kañiwa (gris)	356	14.0	4.5	.	110	375	.	13.0	.	1.1	.	.	.
Kañiwa (parda)	355	13.8	3.5	.	171	496	.	15.0	.	0	.	.	.
Kañiwa (roja)	381	15.4	7.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kañiwa (blanca)	382	15.4	7.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Quinua	351	13.6	5.8	5.9	56	242	3.3	7.5	0	0.5	.	30	776
Legumbres													
Tarwi, cocido	140	11.6	8.6	2.8	30	123	1.38	1.4	0	0	.	.	.
Tarwi, seco	277	17.3	17.5	.	54	262	4.75	2.3	1	4.6	.	.	.
Vegetales													
Zapallo (loche)	58	2.6	0.2	2.3	38	30	0.4	0.33	54	7.4	.	17	219
Zapallo (macre)	26	0.7	0.2	.	26	17	0.13	0.60	68	5.7	.	.	.
Zapallo (avinca)	29	0.9	0.1	.	34	5	.	0.9	.	0.50	.	.	.
Zapallo (criollo)	28	0.6	0.2	0.5	28	0	1.6	0.4	143	0.1	0	6	140
Zapallo (ombligo)	21	0.9	0.2	.	34	12	.	0.3	.	7.5	.	.	.
Frutas													
Mora	43	1.4	0.5	5.3	29	22	0.53	0.53	11	.	25	.	.
Chirimoya	72	1.9	0.3	4.0	102	50	0.30	0.29	0	10.4	.	16	377
Capulí	63	0.7	0.4	.	26	26	.	0.9	36	0	.	.	.
Aguaymanto	51	1.9	0.0	4.9	11	38	0.40	1.2	440	43.3	.	.	293
Papaya de olor	17	1.0	0.3	0.5	.	.	.	0.30	0	34.5	.	1	326
Lúcuma	97	2.1	0.2	10.2	16	26	.	0.79	292	0.77	.	.	.
Naranjilla	28	0.7	0.1	.	8	14	.	0.40	.	65.0	.	4	294
Pacay	56	0.6	0.1	.	14	30	.	0.4	0	1.4	.	.	.
Pepino dulce	26	0.3	0.0	.	30	10	.	0.30	28	29.7	.	.	.

Todos los datos, con la excepción de "mora" provienen de las Tablas de Composición de Alimentos del Perú (FCT) (34). Los datos de la mora se obtuvieron a partir de la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica, del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP)[46]. Cada alimento en la tabla corresponde a la siguiente entrada en el FCT peruano. ••• *All data with the exception of data for "Blackberry" are from the Peruvian Food Composition Tables (FCT) (34). Blackberry data are imputed from the Institute of Nutrition of Central America and Panama's (INCAP) Food Composition Table of Central America (46). Each food item in the table corresponds to the following entry in the Peruvian FCT.*



Cultivos andinos, agricultores andinos: contribuciones a la salud planetaria

Steven Vanek*, Cecilia Turin**, Maria Quispe***

La chacra andina y la agrodiversidad

Un día, durante una investigación de campo de posgrado en Bolivia, hablé con un agricultor sobre los campos en los que había estado evaluando las tendencias en la fertilidad del suelo a lo largo del tiempo. Mencioné que ese mismo día había pasado por el campo de su vecino a unas laderas de distancia. Ese agricultor había estado arando, aprovechando el clima soleado al final de la temporada de lluvias que dejó el suelo con la humedad adecuada para arar en preparación para sembrar papas la próxima temporada de lluvias. Le dije que las plantas que observé en el suelo removido de su vecino no habían sido tan numerosas como las hierbas y los tréboles nativos que había encontrado al tomar muestras de su campo.

> "Oh, sí", dijo, "ese campo aún no está listo... Hubiera esperado otro año, tal vez incluso dos. Tienes que esperar hasta que los racimos y los arbustos comiencen a establecerse realmente. Solo entonces el suelo ha recuperado su fuerza. De lo contrario, es *tullu*, débil (usando la palabra quechua que también significa flaco o huesudo)".

Este relato es emblemático del papel central de los suelos en la creación de una base resiliente para la producción de alimentos y comunidades fuertes, y la forma en que los agricultores andinos personifican los suelos en una relación que se esfuerza por cuidarlos y fortalecerlos. La historia también muestra cómo los cultivos andinos celebrados en este libro surgen de prácticas de cultivo que se adaptan a sus paisajes, permitiendo que estos cultivos florezcan en suelos y entornos que a su vez son hostiles y frágiles[1].

Estas prácticas y entornos agrícolas asociados con los cultivos son lo que el geógrafo Harold Brookfield llama Agrodiversidad[2]: las facetas variadas y bien adaptadas del conocimiento y la práctica de los agricultores que sustentan el concepto más familiar de agrobiodiversidad. La agrodiversidad abarca los muchos factores que los agricultores andinos tienen en cuenta, como la labranza del suelo al final de la temporada de lluvias, la disponibilidad de mano de obra, la mejor manera de distribuir el estiércol recolectado por el pastoreo del ganado para enriquecer el suelo, la secuencia de siembra cultivos variados en muchas elevaciones, la madurez de la vegetación en los campos en barbecho que son un insumo clave para la salud del suelo y los cultivos[3], y las implicaciones de todos estos factores para el suministro de alimentos de su familia y las oportunidades de mercado. Sus decisiones se basan en el conocimiento práctico tradicional para el cultivo de alimentos, pero también en la cosmología andina del buen vivir: sustento, vida recta y conexión con la naturaleza, el paisaje y la sociedad[4]. Esta cosmovisión personifica y protege los suelos y otros aspectos de la naturaleza y, a menudo, se ve reforzada por la gobernanza de los recursos a nivel comunitario[5-7].

En la Comunidad andina de práctica para la investigación colaborativa de cultivos[8], una de nuestras redes de investigación, utilizamos el concepto de *finca andina* para referirnos a estos sistemas de agrodiversidad andina.

* Departamento de Ciencias del Suelo y Cultivos, Universidad del Estatal de Colorado, Fort Collins, EEUU.
** Instituto de Montaña, Lima, Perú.
*** PROSUCO: Promoción de la Sustentabilidad y Conocimientos Compartidos, La Paz, Bolivia.

Página anterior: Andenes ceremoniales de Media Luna, en el valle del río Patacancha, Cusco. Este lugar posiblemente fue dedicado a la producción de cosechas para el Inca.

•••

Previous page: Media Luna ceremonial platforms, in the Patacancha river valley, Cusco. This place was possibly dedicated to the production of crops for the Inca.

Cinco lecciones de la finca andina para la salud planetaria

La finca andina es una práctica holística de agricultura dentro de un paisaje y profética con respecto a los riesgos de producir alimentos en un clima cambiante. Como muchos otros sistemas de agrodiversidad alrededor del mundo que se han adaptado a un lugar, una finca andina es una entidad más grande y compleja que una finca moderna que podríamos encontrar en una sola ladera en Pensilvania o Alemania. Las fincas andinas consisten en campos distribuidos a lo largo de gradientes espaciales y de elevación y esparcidos por el paisaje, separados por otros usos de la tierra como pastos, campos vecinos, parches de bosque y cauces de arroyos. El manejo se adapta a diferentes suelos y otros factores del sitio y evita el riesgo localizado a través de esta dispersión en el campo, lo que significa que una sola tormenta o helada no puede dañar todos los cultivos[9]. Diferentes campos entran en uso en diferentes años, a veces a través de varias configuraciones de parentesco. A veces, varias familias agrupan sus campos de producción uno al lado del otro en el paisaje como parte de una estrategia comunal de barbecho, riego, mano de obra y/o manejo de plagas[3,10], mientras que otros se manejan de manera individual. Esta red distribuida de parcelas agrícolas se gestiona como una sola que, junto con otras fincas y tierras comunales, crea un paisaje manejado.

Dado que la producción de alimentos se enfrenta a los desafíos del cambio climático y social en los Andes y a nivel mundial, el sistema de gestión andino de "finca dentro de un paisaje" puede proporcionar conceptos valiosos para la producción sostenible de alimentos al tiempo que mantiene otras funciones y servicios ecológicos importantes para la sociedad[11,12]. Aquí destacamos cinco de estas lecciones y desafíos para la salud planetaria de la finca andina.

Lección uno: barbecho multifuncional

En ambientes escarpados que están expuestos a tormentas, la tierra debe cubrirse para evitar la erosión, además los campos andinos a menudo se dejan "descansar" o en barbecho después de algunos años de cultivo consecutivos. Las plantas perennes en barbecho proporcionan cobertura y restablecen la red de raíces, hongos del suelo y la agregación resultante del suelo que permite que las laderas absorban el agua sin perder su preciosa "piel" mientras recuperan la salud del suelo perdida durante los ciclos anuales de cultivo. Los barbechos sectoriales andinos, donde los campos en barbecho de múltiples agricultores se agrupan[3,6], forman pastizales extensivos para el pastoreo y generan estiércol animal que también contribuye a la salud del suelo. Los barbechos rompen los ciclos de infestación de plagas y malezas al cambiar las comunidades de plantas de cultivos anuales a mezclas perennes[6,7].

Proteger y descansar el suelo como una entidad viviente apreciada es una parte importante de la agrodiversidad andina que produce la notable variedad de cultivos que se presentan en este libro. Una vez finalizado el barbecho, los métodos tradicionales y especializados de labranza también protegen los suelos[13]. A pesar del importante papel de los barbechos en la agricultura andina, en los últimos tiempos, los periodos de barbecho se están acortando a medida que se producen más tierras en algunas comunidades, especialmente en las zonas más cercanas a los pueblos y carreteras, y se utilizan más insumos como fertilizantes. Una alternativa prometedora es plantar cultivos forrajeros perennes para intensificar la etapa de barbecho, por lo que incluso si se acorta, puede regenerar los suelos de manera similar[14].

Lección dos: organizar la producción en zonas climáticas y de suelos

Una característica notable de los sistemas de producción andinos son sus pisos ecológicos o zonas de cultivo que se apilan uno encima del otro en diferentes alturas[15]. Los cultivos de clima cálido como el maíz, el camote, la ahipa, los frijoles y el amaranto (todos presentados en este libro) ocupan las laderas más bajas, mientras que las papas, la quinua, el tarwi y la kañiwa se cultivan en mayores y más frías elevaciones. Esta disposición de producción adapta la producción de alimentos a diferentes condiciones en diferentes alturas y la hace más resistente a los desafíos climáticos. Por ejemplo, en los valles andinos, los agricultores señalan que un año seco limitará la producción de maíz pero proporcionará buenos rendimientos para la papa en suelos más altos que son más ricos en materia orgánica que conserva la humedad; mientras tanto, un año húmedo puede dañar las papas, pero produce abundantes cosechas de maíz en las zonas bajas y cálidas de los valles. En las alturas del Altiplano, la quinua es conocida como un cultivo que sobresale en años secos pero no lluviosos.

También se pueden ver patrones espaciales más sutiles en los suelos. Los sistemas cruciales de pasto / barbecho se utilizan en laderas alejadas de la comunidad, ya que tienen suelos más pobres que toleran menos años de cultivo, mientras que las áreas más planas de huertos familiares y corrales cercanos a las comunidades se utilizan intensivamente para cultivos de especial importancia, como la calabaza, arracacha, caigua y verduras euroasiáticas.

De cara al futuro, el uso adaptativo del espacio para cultivos en la finca andina es un elemento esencial necesario en los mosaicos de áreas urbanas, periurbanas y rurales donde los agricultores producirán cada vez más alimentos.

Lección tres: gestión del agua en paisajes

La mayor parte de los Andes tiene condiciones muy secas durante gran parte del año. Frente a ello, las comunidades andinas han ampliado hábilmente las opciones para cultivar alimentos canalizando las aguas de las montañas hacia los sistemas de riego. El complejo sistema que se puede observar en Tipón, en el Valle Sagrado de los Incas, Cusco[16] fue adaptado a gran parte del imperio Inca. Hoy en día, miles de sistemas de riego comunitarios, algunos de ellos ancestrales y otros construidos en el siglo pasado por organizaciones comunitarias, hacen que la producción de alimentos en estos paisajes sea más resistente a la sequía. Estos pequeños sistemas extraen relativamente poca agua de los cursos de agua andinos y reciclan el agua en las cuencas hidrográficas a través del suelo, en contraste con las grandes cantidades de agua bombeada de los acuíferos alimentados por montañas para la agricultura de exportación con cultivos no nativos en la costa peruana.

La gestión del agua en los paisajes andinos va más allá de los sistemas de riego inteligentes. El agua es almacenada por el suelo en turberas de gran altitud, conocidas como bofedales que también sirven como pastos y barbechos descritos anteriormente. Las capas de raíces y materia orgánica del suelo actúan como una esponja, almacenando agua (y carbono atmosférico) en lo alto del paisaje[17]. Los esfuerzos recientes están recuperando presas de tierra tradicionales, aumentando la retención de agua en bofedales de gran elevación que pueden sostener el agua en manantiales y ríos, así como los cultivos y los sistemas de agua de la ciudad que sustentan[18-20].

A medida que los glaciares continúen desapareciendo en los Andes, las turberas de alta montaña serán cada vez más importantes como fuente de almacenamiento de agua. Los setos y parches de árboles nativos en elevaciones medias juegan el mismo papel al crear suelos que retienen el agua. De esta manera, las prácticas de riego que fomentan la producción de cultivos andinos más resilientes son solo una parte de un enfoque comunitario que utiliza el agua de manera eficiente en paisajes enteros.

Lección cuatro: la producción animal multifuncional como aliada de la salud del suelo

La cría de ganado está siendo objeto de un escrutinio mundial debido a las emisiones de gases de efecto invernadero de los rumiantes[21]. Sin embargo, la ganadería andina es de vital importancia para los cultivos alimentarios andinos y los paisajes asociados y contribuye al almacenamiento de carbono del suelo en estos sistemas. Las llamas, alpacas, vacas lecheras y ovejas en los Andes pastan en los pastizales y luego depositan estiércol por la noche dentro de los corrales, lo que permite a los agricultores transferir estos nutrientes y materia orgánica del pasto a sus campos de cultivo. El ganado también proporciona fuentes de nutrientes de alta calidad en la carne y los despojos. Los cuyes, criados dentro de las casas, juegan un papel similar. La lana del ganado es importante para protegerse del clima frío de la montaña. Los productos animales también son una fuente esencial de ingresos que, con mayor frecuencia, son administradas por mujeres[22].

La cría de ganado también ha llevado a los agricultores andinos a mantener extensiones de pastizales y barbechos permanentes a gran altura, que almacenan agua y carbono del suelo, e incluso a aumentar la función de los humedales de gran altitud (bofedales) que proporcionan forraje y almacenamiento de agua en la estación seca[23]. La mayor amenaza de las emisiones de carbono en los altos Andes no son los pequeños rebaños de ganado doméstico de usos múltiples y el pastoreo, sino la expansión de los cultivos en áreas altas que el calentamiento global hizo posible. No obstante, existe la necesidad de mejorar la nutrición del ganado en las granjas andinas donde los recursos se degradan, ya que las mejoras en la dieta también reducirán la "huella" de los gases de efecto invernadero de los rumiantes[21].

El papel del ganado como el "pegamento" que une los diferentes componentes de la finca andina (por ejemplo, ingresos, reciclaje de estiércol, servicios ecosistémicos

de los pastos, nutrición de alta calidad y textiles) muestra la necesidad de tener una visión más holística de las funciones del paisaje más allá secuestro de carbono y colaborar con los agricultores para comprender y adaptar sus sistemas.

Lección cinco: equilibrio entre el control agrícola y comunitario en los sistemas de gobernanza

Una lección final de estos sistemas agrícolas andinos es cómo el manejo de la finca interactúa con la soberanía de la comunidad sobre los usos de la tierra. Existen muchas variaciones en las estructuras de gobernanza que regulan el uso de la tierra a nivel local en toda la región[5,6,7], pero generalmente es a nivel comunitario donde se defienden tanto las necesidades como la autoridad de los hogares (p. ej., para proteger cultivos de la alimentación de la parvada de un vecino) mientras que también espera un compromiso para mantener los recursos comunes como áreas de plantación, pastos, derechos de agua y barbechos comunales.

Las comunidades también mantienen ciclos anuales de rituales vinculados a eventos clave en el manejo de cultivos y ganado dentro de la cosmovisión andina que reverencia la tierra como una necesidad de cuidado y respeto. Las reuniones comunitarias mensuales a menudo se centran en la evaluación y protección de los recursos naturales dentro del territorio comunitario. Los sistemas de gobernanza comunitaria también brindan resiliencia social, como durante la pandemia de la Covid-19 en curso, cuando las comunidades enviaron productos a sus migrantes en las ciudades y reintegraron a los migrantes que regresaron en busca de medios de vida.

Es importante no idealizar el equilibrio entre la finca y la comunidad que impulsa los paisajes andinos. Como en otras partes del mundo, existe una tensión entre los principios ecológicos de las fincas andinas y una intensa presión para superar los límites ecológicos para una población en crecimiento que enfrenta la pobreza crónica y la desnutrición, a menudo debido a la explotación prolongada por parte de actores externos. Los agricultores y las comunidades necesitan apoyo para seguir innovando y adaptando sus estrategias endógenas para el buen vivir[24]. Sin embargo, la combinación de la crianza compleja y multifuncional de cultivos y ganado con la gobernanza comunitaria capacita a los agricultores andinos para enfrentar los cambios de una manera poderosa y deliberativa. Los cambios son numerosos e incluyen el aumento de la inestabilidad climática, el envejecimiento de las comunidades y la migración, y la incursión de las actividades mineras en los territorios comunitarios que comenzó hace siglos y continúa durante el actual auge de los metales[25].

Este libro muestra los alimentos del futuro, pero no se debe perder las perspectivas para los paisajes de producción de alimentos en el futuro a partir de los sistemas de gobernanza socioecológica que produjeron estos alimentos. Las chacras andinas cuentan una historia crucial sobre el manejo efectivo y con mentalidad de conservación de los paisajes andinos por parte de las comunidades agrícolas.

Retos para la finca andina y la salud planetaria

Estas lecciones de la finca andina son invaluables, pero a veces han sido ignoradas, incluso por los mismos agricultores andinos. La salud de los paisajes de los Andes y del mundo está cada vez más amenazada. Los agricultores de los Andes y otros lugares también enfrentan un futuro con presiones y cambios que no habían contemplado anteriormente. Por ejemplo, el clima se está calentando y cambiando más rápido que nunca, lo que aumenta los riesgos de sequía durante los años secos, más tormentas erosivas durante las temporadas de lluvias y aumenta la frecuencia de heladas y granizo en los Andes. La erosión y degradación del suelo son problemas innegables en los suelos frágiles y, a menudo, poco profundos de los Andes[1,28]. El cambio social, la migración y una mayor participación en la economía monetaria vinculada a la compra de insumos y la urbanización ejercen presión sobre los arreglos fundamentales de la gobernanza del paisaje. Industrias globales como las cadenas de producción minera y agrícola (por ejemplo, exportaciones de quinua, maca y bayas) han creado nuevas interacciones de presiones históricas para “sacar provecho” del capital natural de la región.

Sin embargo, otros ven una oportunidad en estos cambios sociales, a medida que se afianza una “nueva ruralidad” en la que los productores rurales de alimentos acceden a nuevas corrientes de ingresos e información, así como al apoyo del gobierno descentralizado[29], en formas que a veces pueden avanzar en lugar de degradar la salud planetaria y la biodiversidad[30]. Los llamados sistemas de gobernanza policéntrica que apoyan la toma de decisiones participativa y el consenso y otros modelos de gobernanza local podrían basarse en los sistemas

Las estalactitas que decoran el techo de una cueva en el nevado Suyuparina son evidencia del acelerado retroceso de los glaciares en los Andes tropicales.

•••

The stalactites that decorate the ceiling of a cave in the Suyuparina mountain range are evidence of the accelerated retreat of glaciers in the tropical Andes.





Agricultores conduciendo agua de riego en sus campos de Orcotuna. Valle del Mantaro, Junín.

•••

Farmers driving irrigation water in their fields in Orcotuna. Mantaro Valley, Junín.

comunitarios en los Andes para crear un uso equitativo y sostenible de los recursos comunes[31]. Una pregunta clave es si los agricultores desplegarán nuevas fuentes de ingresos, experiencias de vida y apoyo del gobierno para sostener los recursos naturales en lugar de simplemente aumentar la producción y las ganancias con un daño potencial a los suelos, las estructuras sociales y los ecosistemas[32].

Además, el concepto de justicia ambiental es de suma importancia, ya que no se debe pedir a los agricultores más pobres que limpien los daños ambientales que no causaron. Existe una creciente voluntad de compensar a los actores locales por la protección de los recursos y servicios ecosistémicos resguardados por las fincas andinas ancestrales, como el carbono del suelo, los bosques[5], diversas semillas que sostendrán los cultivos futuros[33] y el agua vital para su uso en la agricultura en zonas urbanas y rurales[34]. Muchos de estos esfuerzos para compensar los servicios de los ecosistemas aún son incipientes en los Andes y otras regiones, pero podrían desarrollarse más.

Podemos preguntarnos, ¿sobrevivirán los principios elegantes y ecológicamente sólidos de la finca andina heredada por los agricultores andinos? En 1979 el antropólogo peruano Enrique Mayer planteó una pregunta similar al contemplar la contracción de los sistemas sectoriales de barbecho en Perú que preservan los ecosistemas de las tierras altas[6]. Más de 40 años después, todavía encontramos los sistemas sectoriales de barbecho en uso en muchas comunidades y todavía estamos haciendo estas preguntas. Tenemos una noción de cambios sociales como “nueva ruralidad” y podemos documentar tanto la intensificación disruptiva como su opuesto, el abandono del campo (desintensificación), a veces en la misma comunidad[35], lo que demuestra una situación compleja.

Durante una evaluación del paisaje en las tierras altas de Perú en 2015, se observaron los usos de la tierra para los servicios ecosistémicos del suelo, como la diversidad biológica, el carbono del suelo y el almacenamiento de agua. Los diferentes usos eran muy diversos y multifuncionales y tenían niveles de servicios ecosistémicos que eran alentadores[17]: barbechos en transición a campos de cultivo, campos intercalados con setos y pequeños bosques, pequeñas parcelas irrigadas de alfalfa para cuyes que se usaban para papa o producción de maíz el próximo año. Cuando consideramos la zona de alto barbecho que Mayer analizó hace 40 años, encontramos un sistema de producción de papa nativa que sobrevive, probablemente debido a su relativa eficiencia y bajo costo, pero, lo que es más importante, también porque contribuye a los amados alimentos tradicionales y la identidad cultural andina del buen vivir que los lectores podrán apreciar en este libro[36]. Estas conclusiones esperanzadoras muestran un principio fundamental de la finca andina incrustado en las cinco lecciones anteriores: diversidad multifuncional, practicada por hogares que buscan constantemente equilibrar una variedad de opciones de medios de vida y estrategias de riesgo en la esfera práctica, integrada con sistemas de creencias en la esfera personal que respeten los suelos, las semillas, el agua y otros recursos planetarios que sustentan estos medios de vida.

Para terminar, la relación entre los agricultores y la salud planetaria necesita de nuestro apoyo en las comunidades a nivel mundial. Este libro busca apoyar este objetivo promoviendo la apreciación del conocimiento y la identidad cultural de los agricultores andinos, incluyendo la agrobiodiversidad andina y los paisajes que la sustentan. Los agricultores necesitan el respeto y el empoderamiento que se derivan de un trato justo en el mercado y el desarrollo de su capacidad para administrar mejor sus sistemas. De esta manera, los productores continuarán innovando y adaptándose de manera localmente relevante que proteja los recursos naturales y los servicios de los ecosistemas para la producción futura, siguiendo los principios de la finca andina. •••

Andean crops, Andean farmers: contributions to planetary health

Steven Vanek*, Cecilia Turin, Maria Quispe*****

The Andean Farm and Agrodiversity

One day during graduate field research in Bolivia, I chatted with a farmer about fields where I had been assessing trends in soil fertility over time. I mentioned that earlier that day, I had passed his neighbor's field a few hillsides over. That farmer had been plowing, taking advantage of sunny weather at the end of the rainy season that left the soil with just the right moisture to plow in preparation for sowing potatoes the next rainy season. I told him that the plants I observed in his neighbor's upturned soil had not been as numerous as the grasses and native clovers I had found when sampling his field.

> "Oh yes," he said, "that field isn't ready yet... I would have waited another year, maybe even two. You have to wait until the bunchgrasses and the shrubs are starting to really establish. Only then has the soil recovered its strength. Otherwise, it is tullu, weak" (using the Quechua word that also means thin or bony).

This account is emblematic of the central role of soils in creating a resilient base for food production and strong communities, and the way that Andean farmers personify soils in a relationship that strives to care for soils and make them strong. The story also shows how the Andean crops celebrated in this book emerge from cropping practices that are adapted to their landscapes, allowing these crops to flourish in soils and settings that are by turns hostile and fragile[1].

* Department of Soil and Crop Sciences, Colorado State Univerity, Fort Collins, USA.
** Instituto de Montaña, Lima, Peru.
*** PROSUCO: Promoción de la Sustentabilidad y Conocimientos Compartidos, La Paz, Bolivia.

These practices and farm settings associated with crops are what geographer Harold Brookfield calls Agrodiversity[2] – the varied, well adapted facets of farmer knowledge and practice that underpin the more familiar concept of agrobiodiversity. Agrodiversity encompasses the many factors Andean farmers take into account such as the tilth of soil at the end of the rainy season, their labor availability, how to best deploy the manure gathered by grazing of livestock in order to enrich the soil, the sequence of planting varied crops across many elevations, the maturity of the vegetation in fallow fields that are a key input for soil and crop health[3], and the implications of all of these factors for their family's food supply and market opportunities. Their decisions are based on traditional practical knowledge for growing food but also rooted in an Andean cosmology of buen vivir – livelihood, right living, and connection to nature, the landscape and society[4]. This worldview personifies and protects soils and other aspects of nature and is often reinforced by community-level governance of resources[5-7].

In the Andean Community of Practice for collaborative crop research[8], one of our research networks, we use the concept of an "Andean Farm" or Finca Andina to refer to these Andean agrodiversity systems.

Five lessons from the Andean Farm for planetary health

The Finca Andina is a holistic practice of farming within a landscape, and prescient regarding the risks of producing food in a changing climate. Like many other agrodiversity systems around the world that have adapted to a place, an Andean farm is a larger and more complex entity than a modern farm that we might find on a single hillside in Pennsylvania or Germany. Andean farms consist of fields distributed along spatial and elevation gradients and scattered through



Página anterior: Tendido de ají escabeche para secado y producción del ají panca, un insumo muy popular en la culinaria andina. Túpac Amaru, valle del río Fortaleza.

•••

Previous page: chili pepper spread for drying and production of ají panca, a very popular input in Andean cuisine. Túpac Amaru, Fortaleza river valley.

the landscape, separated by other land uses such as pasture, neighbors' fields, forest patches, and stream buffers. Management is adapted to different soils and other site factors and avoids localized risk through this field scattering, which means a single storm or frost event cannot harm all crops[9]. Different fields come into use in different years, sometimes through various kinship configurations. Sometimes several families will cluster their production fields next to each other in the landscape as part of a communal fallow, irrigation, labor, and/or pest management strategy[3,10] while others are managed on an individual basis. This distributed network of farming plots is managed as a single farm that, together with other farms and communal lands, creates a managed landscape.

As food production faces challenges from climate and societal change in the Andes and globally, the Andean 'farm within a landscape' management system can provide valuable concepts for sustainable food production while maintaining other important ecological functions and services to society[11,12]. Here we highlight five of these lessons and challenges for planetary health from the Andean farm.

Lesson one: multifunctional fallowing

In steep environments that are exposed to mountain rainstorms, land needs to be covered to avoid erosion, and Andean fields are often left to "rest" or fallow after a few years of consecutive cropping. Perennial plants in fallows provide cover and re-establish the web of roots, soil fungi, and resulting soil aggregation that allows hillsides to absorb water without losing their precious "skin" while recovering soil health lost during annual cropping cycles. Andean sectoral fallows, where fallow fields from multiple farmers are grouped together[3,6], form extensive pastures for grazing and generate animal manure that also contributes to soil health. Fallows break cycles of pest and weed infestation by changing plant communities from annual crops to perennial mixtures[6,7].

Protecting and resting the soil as a cherished, living entity is a major part of Andean agrodiversity that produces the remarkable range of crops featured in this book. Once the fallow is over, specialized, traditional methods for tilling them also protect soils[13]. Despite the important role of fallows in Andean agriculture, in recent times, fallow periods are shortening as more land comes under production in some communities, especially in zones nearer to villages and roads, and more inputs like fertilizers are used. A promising alternative is to plant fallows with perennial forage crops to intensify the fallow stage, so even if it is shortened, it can regenerate soils in a similar way[14].

Lesson two: organizing production across climate and soil zones

A notable feature of Andean production systems are its pisos ecológicos or growing zones that are stacked on top of each other at different elevations[15]. Warm-weather crops like maize, sweet potato, ahipa, popping beans, and amaranth (elsewhere in this book) occupy the lower slopes, and potatoes, quinoa, tarwi, and kañawa are grown at higher, colder elevations. This arrangement of production adapts food production to different conditions across elevations and makes it more resilient to weather challenges. For example, in Andean valleys, farmers note that a dry year will limit maize production but provide good yields for potatoes on higher soils that are richer in moisture-conserving organic matter; meanwhile a wet year can harm potatoes but produces bountiful maize yields in the lower and hotter valley areas. On the high altitudes of the altiplano, quinoa is known as a crop which excels in dry years but not rainy ones.

More subtle spatial patterns in soils can also be seen. The crucial pasture/fallow systems are used on hillsides far away from the community since they have poorer soils that tolerate fewer years of cropping, while flatter home garden and corral areas near to communities are used intensively for crops of special importance, such as calabaza, arracacha, caigua and Eurasian vegetables.

Going forward, the adaptive use of space for crops on display in the finca andina is an essential element needed in the mosaics of urban, peri-urban, and rural areas where farmers will increasingly produce food.

Lesson three: water management in landscapes

Most of the Andes has intensely dry conditions during part of the year, and Andean communities have skillfully expanded the options for growing food by channeling mountain waters into irrigation systems. The complex system that can be seen at Tipon in the Valle Sagrado of Cusco[16] was adapted to much of the Incan empire. Today, thousands of community irrigation systems, some of them ancestral and some constructed in the past century by community organizations, make food production in these landscapes more resilient to drought. These small systems remove relatively little water from Andean watercourses, and recycle water into watersheds via the soil, in contrast to the large quantities of water pumped from mountain-fed aquifers for export agriculture with non-native crops in coastal Peru. Andean water management in landscapes also goes beyond clever irrigation systems. Water is stored by soil in high elevation peatlands, sometimes called "Andean water towers" that also serve as the pastures and fallows described above. Layers of roots and soil organic matter act as a sponge, storing water (and atmospheric carbon) high in the landscape[17]. Recent efforts are recovering traditional earthen dams, augmenting the water retention in peatlands with high elevation ponds that can sustain the water in springs and rivers as well as the crops and city water systems they support[18-20].

As glaciers continue to disappear in the Andes, montane peatlands will become increasingly important as a source of water storage. Hedgerows and patches of native trees in middle elevations play the same role by creating water-retentive soils. In this way, irrigation practices that foster more resilient Andean crop production is just one part of a community approach that uses water efficiently across entire landscapes.

Lesson four: multifunctional animal production as an ally of soil health

Livestock raising is receiving global scrutiny due to ruminant greenhouse gas emissions[21]. However, Andean livestock raising is of vital importance to Andean food crops and the associated landscapes and contributes to soil carbon storage in these systems. Llamas, alpacas, dairy cows, and sheep in the Andes graze on rangeland and then deposit dung at night within corrals, allowing farmers to then transfer these grazed nutrients and organic matter to their cropped fields. Livestock also provides high quality nutrient sources in meat and offal. Guinea pigs, raised within the homestead, play a similar role. Wool from livestock is important for protecting against cold mountain weather. Animal products are also an essential source of income that is more often managed by women[22].

Livestock raising has also led Andean farmers to maintain expanses of high elevation permanent pasture and fallows that store water and soil carbon, and even to augment the function of high-elevation wetlands (bofedales) that provide dry-season forage and water storage[23]. The biggest threat from carbon emissions in the high Andes are not small herds of multipurpose household livestock and grazing of pastures but the expansion of cropping into high areas made possible by global warming. There is nevertheless a need to improve livestock nutrition on Andean farms where resources are degraded, since diet improvements also will reduce the greenhouse gas "hoofprint" of ruminants[21].

The role of livestock as the "glue" linking different components of the Andean farm (e.g., income, manure recycling, ecosystem services from pastures, high-quality nutrition, and textiles) shows the need to take a more holistic view of landscape functions beyond carbon sequestration and engage with farmers to understand and adapt their systems.

Lesson five: balancing farm and community control in governance systems

A final lesson from these Andean farming systems is how farm management interfaces with the community sovereignty over land uses. There are many variations in the governance structures that regulate land use at a local level across the region[5,6,7], but generally it is at the community level where both the needs and authority of households are upheld (e.g., to protect crops from feeding by a neighbor's flock) while also expecting a commitment to maintaining common resources like planting areas, pastures, water rights, and communal fallows.

Communities also maintain yearly cycles of rituals linked to key events in crop and livestock management within the Andean cosmovision that reveres the earth as needing care and respect. Monthly community meetings often focus on assessment and protection of natural resources within the community territory. Community governance systems also provide social resilience, such as during the ongoing Covid-19 pandemic when communities sent produce to their migrants in cities and re-incorporated migrants who returned seeking livelihoods.

It's important not to romanticize the balance of farm and community that drives Andean landscapes. As in other parts of the world, there is a tension between the ecological principles of fincas andinas and intense pressure to exceed ecological limits for a growing population that confronts chronic poverty and malnutrition, often due to long-running exploitation from external actors. Farmers and communities need support to keep innovating and adapting their endogenous strategies for buen vivir[24]. Nevertheless, the combination of complex, multifunctional crop and livestock raising with community governance equips Andean farmers to confront changes in a strong, deliberative way. The changes are numerous, and include increasing climate instability, communities aging and migrating away, and the incursion of mining activities into community territories starting centuries ago and continuing through the current metals boom[25]. This book showcases future foods, but the insights for future food-production landscapes from the social-ecological governance systems that brought forth these foods should not be lost. Andean farms tell a crucial story about effective and conservation-minded management of Andean landscapes by farming communities.

Arado tradicional con yunta de bueyes en la localidad de Musho, a los pies del imponente nevado Huascarán, Áncash.

•••

Traditional plowing with a team of oxen in the town of Musho, at the foot of the imposing snowy Huascarán, Áncash.

Challenges to the Finca Andina and planetary health

These lessons from the Andean farm are invaluable, yet they sometimes have been ignored, even by Andean farmers themselves. The health of landscapes in the Andes and around the world are increasingly threatened. Farmers in the Andes and elsewhere also face a future with pressures and changes they have not previously contemplated. For example, climate is warming and changing faster than ever before, leading to increased risks of drought during dry years, more erosive storms during rainy seasons, and increasing frequency of frosts and hail in the Andes . Soil erosion and degradation are undeniable problems in the fragile and often shallow soils of the Andes[1,28]. Social change, migration, and increased participation in the cash economy linked to input purchases and urbanization, put pressure on the fundamental arrangements of landscape governance. Global industries such as mining and agricultural production chains (e.g., quinoa, maca, and berry exports) have created new iterations of historical pressures to "cash in" the natural capital of the region.

However, others see opportunity in these social changes, as a "new rurality" takes hold in which rural food producers access new streams of income and information, as well as support from decentralized government[29], in ways that can sometimes advance rather than degrade planetary health and biodiversity[30]. So-called polycentric governance systems that support participatory decision-making and consensus and other models of local governance could build on community systems in the Andes to create equitable and sustainable use of common resources[31]. A key question is whether farmers will deploy new income streams, life experiences, and support from government into sustaining natural resources rather than merely increasing production and profits with potential harm to soils, social structures, and ecosystems[32].

In addition, the concept of environmental justice is of utmost importance, in that the poorest farmers should not be asked to clean up environmental harm that they did not cause. There is increasing willingness to compensate local actors for their protection of the resources and ecosystem services safeguarded by ancestral fincas andinas, such as soil carbon, forests[5], diverse seeds that will sustain future cropping[33], and vital water for use in urban and rural areas[34]. Many of these efforts to compensate ecosystem services are still incipient in the Andes and other regions but could be developed further.

We can ask, will the elegant and ecologically sound tenets of the finca andina inherited by Andean farmers, survive? In 1979 the Peruvian anthropologist Enrique Mayer posed a similar question as he contemplated the shrinkage of sectoral fallow systems in Peru that preserve highland ecosystems[6]. Over 40 years later we still find the sectoral fallow systems in use in many communities and are still asking these questions. We have a notion of social changes as 'new rurality' and can document both disruptive intensification and its opposite, field abandonment (disintensification), sometimes in the same community[35], demonstrating a complex situation.

During a landscape assessment in highland Peru in 2015, land-uses were assessed for their soil ecosystem services such as biological diversity, soil carbon, and water storage. The different uses were highly diverse and multifunctional and had levels of ecosystem services that were encouraging[17]: fallows transitioning into crop fields, fields interspersed with hedgerows and small forests, small, irrigated plots of alfalfa for guinea pigs that were used for potato or maize production the next year. When we considered the high fallows zone that Mayer analyzed 40 years ago, we found a native potato production system surviving, likely because of its relative efficiency and low cost, but, importantly, also because it contributes to the beloved traditional foods and Andean cultural identity of buen vivir that readers may appreciate in this book[36]. These hopeful takeaways show a grounding principle of the finca andina embedded in the five lessons above: multifunctional diversity, practiced by households who constantly seek to balance a variety of livelihood options and risk strategies in the practical sphere, integrated with belief systems in the personal sphere that respect soils, seeds, water and other planetary resources that sustain these livelihoods.

In closing, the relationship between farmers and planetary health needs our support in communities globally. This book seeks to support this goal by promoting appreciation of Andean farmer knowledge, and cultural identity, including Andean agrobiodiversity and the landscapes that support it. Farmers need the respect and agency that comes from fair treatment in the market and building their capacity to manage their systems better. In this way producers will continue to innovate and adapt in locally relevant ways that protect natural resources and ecosystems services for future production, carrying on the principles of the finca andina. •••





Mejorando la inclusión social en los sistemas alimentarios andinos

André Devaux*, Vivian Polar**, Miguel Ordinola*, Paola Flores***, Graham Thiele**

Introducción

En las décadas recientes, el desarrollo agrícola ha jugado un papel de importancia en la reducción de la pobreza, sin embargo, estos avances han dejado de lado con frecuencia a las áreas rurales de montaña, que enfrentan una serie de limitaciones causadas por el acceso limitado a recursos externos e infraestructura. Algunas áreas rurales, incluido los Andes, se han configurado como "bolsones de pobreza espacial" debido a los altos niveles de pobreza crónica. Sin embargo, existen oportunidades para construir a partir de sus activos, entre los que se incluyen la agrobiodiversidad de cultivos, conocimiento ancestral, así como prácticas eficaces de manejo de la tierra.

Los habitantes de las montañas viven en entornos naturales únicos que se caracterizan por una elevada altitud y escarpadas pendientes que dificultan la producción de alimentos a gran escala. Pero estas mismas condiciones agroecológicas –donde coexisten la riqueza natural y cultural– han engendrado sistemas que enlazan la agrobiodiversidad, el conocimiento local y la cooperación humana que pueden convertirse en activos para nuevas oportunidades. Una de ellas es la tendencia en la gastronomía de los países andinos de valorar los insumos locales y su producción. Esto ha sido descrito como la "herencia alimentaria" por el Movimiento de Integración Gastronómico Boliviano (Miga) de Bolivia. Esto incluye el conjunto de conocimientos, técnicas, tradiciones y símbolos relacionados a las formas de producir, conservar, transformar, cocinar, compartir y consumir los alimentos[4].

* Centro Internacional de la Papa (CIP), CGIAR, Lima, Perú.
** Programa de investigación del CGIAR sobre Raíces, Tubérculos y Bananas (CRP-RTB), Lima, Perú.
*** Centro Internacional de la Papa (CIP), CGIAR, La Paz, Bolivia.

El concepto de inclusión social se define como el proceso de acrecentar la participación dentro de la sociedad de personas en desventaja, mejorando sus oportunidades para acceder a los recursos y respetando sus derechos. Esto asegura que las personas tengan una voz en decisiones que afectan sus vidas y que disfruten de igualdad de acceso a los mercados, los servicios, así como a los espacios políticos, sociales y físicos. Muchas economías de montaña, como Austria y Bután, poseen un nivel de desarrollo diferente que asegura la inclusión social a la vez qur toman ventaja de las condiciones socioecológicas únicas de sus ecosistemas.

Debido a la retadora geografía andina y a su compleja historia social, económica y política, existen múltiples elementos de exclusión social que operan en diferentes contextos. Las intervenciones sociales y las instituciones con frecuencia excluyen, discriminan, aíslan y privan a ciertos grupos basados en sus identidades como lenguaje y origen étnico, origen rural-urbano y religión[2]. En la región andina, el espacio natural, su diversidad biológica y la forma cómo los bienes comunes como el agua y la tierra son manejados, son aspectos críticos para la identidad y la sobrevivencia económica de los pobladores.

Los medios de vida de los indígenas andinos ha estado basada en el uso y consumo de una amplia diversidad de cultivos, principalmente papas (*Solanum* sp.), tubérculos como la oca (*Oxalis tuberosa*), olluco o papalisa (Ullucus tuberosus), y mashua o isaño (*Tropaeolum tuberosum*); granos como el maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*); frutos como el aguaymanto (*Physalis peruviana*); hierbas cono el huacatay (Tagetes minuta); y ganado como las llamas (*Lama glama*) y alpacas (*Vicugna pacos*), además del cuy (*Cavia porcellus*).

Página anterior: Don Rosalino Quispe posa orgulloso delante de los farallones de Tres Cañones, la flamante área de conservación regional en el sur del Cusco.

•••

Previous page: Don Rosalino Quispe proudly poses in front of the Tres Cañones cliffs, the recently stablished regional conservation area in the south of Cusco.

Los agricultores andinos tradicionalmente manejan estos cultivos y el ganado de forma sostenible dentro de nichos ecológicos verticales integrados[5]. Durante miles de años, los agricultores han domesticado, adaptado y seleccionado diferentes variedades de estos cultivos para reducir su vulnerabilidad a riesgos ambientales dentro de diversos nichos y para satisfacer diversas necesidades alimentarias. La agrobiodiversidad andina, el conocimiento tradicional y el capital social vinculado a ello constituyen recursos únicos que pueden proveer un camino hacia la inclusión social para las familias rurales. En los Andes, la agrobiodiversidad está espacialmente vinculada a pequeños propietarios que viven en las áreas marginales, por lo tanto, el vínculo entre biodiversidad, medios de vida y resiliencia es especialmente relevante.

Los cultivos andinos y otros "alimentos del futuro", cultivados por pequeños productores, pueden ser medios para mejorar el desarrollo socioeconómico y la inclusión social. Este capítulo destaca cómo los cultivos y su diversidad son un elemento importante para la identidad y cómo las intervenciones, tecnología e innovación pueden generar procesos de desarrollo más inclusivos.

Existen numerosas experiencias en marca en los Andes que mejoran la inclusión social. Este capítulo examina experiencias organizadas alrededor de cuatro opciones principales: (1) esquemas de certificación que incluyen Sistemas de Garantías Participativos y producción orgánica; (2) Participación y acciones colectivas a lo largo de la cadena de valor; (3) Acuerdos asociativos como grupos de productores y empresas comunales; y (4) Emprendimientos de jóvenes rurales y urbanos, y escuelas.

En cada caso, analizamos las características de los enfoques que contribuyen a la inclusión social y los resultados que propiciaron un desarrollo más inclusivo.

El Sistema de Garantía Participativo construye confianza y cambio transformativo

Enfoque: El Sistema de Garantía Participativo (SGP) representa una opción alternativa para la creación de nuevos mercados que ofrecen salidas comerciales viables para los productos alimenticios de la agricultura andina familiar. Representa una innovación institucional con nuevas reglas y formas de interacción que redefinen las prácticas agrícolas sostenibles a nivel local, y vinculan stakeholders en los sistemas alimentarios que normalmente no trabajan juntos.

El SGP es un sistema de certificación de terceros con verificación entre pares de los estándares de la agricultura orgánica. Se basa en la confianza y la inclusión, lo que reduce el tiempo y los costos de certificación[6]. El SGP sigue las pautas globales de la Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) como transparencia, horizontalidad e inclusión para todos los actores. El interés en el SGP se está incrementando en los países andinos con el apoyo de instituciones gubernamentales y no gubernamentales, así como asociaciones regionales de productores. El PGS ayuda a construir capacidades para las operaciones de la agricultura familiar y los vincula con mercados locales y nacionales, y con consumidores que juegan un rol frecuente en el control entre pares. El sistema SGP ha sido debidamente reconocido por gobiernos como el de Perú, donde la ley para la promoción orgánica y ecológica busca incorporar este sistema para certificar productos orgánicos de pequeños productores destinados para el mercado doméstico.

El SGP mejora el acceso a mercados orgánicos, particularmente para agricultores agroecológicos no certificados y grupos de agricultores excluidos y socialmente vulnerables. Asimismo, promueve cadenas alimentarias pequeñas, reduciendo el número de intermediarios a la vez que establece relaciones comerciales más estrechas entre los productores y los consumidores. También aumenta la calidad de los productos al trasladarlos de forma rápida del campo a la mesa, y otorga transparencia y participación dentro del proceso de gobernanza alimentaria. Aunque estas cadenas de valor necesitan mayor desarrollo, el SGP y las cadenas de valor cortas permiten una relación más directa entre productores y consumidores, aumenta las ganancias y baja los precios[7].

Resultados: Desde 2012, 7,000 agricultores en bolivia recibieron capacitación en agroecología a través de la participación en 17 redes SGP en funcionamiento. Existen 650 agricultores orgánicos certificados y 2,700 clasificados como en transición, lo que suma un total de 3,350 agricultores orgánicos en las tierras altas, valles y regiones tropicales[8]. Sus productos son vendidos en mercados como Bio Achocalla, en La Paz. Este mercado involucra a 275 hogares en el municipio, provenientes de 13 comunidades. Productos vendidos con frecuencia incluyen vegetales, papas y cereales, pero también un amplio abanico de "alimentos del futuro" como oca, quinua, kiwicha y olluco.

En Colombia, el modelo SGP promovido por Familia de la Tierra provee espacios para la producción agroecológica y el trabajo comunitario que usa y rescata las semillas nativas de agricultores nativos y tradicionales (criollos). El modelo también ayuda a los agricultores a crear productos de valor agregado y promueve el marketing. La experiencia comercial de la red de producores también ha revelado una tendencia hacia innovaciones gastronómicas con insumos nativos como la quinua, el amaranto, la maca (*Lepidium meyenii*), el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), y otros productos nativos[9].

La Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (Anpe), desarrolló en 2005 un método para garantizar la calidad ecológica de productos que fue adaptado para la la pequeña producción orgánica en este país. El método también promovía la producción, el consumo de productos agroecológicos y el desarrollo de mercados locales. El SGP fue implementado en el Perú como piloto en cuatro regiones: Cajamarca, Lambayeque, Junín y Cusco. Actualmente, más de 3,000 productores han implementado este sistema en diversas regiones del país, con una certificación que se renueva cada año[10].

Promover la agricultura orgánica y el marketing social a través del SGP contribuye en muchas dimensiones al desarrollo sostenible: menos impacto ambiental a través de la eliminación de agregados químicos; inclusión de todos los actores en las cadenas de valos más cortas que reconocen las prácticas tradicionales comunitarias y el uso de verificación entre pares; y la reducción de costos de transacción e ingresos directos más altos para pequeños agricultores. Este sistema de innovación también promueve la seguridad alimentaria y una mejor nutrición.

Participación en cadenas de valor innovadoras promueve cultivos nativos y aumenta los medios de vida rurales

Enfoque: El Enfoque Participativo de Cadenas Productivas (EPCP) fue utilizado para compremeter a los agricultores y a otros actores en la cadena de valor para promover innovación de una gama de nuevos productos que muestran la biodiversidad de cultivos andinos. Estos incluyen papas nativas[11] en el Perú, Ecuador y Bolivia, y ajíes nativos (*Capsicum*) en Perú y Bolivia[12]. El EPCP aprovecha el poder de la gastronomía y los chefs influyentes para cambiar la percepción sobre los cultivos nativos, que no se valoraban como alimentos importantes y no eran muy conocidos en los mercados urbanos. El EPCP es un enfoque en sistemas de innovación que aplica investigación-acción y el compromiso colectivo en las cadenas de valor para construir la inclusión activa[13]. Involucra equipos de investigación multidisciplinarios y pequeños productores con otro actores de la cadena de valor, servidores públicos y proveedores de servicios, como ONGs, en procesos grupales organizados durante 12 a 18 meses, en los que se identifican oportunidades comerciales y se desarrollan innovaciones orientadas al mercado. Mientras las papas nativas frescas, como un nuevo producto gourmet, se vendían en los supermercados, estas también destacaron en el auge gastronómico del Perú y en la región, lo que llevó a un marcado aumento en la demanda, lo que benefició a los agricultores a través de precios más altos. La innovación demostró ser un componente crucial del enfoque: la creación de nuevos productos basados en un cultivo bien conocido pero descuidado y su diversidad varietal. En el caso de los ajíes nativos, el plan era cerrar la brecha que existía entre la oferta y la demanda y así mejorar los ingresos de los agricultores de bajos ingresos y otros actores de la cadena de valor del ají nativo en Bolivia y el Perú. Las plataformas de colaboración de múltiples actores, una de las herramientas clave del EPCP, se utilizaron para vincular a los actores clave en los dos países, incluidos los pequeños agricultores y sus asociaciones, empresas privadas, investigadores, ONG e incluso chefs. Se desarrollaron y generaron nuevos productos comerciales, tanto en Bolivia como en el Perú, a partir de recetas tradicionales y nuevas, utilizando ajíes nativos cultivados y silvestres que no se usaban anteriormente a gran escala para productos procesados.

La innovación culinaria puede ser más sostenible si varios stakeholders interesados se involucran al principio del proceso. Si bien los chefs juegan un papel clave, ellos están menos conectados con los productores. A través del EPCP, las organizaciones de investigación y desarrollo agrícola pueden establecer relaciones entre agricultores y restaurantes, mientras que el sector privado y los gobiernos pueden proporcionar recursos financieros para sostener y ampliar el desarrollo de las cadenas de valor de los cultivos andinos. El EPCP puede complementarse con plataformas de innovación locales que faciliten las interacciones entre productores, autoridades locales, empresas locales y proveedores de servicios para empoderar a los pequeños agricultores y mejorar el capital social. El enfoque del EPCP resultó muy útil para impulsar los procesos de innovación[14].

Resultados: El proceso del EPCP brindó varios resultados clave. Las redes sociales se volvieron más fuertes y mejor conectadas, lo que estimuló la innovación de la cadena de valor. Los consumidores urbanos expandieron drásticamente su demanda de papas nativas. Y, lo que es más importante, se desarrollaron políticas que reconocieron a las papas nativas en el sistema formal de producción de semillas.

Donde el capital social es débil, el EPCP ha ayudado a generar confianza entre los agricultores en diferentes áreas y con otros actores dentro y fuera de las cadenas de valor al unirlos en objetivos comunes. Las ONG y las autoridades locales fortalecieron la capacidad de las organizaciones de pequeños productores, mejoraron los vínculos con los agentes del mercado y los procesadores, y brindaron apoyo técnico para mejorar la calidad y consistencia en la producción y lograr economías de agregación.

Las mujeres involucradas en la intervención utilizaron su nueva influencia para tomar decisiones y tomar acuerdos sobre cuestiones de producción y comercialización, lo que les otorgó mayor autoridad para negociar con otros actores de la cadena de valor. El EPCP aumentó el valor de mercado de los productos nativos, aprovechando los valores culturales, ambientales y sociales de la biodiversidad para promoverla en nichos de mercado nacionales e internacionales.

AGROPIA construye mercado justo y negocios de alto valor para luchar contra la pobreza

Enfoque: Con más de 4,000 variedades, la biodiversidad de la papa nativa andina es la más grande del mundo. En Huancavelica, Perú, una cooperativa de agricultores, AGROPIA, diseñó una estrategia para crear nuevas oportunidades de mercado basadas en esta biodiversidad y el uso de sus conocimientos tradicionales de manejo de cultivos acumulados durante miles de años. Con el apoyo de Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF) y la organización no gubernamental Centro de Desarrollo Integral de Comunidades (CEDINCO), crearon una cooperativa que combina la estructura tradicional y moderna con un enfoque en gestión empresarial. Los principios del comercio justo son los valores transversales de la organización, así como la orientación al mercado, la conservación de la biodiversidad y la equidad de género. AGROPIA incluye hoy a más de 600 beneficiarios en 17 diferentes comunidades campesinas de la región Huancavelica. Los principales productos son las papas nativas coloreadas y el aguaymanto, así como otros tubérculos andinos como la oca, mashua y olluco, todos con certificación orgánica. Inspirada por el éxito del EPCP en la popularización de productos de papa nativa de alto valor, AGROPIA trabajó con AVSF y CEDINCO para desarrollar coloridas papas fritas azules y rojas para su distribución en los mercados orgánicos y de comercio justo europeos bajo la marca Ethiquable.

El éxito del nuevo negocio y el crecimiento del mercado va a depender del suministro de productos de alta calidad en un canal de producción estable y regular. La oferta del producto se desarrolló de acuerdo con los estándares exigidos: selección de variedades de papa nativa coloreada como Queqorani, Cacho de Toro, Leona, Sumaq Sonco y Huayro Macho; la promoción de la producción orgánica y biodiversa; la organización de pequeños agricultores y acción colectiva; y el mejor manejo de cultivos con pequeños sistemas de riego y uso de semilla de calidad.

Después de obtener la certificación de Fair Trade, AGROPIA también obtuvo una certificación de agricultura orgánica para penetrar en los mercados nacionales e internacionales de alto nivel. La certificación fue un paso importante para diferenciar el producto que contribuyó a la inclusión social. Con el apoyo del municipio local de Pasos, esta iniciativa permitió revitalizar la producción de papa nativa en este territorio montañoso como estrategia para combatir la pobreza. Como resultado, los agricultores se organizaron bien y recibieron una mayor participación de las ganancias y participaron en la gestión de la cooperativa.

Resultados: En 2014 se cosecharon 145 toneladas de papa y se procesaron 54 toneladas de papas fritas bajo la marca Ethiquable y AGROPIA también comenzó a vender sus papas fritas en el Perú. Dos años después, AGROPIA pudo construir su propia fábrica debido al aumento de la demanda y obtuvo el apoyo financiero de socios públicos y privados. Hoy, los 150 pequeños agricultores familiares miembros de AGROPIA obtienen ingresos más altos, gracias a los precios que ofrecen los mercados de exportación de comercio justo y los nichos de mercado nacionales de alto valor[15].

Al desarrollar la capacidad para una gestión organizativa eficiente y la cooperación entre los agricultores y otros participantes de la cadena de valor, AGROPIA generó

© Andina



Encuentro sobre Sistema de Garantía Participativo (SGP) en Ucayali, Perú. ••• Meeting on Participatory Guarantee System in Ucayali, Peru.

© Aguapan



Venta de papas nativas mejoradas en Huancavelica, Perú, como parte del Enfoque Participativo de Cadenas Productivas. ••• Sale of improved native potatoes in Huancavelica, Peru, as part of the Participatory Approach of Productive Chains.

© Agronia



Procesamiento de papas fritas de la marca Ethiquable por miembros de la cooperativa AGROPIA. ••• Processing of Ethiquable brand potato chips by members of the AGROPIA cooperative.

© Manq'a



Jóvenes alumnos de una escuela gastronómica Manq'a, en Bolivia. ••• Young students from a Manq'a gastronomic school, in Bolivia.

productos de mejor calidad a mayor escala. El enfoque de comercio justo combinado con la asociación público-privada que promueve el desarrollo empresarial creó nuevas oportunidades económicas para los pequeños agricultores, fomentó el crecimiento de las organizaciones locales y la participación activa de sus miembros. Esta experiencia puede servir de guía para el desarrollo de otros cultivos andinos.

Como se muestra en este caso, la biodiversidad de la papa es un activo clave en el desarrollo de un nicho de mercado al tiempo que restaura el orgullo de las comunidades locales. AGROPIA recibe visibilidad y valor nacional e internacional debido a su conocimiento local, buen manejo de sus cultivos y las habilidades de mercado. CEDINCO está escalando este enfoque con familias productoras de papa nativa orgánica en las provincias de Concepción, Jauja y Huancayo (región Junín, en Perú), coordinando con empresas procesadoras y programas sociales públicos.

MANQ'A: escuelas gastronómicas que promueven innovación culinaria y bienestar para los jóvenes

Enfoque: Muchos jóvenes que migran de territorios andinos rurales empobrecidos en busca de oportunidades en las ciudades, enfrentan desafíos importantes, ya que carecen de acceso a recursos económicos y pueden tener bajos niveles de educación. Sin embargo, estos jóvenes tienen un fuerte vínculo con los pequeños productores en sus comunidades de origen, así como conocimientos y experiencia con los sistemas agroalimentarios rurales y la diversidad de cultivos andinos, como los tubérculos andinos, la quinua, el tarwi (*Lupinus mutabilis*) y otros atractivos alimentos del futuro.

El enfoque de Patrimonio Alimentario impulsado por MIGA, en Bolivia, fomenta el crecimiento y la participación de los actores del sistema alimentario, inspirado en la experiencia de APEGA (Asociación Peruana de Gastronomía). Este enfoque fue promovido por el restaurante GUSTU, a través de la implementación de las escuelas Manq'a como una iniciativa de desarrollo. Con sede en La Paz, Bolivia, el proyecto MANQ'A (comida en el idioma aimara) brinda oportunidades de vida a los jóvenes migrantes bolivianos a través de la revalorización y el consumo de productos locales (16). Este proyecto de escuelas culinarias apoya la educación transformadora mientras se conecta con los pequeños agricultores andinos y empresarios de la industria agroalimentaria.

La innovación culinaria con cultivos nativos andinos cambió la percepción sobre su valor en los consumidores urbanos. Liderados por organizaciones de investigación y restaurantes como Gustu en La Paz, Bolivia; Urko en Quito, Ecuador; y Central con Mater Iniciativa en Perú, existe una creciente comprensión de que "la cocina es el punto de intersección de la biodiversidad y la sociedad" (Gonzalo Urbina de Mater Iniciativa, comunicación personal). Iniciativas y eventos como el Tambo (4), una celebración de varios días de la cocina tradicional y contemporáneo en Bolivia, contribuyen a la mejora progresiva del patrimonio gastronómico y alimentario.

La iniciativa MANQ'A avanzó en la innovación culinaria al brindarles a los jóvenes educación formal y educación para la salud mientras revitalizaba la cocina boliviana. Se centra en la inserción laboral de los jóvenes a través de emprendimientos gastronómicos basados en la formación educativa. Las mismas escuelas son una fuente de trabajo a través de los servicios de catering, ya que atienden a clientes públicos y privados. Cada escuela de MANQ'A incluye una cafetería donde los estudiantes cocinan y sirven platos bolivianos, que incluyen variaciones de ingredientes nativos como cecina de llama, quinua, kañawa (Chenopodium pallidicaule) y papas nativas provenientes directamente de productores rurales andinos. Además de brindar instrucción y educación culinarias, MANQ'A enseña valores importantes de la vida y la interacción social para el desarrollo de los jóvenes[17].

Resultados: Este exitoso modelo de escuela gastronómica se ha ampliado en Bolivia y se ha expandido a Colombia. Con el apoyo de organizaciones como el Comité de Coordinación Intereclesial de Ayuda al Desarrollo (IICO) y la Organización Católica para la Cooperación de Ayuda al Desarrollo y Ayuda al Desarrollo (CORDAID), el programa ahora opera en 15 escuelas en Bolivia y dos en Colombia, capacitando a más de 4,300 jóvenes como técnicos en gastronomía durante los últimos cinco años. Ha colaborado con 200 familias productoras y ha generado más de 2,000 puestos de trabajo, además de vinculaciones con 80 restaurantes y empresas de alimentación.

MANQ'A es parte de Youth Business International, una red global de organizaciones que apoyan a los jóvenes que inician sus propios negocios. En 2019, MANQ'A abrió su primer restaurante social en La Paz, donde los jóvenes graduados tienen acceso

Páginas siguientes: Doña Catalina y su hija Clara, regresan de la chacra familiar trayendo ocas frescas que convertirán en *cahui*. Laraos, Lima.

•••

Following pages: Doña Catalina and her daughter Clara, return from the family farm bringing fresh ocas that they will turn into *cahui*. Laraos, Lima.

a oportunidades de trabajo y desarrollo. Aporta una alternativa gastronómica única; comida con identidad que valora los ingredientes locales para un consumo saludable y sustentable y rinde homenaje a los gustos y saberes de Bolivia.

El modelo MANQ'A en Colombia ha contribuido a la reconstrucción del tejido social al ser un lugar de encuentro de la comunidad con excombatientes y víctimas del conflicto armado. Los jóvenes pueden construir nuevas relaciones seguras y de confianza en torno a su interés común en la gastronomía como medio de vida alternativo para un futuro mejor[18].

Al generar una relación comercial con las escuelas de gastronomía MANQ'A, los pequeños productores andinos pueden dar visibilidad a los cultivos nativos andinos y vincularse a mercados más amplios y estables. Los jóvenes estudiantes migrantes pueden revalorizar su herencia e identidad al generar nuevas oportunidades de ingresos dentro del sector gastronómico y brindar alternativas innovadoras para los consumidores que buscan alimentos saludables basados en productos locales.

Hacia sistemas alimentarios más inclusivos

La serie de experiencias presentadas en este capítulo muestra diversas vías para promover la inclusión social en el contexto andino. Otros ejemplos incluyen el pago por servicios ecosistémicos (PSA) que crea vínculos entre la inclusión social y la conservación de los recursos genéticos de los cultivos. Las empresas del sector privado comparten los beneficios de utilizar la biodiversidad de la papa nativa y pagan a los agricultores custodios por sus esfuerzos de conservación, como los de la cooperativa AGUAPAN en el Perú[19]. Este modelo podría ampliarse a otros cultivos como la quinua y la kiwicha. A medida que los productos se basan cada vez más en datos y se digitalizan, los pequeños productores pueden beneficiarse del comercio electrónico y los esquemas de entrega directa a los consumidores y procesadores. Y la compra pública de alimentos nutritivos y biodiversos también puede ser una nueva fuente de ingresos para los agricultores, ya que estos mercados andinos son grandes y están expandiéndose.

Las innovaciones desarrolladas en estas experiencias ayudan a las familias rurales andinas a construir nuevas estrategias de sustento a través de sistemas de producción sostenibles, mejor comercialización, mayores ingresos e interacciones sociales mejoradas. La agrobiodiversidad de los cultivos andinos, el conocimiento local y los arreglos asociativos son todos activos que ahora traen retorno social y financiero.

A medida que las personas comienzan a comprender y revalorizar sus activos, reconocen y crean nuevas formas de fortalecer su capital social y fomentar la inclusión. Un desafío pendiente es escalar las experiencias exitosas a más y más familias y comunidades rurales para que las chacras familiares andinas prosperen y se conserve la agrobiodiversidad.

Para apoyar este proceso, se requiere una serie de políticas e instituciones a nivel local, nacional y regional que promuevan las innovaciones institucionales. Esto deberá incluir la creación de capacidades y la acción colectiva entre los agricultores y sus organizaciones, para crear vínculos con los consumidores y las zonas urbanas. Incrementar el acceso de los jóvenes a los servicios financieros puede generar iniciativas productivas y gastronómicas que valoren y promuevan la producción local de alimentos.

La inclusión social debe situarse en el centro del futuro sistema alimentario andino. Al hacerlo, realmente realizaremos la promesa del desarrollo agrícola y humano a través de la acción transformadora del sistema alimentario. •••



Enhancing social inclusion in Andean food systems

André Devaux*, Vivian Polar, Miguel Ordinola*, Paola Flores***, Graham Thiele****



Introduction

Agricultural development has played a major role in reducing poverty in recent decades, but advances have often bypassed mountainous rural areas that face diverse constraints with limited access to external resources and infrastructure. Some rural areas, including the Andes, have been characterized as 'spatial poverty traps' because of the high levels of chronic poverty. However, they have opportunities to build on their assets including agrobiodiversity of Andean crops, ancestral knowledge, and effective land management practices.

Mountain dwellers live in unique geographic settings with high altitude and extreme slopes that complicate large-scale food production. But these same agroecological conditions, where abundance, natural and cultural wealth coexist, have fostered systems linking agrobiodiversity, local knowledge and human cooperation that can be assets for new opportunities. One important new opportunity is the trend in gastronomy in the Andean countries in which local foods and their production are highly valued. This has been described as the "food heritage" by MIGA in Bolivia (Movimiento de Integración Gastronómico Boliviano), that includes the set of knowledge, techniques, traditions and symbols related to the ways of producing, conserving, transforming, cooking, sharing and consuming food[4].

The concept of social inclusion is defined as the process of improving participation in society of disadvantaged people by enhancing their opportunities to access resources and respecting their rights. It ensures that people have a voice in decisions which affect their lives and that they enjoy equal access to markets, services, political, social and physical spaces. Many mountain economies like Austria and Bhutan have taken a different development pathway which assures social inclusion while taking advantage of the unique socioecological conditions of mountains.

Due to the challenging Andean geography and complex social history and political economy, there are multiple elements of social exclusion that operate in different contexts. Social interventions and institutions often exclude, discriminate, isolate, and deprive some groups based on their identities such as language and ethnicity, gender, rural-urban origin, and religion[2]. In the Andean region, the natural environment, its biological diversity and how common goods like water and land are managed are critical to the identity and economic survival of mountain dwellers.

The livelihoods of indigenous Andean people have been based on the use and consumption of a wide diversity of crops, principally potatoes (*Solanum* spp.) tubers such as oca (*Oxalis tuberosa*), olluco or papalisa (*Ullucos tuberosus*) and mashua or isaño (Tropaeolum tuberosum); grains such as corn (*Zea mays*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*); fruits such as golden berry (*Physalis peruviana*); herbs, such as huacatay (*Tagetes minuta*); and livestock such as llamas (*Lama glama*), alpaca (*Vicugna pacos*) and guinea pig (*Cavia porcellus*).

Andean farmers traditionally manage these diverse crops and livestock in a sustainable way within vertically integrated ecological niches[5]. For thousands of years, farmers have domesticated, adapted and selected different varieties of these crops to reduce their vulnerability to environmental risks within various

* International Potato Center (CIP), CGIAR, Lima, Peru.
** CGIAR Research Program on Roots, Tubers and Bananas (CRP-RTB), Lima, Peru.
*** International Potato Center (CIP), CGIAR, La Paz, Bolivia.

Página anterior: Una vieja pirca de piedra delimita los campos familiares en las alturas de Pacchanta, a los pies del macizo Ausangate.

•••

Previous page: An old stone wall or *pirca* delimits the familiar fields on the heights of Pacchanta, at the foot of the Ausangate mountain.

ecological niches and meet diverse food needs. The Andean agrobiodiversity and the traditional knowledge and social capital linked to it represent unique resources that can provide a pathway towards social inclusion for rural families. Within the Andes, agrobiodiversity is especially linked to smallholders living in more marginal areas, so the link between biodiversity, livelihoods and resilience is especially relevant.

Andean crops and other "future foods" grown by smallholders can be assets for improving socioeconomic development and social inclusion. This chapter highlights how crops and their diversity are an important element of identity and how interventions, technology and innovation can generate more inclusive development processes. There are several on-going experiences in the Andes that enhance social inclusion. This chapter examines experiences organized around four main options (1) Certification schemes that include Participatory Guarantee Systems and organic production; (2) Participation and collective actions along the value chain; (3) Associative arrangements such as producer groups and communal enterprises; (4) Rural and urban youth entrepreneurship and schools. In each case we analyze the features of the approaches that contribute to social inclusion and the outcomes that fostered more inclusive development.

The Participatory Guarantee System builds trust and transformative change

Approach: The Participatory Guarantee System (PGS) represents an alternative option with the creation of new markets that offer viable commercial outlets for the food products of Andean family agriculture. It represents an institutional innovation with new rules and forms of interaction that redefine sustainable farming practices at the local level, and link stakeholders in food systems that do not normally work together.

PGS is a third-party certification system with peer-to-peer verification of organic farming standards. It is based on trust and inclusiveness, which reduces certification time and costs[6]. The PGS follows global IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) guidelines such as transparency, horizontality, and inclusion for all actors. Interest in PGS is increasing in the Andean countries with the support of government and non-governmental organizations and regional farmers' associations. PGS helps build capacity of family agriculture operations and links them with local and national markets, and consumers who often play a role in peer-to-peer control. The PGS system is duly recognized by governments such as Peru, where the law for the promotion of organic or ecological production seeks to incorporate this system to certify organic products from small producers destined for the domestic market.

PGS improves access to organic markets, particularly for non-certified and agroecological farmers, excluded and socially vulnerable groups of farmers, and promotes short organic food chains, reducing the number of intermediate links while also establishing closer commercial relationships between farmers and consumers. It improves the quality of the produce as it moves quickly from field to fork and it brings transparency and participation into the process of food governance. Although these value chains need further development, PGS and short value chains allow for a more direct relationship between producers and consumers, increase producers' incomes and lower prices for consumers[7].

Outcomes: Since 2012, 7,000 farmers in Bolivia received their agroecology training via participation in 17 functioning PGS networks. There are 650 certified organic farmers and 2,700 classified as in transition, totaling around 3,350 organic farmers in the highlands, valleys and tropical regions[8]. Their products are sold in markets such as the Bio Achocalla in La Paz. This market involves 275 households in the municipality, from 13 communities. Typical products sold include vegetables, potatoes and cereals but also a wide range of "future foods" such as oca, quinoa, kiwicha and olluco.

In Colombia, the PGS model promoted by Familia de la Tierra provides spaces for agroecological production and community work that saves and uses native and traditional farmers' (criollo) seed. The model also helps farmers create value-added products and promotes product marketing. The trading experience of the producers' network has also revealed a market trend towards gastronomic innovation with native foods such as quinoa, amaranth, maca root (*Lepidium meyenii*), yacón root (*Smallanthus sonchifolius*) and native potatoes[9].

In Peru, ANPE (Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú) and IDMA (Environmental Conservation Organization) developed in 2005 a method to guarantee the ecological quality of products that was adapted for small Peruvian organic production. This method also promoted the production and consumption of agroecological products and the development of local markets. The PGS was implemented in Peru as a pilot in 4 regions: Cajamarca, Lambayeque, Junín and Cusco. Currently, more than 3,000 producers implement this system in various regions of the country, with annual certification renewal required[10].

Promoting organic agriculture and social marketing through the PGS contributes to several dimensions of sustainable development: less environmental impact due to elimination of chemical inputs; inclusion of all actors in the shorter value chains that recognize traditional community practices and use of peer-to-peer verification; and reduced transaction costs and higher direct incomes for smallholder farmers. Such innovation systems also promote food security and better nutrition.

Participation in innovative value chains promotes native crops and improves rural livelihoods

Approach: The Participatory Market Chain Approach (PMCA) was used to engage farmers and other value chain actors to promote innovation of a range of new products showcasing Andean crop biodiversity. These included native potatoes[11] in Peru, Ecuador and Bolivia and native chili peppers (Capsicum) in Peru and Bolivia[12]. PMCA harnessed the power of gastronomy and influential chefs to shift perceptions about native crops, which were not valued as important foods and not well known in urban markets. The PMCA is an innovation-systems approach that applies action research and collective engagement across value-chains to build active inclusion[13]. It engages multi-disciplinary research teams and smallholder farmers with other value-chain actors, public officials and service providers, such as NGOs, in facilitated group processes over 12-18 months in which business opportunities are identified and market-oriented innovations are developed. While fresh native potatoes as a new gourmet product were sold in supermarkets, native potatoes were also featured in the developing gastronomic boom in Peru and in the region, leading to a marked increase in demand for native potatoes, benefitting farmers through higher prices. Innovation proved to be a crucial component of the approach – creating new products based on a well-known, but neglected crop and its varietal diversity. In the case of native peppers, the plan was to bridge the gap that existed between supply and demand and to thereby improve the incomes of low-income farmers and other actors in the native chili pepper value chain in Bolivia and Peru. The multi-actor collaborative platforms, one of the key tools of the PMCA, was used for linking key players in the two countries, including small farmers and their associations, private companies, researchers, NGOs, and even restaurant chefs. New commercial products were developed and generated both in Bolivia and Peru from traditional and new recipes, using both cultivated and wild native chili peppers that were not previously used on a large scale for processed products.

Culinary innovation can be more sustainable if various stakeholders are involved early in the process. While chefs play a key role, they are also less connected with producers. Through the PMCA, agricultural research and development organizations can build relationships between farmers and restaurants, while the private sector and governments may provide financial resources to sustain and scale up the development of Andean crop value chains. The PMCA can be complemented by local innovation platforms that facilitate interactions between producers, local authorities, local businesses and service providers to empower small farmers and enhance social capital. The PMCA approach proved very useful for boosting innovation processes[14].

Outcomes: Several key outcomes resulted from the PMCA process. Social networks became stronger and better connected, which stimulated value-chain innovation. Urban consumers expanded their demand dramatically for native potatoes. And, importantly, policies developed that recognized the native potatoes in the formal seed production system.

Where social capital is weak, the PMCA has helped build trust between farmers in different areas, and with other actors within and outside the value chains by uniting them in common objectives. NGOs and local authorities strengthened the capacity of small producer organizations, improved links to market agents and processors, and provided technical support to improve quality and consistency in production and achieve economies of aggregation.

Women involved in the intervention used their new influence to make choices and decisions about production and marketing issues, giving them greater authority to negotiate with other value chain actors. The PMCA increased the market value of native products, taking advantage of the cultural, environmental, and social values of biodiversity to promote it in national and international niche markets.

AGROPIA builds fair trade and high-value businesses to fight poverty

Approach: With more than 4,000 varieties, the Andean native potato biodiversity is the largest in the world. In Huancavelica, Peru, a farmer's cooperative, AGROPIA, devised a strategy to create new market opportunities based on this biodiversity and use of their traditional crop-management knowledge accumulated over thousands of years. With the support of Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF) and the nongovernment organization Centro de Desarrollo Integral de Comunidades (CEDINCO), they created a cooperative that combines the traditional and modern structure with a focus on business management. Fair trade principles are the cross-cutting values of the organization, as well as market orientation, biodiversity conservation and gender equity. AGROPIA now includes more than 600 beneficiaries in 17 different

peasant communities of the Huancavelica region; the main products are colored native potatoes and aguaymanto (goldenberry fruit) as well as other Andean tubers such as oca, mashua and olluco, all with organic certification. Inspired by the PMCA success in popularizing high value native potato products, AGROPIA worked with AVSF and CEDINCO to develop colorful blue and red potato chips to be distributed in the European organic and fair-trade markets under the Ethiquable brand.

Success of the new business and market growth would depend on supplying high quality products in a stable and regular production channel. The product supply was developed according to the required standards: selection of colored native potato varieties such as Queqorani, Cacho de Toro, Leona, Sumaq Sonco, and Huayro Macho; promotion of organic and biodiverse production; smallholder organization and collective action; and better crop management with small irrigation systems and use of quality seed.

After obtaining Fair Trade certification, AGROPIA also earned an organic farming certification to penetrate the high-end international and national markets. The certification was an important step for differentiating the product that contributed to social inclusion. With the support of the local municipality of Pasos, this initiative made it possible to revitalize the production of native potatoes in this mountainous territory as a strategy to fight poverty. As a result, farmers became well-organized and received a higher share of the profits and participated in the cooperative management.

Outcomes: In 2014, 145 tons of potatoes were harvested, 54 tons were processed for Ethiquable chips to export and AGROPIA also began selling its potato chips in Peru. Two years later, AGROPIA was able to build its own factory due to increased demand and obtained financial support from public and private partners. Now the 150 smallholder family-farm members of AGROPIA earn higher incomes, thanks to the high prices offered by the fair-trade export markets and high-value national niche markets[15].

By building capacity for efficient organizational management and cooperation among the farmers and other value chain participants, AGROPIA generated higher-quality products at a larger scale. The fair-trade approach combined with public-private partnership promoting business development created new economic opportunities for smallholder farmers, fostered the growth of local organizations and the active participation of members. This experience may provide guidance for the development of other Andean crops.

As shown in this case, potato biodiversity is a key asset in the development of a niche market while restoring the pride of local communities. AGROPIA receives national and international visibility and value due to their local knowledge, good crop management and market skills. CEDINCO is scaling this approach with organic native potato producer families in the provinces of Concepción, Jauja and Huancayo (Junín region of Peru), coordinating with processing companies and public social programs.

MANQ'A gastronomy schools promote culinary innovation and youth well-being

Approach: While many young people migrate from impoverished rural Andean territories to seek opportunity in cities, they face significant challenges, as they lack access to economic resources and may have low education levels. Yet these youth have a strong link to small producers in their home communities, as well as knowledge and experience with rural agri-food systems and Andean crop diversity such as Andean tubers, quinoa, tarwi (*Lupinus mutabilis*) and other appealing future foods.

The Food Heritage approach promoted by MIGA in Bolivia encourages the growth and participation of food system actors, inspired by the experience of APEGA (Peruvian Association of Gastronomy) in Peru. This Food Heritage approach was advanced by GUSTU restaurant through the implementation of Manq'a schools as a development initiative. Based in La Paz, Bolivia, the MANQ'A (or "food" in the Aymara language) project, provides life opportunities for young Bolivian migrants through the re-valuation and consumption of local products[16]. This project of culinary schools supports transformative culinary education while connecting with Andean small-scale farmers and entrepreneurs in the agri-food industry.

Culinary innovation using native Andean crops changed urban consumers' perceptions of their value. Led by research organizations and restaurants such as Gustu in La Paz, Bolivia, Urko in Quito, Ecuador and Central with Mater Iniciativa in Peru, there is a growing realization that "cuisine is the point of intersection of biodiversity and society" (Gonzalo Urbina of Mater Iniciativa, personal communication). Initiatives and events such as the Tambo[4], a multi-day celebration of traditional and new cuisine in Bolivia, contribute to the progressive improvement of gastronomy and food heritage.

The MANQ'A initiative advanced culinary innovation by providing youth with formal education and health education while revitalizing Bolivia's cuisine. It focuses on the employment of young people through gastronomic ventures based on educational training. The same schools are a source of work through



La *chaquitaqlla* o arado de pie es una de las principales herramientas agrícolas empleadas en los Andes desde hace siglos.

•••

The *chaquitaqlla* or foot plow is one of the main agricultural tools used in the Andes for centuries.



Doña Agripina coloca papas en montones antes de una noche de invierno en las alturas. El proceso de chuñificación es esencial para la seguridad alimentaria de familias sobre los 3,800 msnm.

•••

Doña Agripina places potatoes in piles before a winter night in the heights. This process is essential for the food security of families above 3,800 meters above sea level.

the catering services as they supply public and private clients. Each MANQ'A school includes a cafeteria where students cook and serve Bolivian dishes, including variations of native ingredients such as llama jerky, quinoa, kañawa (*Chenopodium pallidicaule*) and native potatoes sourced directly from Andean rural producers. In addition to providing culinary instruction and education, MANQ'A teaches important values of life and social interaction for youth development[17].

Outcomes: This successful gastronomy school model has been scaled up in Bolivia and expanded to Colombia. With support from organizations such as Inter-Church Coordination Committee for Development Aid (IICO) and the Catholic Organization for Relief and Development Aid Cooperation (CORDAID), the program now operates in 15 schools in Bolivia and two in Colombia, training more than 4,300 young people as gastronomy technicians over the past five years. It has collaborated with 200 producer families and has generated more than 2,000 jobs, along with linkages to 80 restaurants and food businesses.

MANQ'A is part of Youth Business International, a global network of organizations that support youth who start their own businesses. In 2019, MANQ'A opened its first social restaurant in La Paz, where young graduates have access to work and development opportunities. It provides a unique gastronomic alternative; food with identity that values local ingredients for healthy and sustainable consumption and the tastes and knowledge of Bolivia.

The MANQ'A model in Colombia has contributed to the reconstruction of the social fabric by being a meeting place for the community and ex-combatants and victims of the armed conflict. Young people can build new safe relationships and trust around their common interest in gastronomy as an alternative livelihood for a better future[18].

By generating a commercial relationship with the MANQ'A gastronomy schools, Andean smallholders can give visibility to native Andean crops and link to broader and more stable markets. Young migrant students can revalue their heritage and identity by generating new income opportunities within the gastronomical sector and provide innovative alternatives for consumers seeking healthy food based on local products.

Towards more inclusive food systems

The series of experiences presented in this chapter show diverse pathways to promote social inclusion in the Andean context. Additional examples include payment for Ecosystem Services (PES) that create linkages between social inclusion and conservation of crop genetic resources. Private-sector companies share the benefits of using native potato biodiversity and pay custodian farmers for their conservation efforts, such as those in the cooperative AGUAPAN in Peru (19). This model could be expanded to other crops such as quinoa and amaranth. As products become increasingly data-based and digitalized, smallholder producers can benefit from e-commerce and direct delivery schemes to consumers and processors. And public procurement of nutritious, biodiverse food can also be a new source of income for farmers as these Andean markets are large and growing. The innovations developed in these experiences help Andean rural families build new livelihood strategies through sustainable production systems, better marketing, higher income and enhanced social interactions. The agrobiodiversity of Andean crops, local knowledge and associative arrangements are all assets that now bring social and financial return.

As people begin to understand and revalue their assets, they recognize and create new ways to strengthen their social capital and foster inclusion. A remaining challenge is to scale the successful experiences to more and more families and rural communities so that Andean family farms flourish and agrobiodiversity is conserved.

To support this process, a range of policies and institutions are required at local, national and regional levels that promote institutional innovations. This will include capacity-building and collective action among farmers and their organizations, to create linkages to consumers and urban areas. Increasing young people's access to financial services can enable production and gastronomic initiatives that value and promote local food production.

Social inclusion must be placed at the center of the Andean future food system. By doing so, we will truly realize the promise of agricultural and human development through food system transformative action. •••



GRANOS

Grains

Kañiwa

Chenopodium pallidicaule

• Mario Tapia (Perú), consultor independiente

La kañiwa o kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), es un grano andino que constituye un valioso recurso en la alimentación por su alto valor en proteínas de alta calidad, comparables a las de la quinua, con la ventaja que su semilla no tiene el sabor amargo que le brinda la saponina, presente en muchas variedades de quinua[1]. Sin embargo, es una de las especies alimenticias de origen andino menos estudiadas y en muchas oportunidades se le ha confundido con la quinua[2,3,4]. De manera contraria a la quinua, la kañiwa no es muy conocida más allá del Altiplano peruano-boliviano donde se le cultiva y consume.

Distribución geográfica

El área de cultivo se concentra en Altiplano de Perú y Bolivia desde los 3,800 hasta los 4,300 msnm. Se estima que la extensión de total del cultivo abarca alrededor de 6,000 hectáreas. La kañiwa mayormente se cultiva en terrenos en superficies muy pequeñas de 200 a 3,000 metros cuadrados. En el Perú su cultivo está básicamente restringido a la región Puno, mientras que en Bolivia se reporta en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Oruro. La kañiwa fue introducida experimentalmente a otros países, pero no existen áreas comerciales fuera de la región andina[12].



Adaptación climática y resiliencia

La kañiwa crece en condiciones ecológicas adversas y tiene una gran capacidad de adaptación a las condiciones agroecológicas difíciles del Altiplano y zonas altas. Por la protección que tiene la inflorescencia soporta bajas temperaturas hasta -2° C., considerándose como el cultivo andino con mayor tolerancia a las heladas. Tiene un alto nivel de tolerancia a condiciones áridas y suelos salinos[17].

Ninguna plaga o enfermedad parece poder afectar su desarrollo y crecimiento de forma significativa. Debido a su robustez, se considera que la kañiwa será un aliado para la adaptación de la agricultura andina al cambio climático. Sin embargo, es importante resaltar el posible impacto negativo que la kañiwa podría tener por efecto de la expansión de la frontera agrícola hacia tierras vírgenes o su intensificación frente a una demanda creciente.



Origen

El centro de domesticación y mayor diversidad cultivada se ubica en el Altiplano norte boliviano y sur peruano[5,6]. Coincide con el hábitat del pariente silvestre de la kañiwa, conocido comúnmente como *illama* o *illamancus*[7]. En el año 1908, Chervin[8] fue uno de los primeros científicos en indicar que la kañihua era una especie diferente de la quinua[8], pero no fue hasta 1929 en que el botánico suizo Paul Aellen, creó la denominación de *C. pallidicaule* para nombrar este cultivo, probablemente con base a un espécimen colectado de tallo de color amarillo.

A la fecha existen pocos estudios arqueobotánicos o filogenéticos relacionados al origen de la kañiwa, de manera que no se puede saber con precisión desde qué tiempo se la cultiva. Probablemente es posterior a la domesticación de la quinua. Se ha sugerido que la forma silvestre de kañiwa podría haber sido una maleza en los campos de quinua[9,10]. Los primeros agricultores probablemente reconocieron su tolerancia a la sequía y las temperaturas bajo cero y comenzaron a manejarla[11]. A la madurez, las plantas de la kañihua pierden gran parte del grano por la caída natural (dehiscencia). Este hecho también sugiere que su proceso de domesticación aún no ha culminado.

Potencial económico

Los rendimientos de la kañiwa son bajos, con 700 a 1,000 kg por hectárea en la mayoría de las parcelas[21,22]. Sin embargo, en campos tecnificados se ha elevado la producción hasta 3,000 kg/ha[23]. Después de la cosecha del grano, la broza de la kañiwa deja un forraje valioso para la alimentación animal, con valores de 8 a 10 % de proteína y una digestibilidad variable según la fecha de corte en verde[5]. El potencial de la kañiwa radica en sus propiedades nutricionales para con ello aportar a una dieta saludable para la población rural y urbana, y combatir la desnutrición infantil. La harina de kañiwa ofrece una buena alternativa para personas con intolerancia al gluten. Asimismo, la agroindustria está promoviendo su uso a través de procesos como la atomización, utilizada en la elaboración de un reemplazo del café soluble, y a través de la extracción de aislados proteicos[24].

Diversidad varietal

La variación de colores en la planta sigue un patrón muy semejante al de la quinua. Se han podido diferenciar cuatro factores principales de variación en la kañiwa. Primero, el tipo de crecimiento y formación de ramas de la planta que puede ser de porte erguido (saigua) o muy ramificado desde la base (lasta). Segundo, la coloración del tallo y follaje: amarillo, verde, anaranjado, rosado, rojo o púrpura. Tercero, el color de las vesículas: blanco o rosado. Cuarto, el color de las semillas: negro, castaño, castaño claro.

En base a investigaciones realizadas en Puno por la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Cusco[13], se ha reconocido cuatro grupos principales. Saighua kañiwa de crecimiento erecto y grano castaño. Saigua ccoito de crecimiento erecto y grano negro. Lasta kañiwa de crecimiento ramificado y grano castaño. Lasta ccoito de crecimiento ramificado, grano negro[13]. Estudios morfológicos y genéticos han comprobado que existe una gran diversidad genética[14]. Se diferencian variedades precoces entre 120-140 días, medianamente precoces de 140 a 180 días, y tardías, de más de 180 días. Las variedades que más se han difundido en Puno son cupi y ramis. Cupis tiene plantas de color amarillo y es común en la provincia de Melgar, mientras que ramis tiene plantas de color rojo y es común en la provincia de Huancané[15]. La última variedad seleccionada en la Estación Experimental de Illpa, Puno, es la INIA 406 Illpa[15]. Las variedades Illimani y Kullaca constituyen las primeras variedades oficialmente registradas en Bolivia[16].

Nutrición

El grano de la kañiwa tiene un alto valor nutritivo: es rico en proteínas de calidad, hierro, calcio y fibra dietética. No contiene saponina como la quinua o gluten como el trigo. La composición de aminoácidos esenciales de la kañiwa es sobresaliente. Es rico en lisina, el primer aminoácido limitante de los cereales comunes, conteniendo hasta 5.7 g por 100 g de proteína[18]. El aceite de kañiwa es rico en ácidos grasos insaturados, siendo el principal el ácido graso ácido linoleico (42,6%)[18].

Atributos nutricionales (por 100 g peso seco)[18,19,20]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Calcio (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)
12.7-16.7	12.0-18.8	87.0-141	0.7-0.8	0.3-0.6	1.3-1.5



Gastronomía

Comúnmente el grano se consume como harina tostada denominada kañihuaco, convirtiéndose en insumo para la elaboración de barras enérgicas, refrescos, panes, galletas y como insumo en los fideos[1]. Pero la kañiwa también se presta para muchas otras preparaciones en la cocina desde pastelería, repostería hasta ensaladas.



Kaniwa

Chenopodium pallidicaule

• Mario Tapia (Peru), independent consultant

***Kañiwa* or *kaniwa* (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) is an Andean grain that constitutes a valuable food resource due to its high quality proteins, comparable to those of quinoa, but with the advantage that its seed does not have the bitter taste from saponin, present in many varieties of quinoa[1]. However, it is one of the least studied food species of Andean origin and on many occasions it has been confused with quinoa[2,3,4]. Unlike quinoa, kaniwa is not very well known beyond the Bolivian-Peruvian Altiplano where it is grown and consumed.**

Geographic distribution

The cultivation area is concentrated in the altiplano of Peru and Bolivia from 3,800 to 4,300 meters above sea level. It is estimated that the total area of cultivation covers about 6,000 hectares. Kaniwa is mostly grown on very small plots of 200 to 3,000 square meters. In Peru, its cultivation is basically restricted to the Puno region, while in Bolivia it is reported in the departments of La Paz, Cochabamba, and Oruro. Kaniwa was introduced experimentally to other countries, but there are no commercial areas outside the Andean region[12].





Origin

The center of domestication and greatest cultivated diversity is located in the northern Bolivian and southern Peruvian Altiplano[5,6]. It coincides with the habitat of the wild relative of kaniwa, commonly known as illama or illamancus[7]. In 1908, Chervin[8] was one of the first scientists to indicate that kaniwa was a different species from quinoa[8], but it was not until 1929 that the Swiss botanist Paul Aellen created the denomination of *C. pallidicaule* to name this crop, probably based on a specimen collected with a yellow stem.

To date, there are few archaeobotanical or phylogenetic studies related to the origin of kaniwa, so that it is unknown how long it has been cultivated. Most likely it was domesticated after quinoa, and has been suggested that the wild species of kaniwa could have originated as a weed in quinoa fields[9,10]. Early farmers probably recognized its tolerance to drought and cold temperatures and began to cultivate it[11]. When mature, kaniwa plants lose a large part of the grain due to dehiscence (splitting of the plant at maturity to release contents), and indicates further work must be done to achieve optimal grain production.



Varietal diversity

The variation of colors in the plant follows a pattern very similar to that of quinoa. It has been possible to differentiate four main factors of variation in kaniwa. First, the type of growth and formation of branches of the plant that are either upright (*saigua*) or highly branched from the base (*lasta*). Second, the coloration of the stem and foliage: yellow, green, orange, pink, red or purple. Third, the color of the vesicles: white or pink. Fourth, the color of the seeds: black, brown, or light brown.

Based on research carried out in Puno by the National University of Santiago Antúnez de Mayolo of Cusco[13], four main groups have been recognized: Saighua kañiwa with erect growth and brown grains; Saighua ccoito with erect growth and black grains; Lasta kañiwa with branched growth and chestnut grain, and; Lasta ccoito of branched growth and black grain[13] Morphological and genetic studies have confirmed that there is great genetic diversity[14]. Precocious varieties are differentiated between 120-140 days, moderately precocious from 140 to 180 days, and late ones after more than 180 days. The varieties that are most widespread in Puno are cupi and ramis. Cupis has yellow plants and is common in the province of Melgar, while ramis has red plants and is common in the province of Huancané[15]. The last variety selected at the Experimental Station of Illpa, Puno, is INIA 406 Illpa[15]. The Illimani and kullaca varieties are the first officially registered varieties in Bolivia[16].

Economic potential

Kaniwa yields are low at 700 to 1,000 kilograms per hectare in most plots[21,22]. However, in fields where cultivation is technologically enhanced, production has risen to 3,000 kilograms per hectare[23]. After the grain harvest, the kaniwa chaff leaves a valuable forage used to feed livestock, with protein values of 8 to 10% and a variable digestibility according to the green cut date[5].

The potential of kaniwa lies in its nutritional properties that contribute to a healthy diet for both rural and urban populations, and that can combat child malnutrition. Kaniwa flour offers a good alternative for people with gluten intolerance. Likewise, agribusiness is promoting its use through processes such as extrusion, used in the preparation of a replacement for soluble coffee, and through the extraction of protein isolates[24].



Climate adaptation and resilience

Kaniwa grows in adverse ecological conditions and has a great capacity to adapt to the difficult agro-ecological conditions of the Altiplano and highlands. Due to the protection that the inflorescence has, it supports growth at low temperatures down to -2°C, and is considered to be the Andean crop with the greatest tolerance to frost. It has a high level of tolerance to arid conditions and saline soils[17]. No pest or disease seems to be able to significantly affect its development and growth.

Due to its robustness, kaniwa is considered to be a lead crop for the adaptation of Andean agriculture to climate change. However, it is important to highlight the possible negative impact that kaniwa could have if its cultivation expands to the agricultural frontier into previously uncultivated lands or growing demand leads to unsustainable intensification.



Gastronomy

Commonly, the grain is consumed as toasted flour called kañihuaco, becoming an ingredient to produce energy bars, beverages, breads, cookies, and as an ingredient of noodles[1]. But kaniwa also lends itself to many other recipes from baking and desserts to salads.

Nutrition

The grain of the kaniwa has a high nutritional value: it is rich in quality proteins, iron, calcium, and dietary fiber. It does not contain saponin like quinoa or gluten like wheat. The essential amino acid composition of kaniwa is outstanding. It is rich in lysine, the first limiting amino acid in common cereals, containing up to 5.7 g per 100 g of protein[18]. Kaniwa oil is rich in unsaturated fatty acids, the main one being the fatty acid linoleic acid (42.6%)[18].

Nutritional attributes (per 100g dry weight)[18,19,20]

Protein (g)	Iron (mg)	Calcium (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)
12.7-16.7	12.0-18.8	87.0-141	0.7-0.8	0.3-0.6	1.3-1.5

Maíz morado

Zea mays

• Ricardo Sevilla (Perú), Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) • Lena Gálvez (Perú), Universidad Católica de Santa María (UCSM)

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un insumo emblemático que ha recibido atención como alimento saludable debido a sus altos contenidos de fenólicos antioxidantes, principalmente antocianinas, compuestos que le proporcionan el característico color morado en el grano y el marlo o coronta, y que se han asociado a una serie de efectos benéficos para la salud[1]. Estas propiedades han permitido que sea considerado dentro del grupo de alimentos catalogados con la marca Superfoods Perú desde el 2017 por el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú[2].

Distribución geográfica

Históricamente, la expansión de uso del maíz morado se remonta al periodo preincaico y en los Andes coevolucionó con la inversión en infraestructura natural: canales de irrigación y terrazas. Actualmente en el Perú, las zonas de mayor producción están en Arequipa, Áncash, Huánuco, Cajamarca y Ayacucho. En varios países andinos de Sudamérica se siembran los derivados de la raza kculli, adquiriendo diferentes denominaciones: en Argentina el culli[7], en Bolivia el kulli[8], en Chile el negrito chileno[9] y el racimo de uva en Ecuador[10].





Origen

Según Paul Mangelsdorf[3], la raza "*kculli*", de la cual deriva el maíz morado, constituye uno de los linajes más antiguos que originaron la diversidad del maíz actual[4]. Los investigadores peruanos Alexander Grobman y Duccio Bonavía[5] han documentado la presencia del maíz en la costa peruana hace 6,700 años. Los mismos investigadores encontraron y describieron el maíz morado encontrado en Huarmey con una antigüedad de entre 3,000 a 4,000[6].



Resiliencia climática y adaptación

Se produce mejor en tierras con buena radiación en alturas de 1,500 a 2,500 msnm. En esas condiciones, la concentración de antocianinas es alta. Su cultivo es óptimo en zonas secas con baja humedad relativa y con riego. Con el alza de la temperatura por el calentamiento global, el maíz podría expandirse a mayores alturas.



Potencial económico

El potencial económico del maíz morado se ha evidenciado en un aumento del volumen de exportación desde la región andina. Solamente en Perú la producción nacional aumentó de 10,509 a 23,092 toneladas entre los años 2007 al 2017 debido al incremento de la demanda interna y externa[24], convirtiéndose así en una alternativa rentable para la agricultura familiar. Las presentaciones en las que se comercializa el maíz morado como materia prima son: mazorca entera, coronta entera, micropulverizado de coronta, extracto de coronta y granos de maíz[25,26].

Uno de los principales retos en el procesamiento del maíz morado es la baja estabilidad del pigmento natural y por ende menor capacidad de tinción, en comparación con los colorantes artificiales. Sin embargo, la tendencia mundial va a favor de los ingredientes naturales, funcionales y biodegradables. Existe un enorme potencial para consolidar el uso interno y la exportación de colorantes naturales, así como de alimentos funcionales, productos farmacéuticos y cosméticos derivados del maíz morado.



Diversidad varietal

En el Perú, el maíz morado se encuentra en varias razas, por ejemplo, en la raza Cuzco morado y morado de Canta[4]. También ha dado lugar a varias razas nuevas con la denominación común de maíz morado. Como el *kculli* es una raza muy antigua en los Andes, la riqueza alélica de los genes que gobiernan el color es notable y garantía de que el mejoramiento genético sea sostenible. El color negro del grano y la coronta es un indicador que el nivel de antocianinas es alto. Para que eso se produzca tienen que estar presentes aproximadamente diez genes responsables de la herencia de las enzimas que catalizan reacciones en forma complementaria que producen el color.

Nutrición

Nutricionalmente se han reportado en el grano de maíz morado contenidos de fósforo y vitaminas B1, B2, B3 y C comparables a los encontrados en la cebada y el trigo[11]. Su mayor valor radica en su alto contenido de antocianinas, que son compuestos fenólicos con diferentes propiedades funcionales relevantes para la salud humana, destacándose principalmente por su carácter antioxidante[14]. Estos compuestos se concentran más en el marlo o coronta. La composición en nutrientes y compuestos antioxidantes es variable dependiendo de factores genéticos, origen y condiciones agroclimáticas asociados a su cultivo[12,13].

Entre las seis antocianinas con mayor presencia en maíz morado se encuentran la cianidina-3-glucósido, pelargonidina-3-glucósido, peonidina-3-glucósido, cianidina-3-malonilglucósido, pelargonidina-3-malonilglucósido y peonidina-3-malonilglucósido1. Se han reportado también otros compuestos fenólicos como los ácidos fenólicos y derivados de quercetina, que en conjunto con las antocianinas explicarían las diversas propiedades nutracéuticas asociadas al maíz morado[15,16,17]. Uno de los primeros estudios sobre las propiedades de las antocianinas del maíz morado ha encontrado un efecto protector del pigmento contra el cáncer colorrectal en un modelo in vivo con ratas[18].

Estudios desarrollados en el Perú han mostrado una correlación significativa entre el contenido de antocianinas y la inhibición de enzimas clave en la digestión de carbohidratos y lípidos, evidenciando un potencial importante para la prevención de la hiperglicemia y obesidad[15]. Los extractos acuosos presentaron un efecto hipoglucémico in vitro aun después de un proceso de cocción, lo cual fue asociado parcialmente a las antocianinas[19]. Se ha reportado que la bebida fermentada derivada del maíz morado o chicha de guiñapo presenta un alto potencial hipoglucémico asociado posiblemente a las antocianinas y compuestos derivados de la biotransformación microbiana[20]. Asimismo, la fracción fenólica rica en antocianinas no afectó el crecimiento de bacterias benéficas probióticas indicando una posible aplicación en el diseño de alimentos probióticos[21].

Atributos funcionales (por 100 g peso seco)[22,23]

Antocianinas monoméricas (mg / 100g)	Fenólicos totales (mg / 100g)	Antocianinas monoméricas vs. fenólicos totales (%)	Antocianinas aciladas (%)
290-1333	950-3516	30.3-47.1	36.2-47.1

Gastronomía

En el Perú el maíz morado se usa hace siglos en varias formas[27]. La chicha morada (bebida no alcohólica) es muy popular en el Perú y también su variante fermentada o chicha de guiñapo en el sur del país. En la zona altiplánica de Perú y Bolivia se consume el *api* y en Ecuador la colada morada[27].

El color natural del maíz se diluye fácilmente en agua y así intensifica su sabor con frutas, resultando en bebidas sanas y saludables. El auge gastronómico en la región ha permitido la innovación en base al maíz morado, utilizando la harina y granos frescos en la preparación de tamales, así como en la producción de galletas, panetones, tortillas entre otros[28].



Purple corn

Zea mays

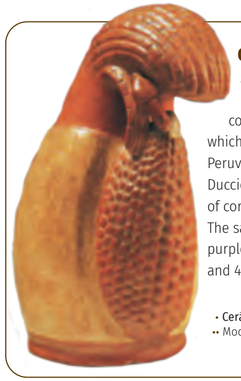
• Ricardo Sevilla (Peru), National Agricultural University La Molina (UNALM) • Lena Gálvez (Peru), Catholic University of Santa María (UCSM)

Purple corn (*Zea mays* L.) is an emblematic ingredient that has received attention as a healthy food due to its high content of phenolic antioxidants, mainly anthocyanins – compounds that give the grain and the cob its characteristic purple color – which have been associated with a number of beneficial health effects[1]. These properties have allowed it to be considered within the group of foods cataloged with the Superfoods Peru brand since 2017 by the Ministry of Foreign Trade and Tourism of Peru[2].

Geographic distribution

Historically, the expansion of the use of purple corn dates back to the pre-Inca period, and in the Andes it co-evolved with investment in natural infrastructure: irrigation canals and terraces. In Peru, the areas with the highest production are currently located in Arequipa, Áncash, Huánuco, Cajamarca, and Ayacucho. In several Andean countries of South America, the derivatives of the *kculli* strain are sown, acquiring different names: in Argentina the *culli*[7], in Bolivia the kulli[8], in Chile the *negrito chileno*[9] (Chilean black), and the *racimo de uva* (grape cluster) in Ecuador[10].





Origin

According to Paul Mangelsdorf[3], the kculli strain, from which purple corn derives, constitutes one of the oldest lineages from which the diversity of current corn originated[4]. Peruvian researchers Alexander Grobman and Duccio Bonavía[5] have documented the presence of corn on the Peruvian coast 6,700 years ago. The same researchers found and described purple corn found in Huarmey between 3,000 and 4,000 years old[6].

• Cerámica Mochica. Museo Amano, Lima
•• Mochica ceramic. Amano Museum, Lima.

Climate resilience and adaptation

It is best produced in lands with good solar radiation at altitudes of 1,500 to 2,500 masl. Under these conditions, the anthocyanin concentration is high. Its cultivation is optimal in dry areas with low relative humidity and with irrigation. With the rise in temperature due to global warming, corn could expand to greater heights.

Varietal diversity

In Peru, purple corn is found in several strains, for example, in the strain Cuzco morado and morado de Canta[4]. It has also given rise to several new strains with the common name of purple corn. As the kculli is a very ancient strain in the Andes, the allelic richness of the genes that govern color is remarkable and a guarantee that genetic improvement is sustainable. The black color of the grain and cob is an indicator that the anthocyanin level is high. For this to occur, approximately ten genes responsible for the inheritance of enzymes that catalyze reactions in a complementary way that produce color must be present.



Nutrition

In terms of nutrition, phosphorus and vitamins B1, B2, B3 and C content have been reported in purple corn kernels comparable to those found in barley and wheat[11]. Its greatest value lies in its high content of anthocyanins, which are phenolic compounds with different functional properties relevant to human health, standing out mainly for their antioxidant character[14]. These compounds are more concentrated in the cob. The composition of nutrients and antioxidant compounds is variable depending on genetic factors, origin, and agroclimatic conditions associated with its cultivation[12,13].

Among the six anthocyanins with the greatest presence in purple corn are cyanidin-3-glucoside, pelargonidin-3-glucoside, peonidin-3-glucoside, cyanidin-3-malonylglucoside, pelargonidine-3-malonylglucoside, and peonidin-3-malonylglucoside1. Other phenolic compounds have also been reported, such as phenolic acids and quercetin derivatives, which together with anthocyanins would explain the various nutraceutical properties associated with purple corn[15,16,17]. One of the first studies on the properties of anthocyanins in purple corn has found a protective effect of the pigment against colorectal cancer in an in vivo model with rats[18].

Studies carried out in Peru have shown a significant correlation between the anthocyanin content and the inhibition of key enzymes in the digestion of carbohydrates and lipids, showing an important potential for the prevention of hyperglycemia and obesity[15]. The aqueous extracts showed a hypoglycemic effect in vitro even after a cooking process, which was partially associated with anthocyanins[19]. The fermented drink derived from purple corn or chicha de guiñapo has been reported to have a high hypoglycemic potential possibly associated with anthocyanins and compounds derived from microbial biotransformation[20]. Likewise, the phenolic fraction rich in anthocyanins did not affect the growth of beneficial probiotic bacteria, indicating a possible application in the design of probiotic foods[21].

Functional attributes (per 100 g dry weight)[22,23]

Monomeric anthocyanins (mg / 100g)	Total phenolics (mg / 100g)	Monomeric anthocyanins vs. total phenolics (%)	Acylated anthocyanins (%)
290-1333	950-3516	30.3-47.1	36.2-47.1

Economic potential

The economic potential of purple corn has been evidenced in an increase in export volume from the Andean region. In Peru alone, national production increased from 10,509 to 23,092 metric tons between 2007 and 2017 due to the increase in internal and external demand[24], thus becoming a profitable alternative for family farming. The presentations in which purple corn is marketed as raw material are: whole cob, micro-powdered cob, cob extract, and corn kernels[25,26].

One of the main challenges in the processing of purple corn is the low stability of the natural pigment and therefore lower staining capacity, compared to artificial colorants. However, the global trend is in favor of natural, functional, and biodegradable ingredients. There is enormous potential to consolidate the domestic use and export of natural colorants, as well as functional foods, pharmaceuticals, and cosmetics derived from purple corn.



Gastronomy

In Peru, purple corn has been used for centuries in various ways[27]. Chicha morada (a non-alcoholic drink) is very common in Peru as is its fermented variant or chicha de guiñapo in the south of the country. In the highlands of Peru and Bolivia, api is consumed and in Ecuador, colada morada[27]. The natural color of corn is easily diluted in water and thus intensifies its fruit flavor, resulting in healthy beverages. The gastronomic boom in the region has allowed for innovation based on purple corn, using flour and fresh grains in the preparation of tamales, as well as in the production of cookies, panettones, and tortillas, among other items[28].



Kiwicha

Amaranthus caudatus

• Elisabeth Céspedes (Perú) • Aquilino Álvarez (Perú), Centro de Investigacion de Cultivos Andinos (CICA), Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

En los valles interandinos que habitaron las culturas prehispánicas, culminando con la civilización inca, se cultivaba la colorida amarantácea kiwicha o *quihuicha* en quechua. Su nombre botánico es *Amaranthus caudatus* L., pero a través de los Andes es conocida como *kiwillo*, *koyos*, *achis*, *achita*, *koyme*, *millmi*, *chaquilla*, *sangorache*, *inka hat'aqo* y amaranto[1,2]. Junto a la papa, maíz y quinua, la kiwicha se cultivó y veneró por sus finas semillas o granos de alta riqueza nutricional[3].

Distribución geográfica

Las especies de amarantáceas las que actualmente se utilizan para la producción de granos son: *A. caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*. Solamente la kiwicha o *A. caudatus* tiene una amplia distribución en la región andina. El cultivo se extiende desde Argentina hasta Ecuador con la mayor área de producción concentrada en el sur de Perú, específicamente en la región Cusco.





Origen

La familia de las amarantáceas está constituida por 70 géneros y más de 850 especies. En su género *Amaranthus*, que consta de más de 60 especies[4], la kiwicha es la más importante en función de su aporte alimentario y amplia adaptación a los ambientes de los Andes. *A. caudatus* encuentra su origen en los Andes[5] y fue domesticado hace más de 4,000 años. *A. cruentus* y *A. caudatus* son especies nativas de México y Guatemala[6].



Resiliencia climática y adaptación

Debido a su naturaleza reproductiva de polinización cruzada y fecundación por alogamia, la cual genera extraordinaria variabilidad genética en las poblaciones de ecotipos, la kiwicha es un cultivo excepcionalmente adaptativo y resiliente[8]. Es capaz de tolerar perturbaciones de índole climática y condiciones inhóspitas como suelos salinos y sequias[9]. Su diversidad genética ofrece grandes opciones de mejoramiento continuo.



Diversidad varietal

En los valles interandinos se han registrado más de 1,000 variedades o ecotipos de kiwicha con amplia diversidad morfológica. Esta se manifiesta en sus tallos, hojas, inflorescencias y semillas que lucen de colores blanco, crema, rosado, rojo, anaranjado, marrón y negro. El amaranto tiene una amplia variabilidad genética, con diversidad en el tipo de planta (erecta a postrada), número de inflorescencias (de una a varias), color de la semilla, precocidad, contenido de proteínas, altura de la planta y rendimiento de semilla[7].

Se conservan miles de accesiones en los bancos de germoplasma de universidades y programas nacionales como el INIA (Perú), INIAF (Bolivia), INIAP (Ecuador). Una de las colecciones más antiguos y exhaustivas se encuentre en Centro de Investigación de Cultivos Andinos (CICA) perteneciente a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC). Estos programas han desarrollado una serie nuevas variedades, siendo las más difundidas Oscar Blanco, Centenario, Noel Vietmeyer, CICA 2006, San Luis y Ayacuchana.

Gastronomía

Tanto en las cocinas tradicionales que perduran en los valles interandinos como en sus adaptaciones al paladar moderno, la kiwicha es preparada y saboreada en versátiles formas: hervida, tostada, y en harina, que se incorporan a sopas, guisos y papillas para el desayuno, como las mazamorras. El grano es transformado a kiwicha "pop" en cereales y elaborado en galletas, panes, y bebidas energizantes. También se consumen las hojas como verduras cocidas o en ensaladas, tal como se suele hacer con otras amarantáceas[26,27].

Nutrición

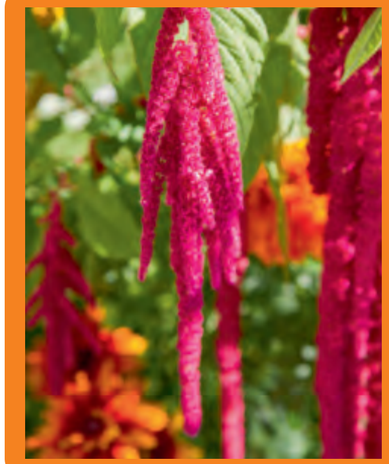
La kiwicha es una rica fuente de proteínas, β-caroteno, vitaminas (B1, B2), minerales (magnesio, zinc, hierro, calcio) y fibra dietética10. El almidón de amaranto es altamente soluble y digerible en comparación con las del trigo, el arroz y la avena. Las semillas no contienen gluten y contienen 13-19% de proteína[11]. Tiene una excelente calidad de aminoácidos con un alto contenido de lisina y triptófano[12].

La kiwicha, como otras amarantáceas, también es una fuente potencial de compuestos biológicamente activos con propiedades antidiabéticas, antihiperlipidémicas y antihipercolesterolémicas[13,14,15,16,17]. Ofrece es una excelente alternativa para personas intolerantes al gluten.

Atributos nutricionales (por 100 g de granos crudos)[10,18,19,20,21,22,23]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Lisina (g)†	Triptófano (g)†	Leucina (g)†
13.6 – 19.0	7.3 – 9.6	2.7 - 8.9	4.8 - 6.7	1.1 – 1.8	5.7 - 6.8

† = g / 100 g proteína



Potencial económico

La kiwicha es uno de los cultivos andinos con mayor potencial de crecimiento y adopción en los mercados a nivel nacional e internacional. Ofrece muchas opciones para generar valor agregado a productos nutritivos y saludables. Su uso en cereales de desayuno, panadería y barras energéticas ofrece opciones de innovación. Se ha demostrado que la calidad de su aceite es extraordinaria y contiene altos niveles de tocoferoles y esteroles[24,25].

Para incrementar su productividad e incentivar el consumo de sus nutritivos y diminutos granos, se requiere mayor conocimiento integral de la industria, fortalecimiento de agricultores y asociaciones que producen y conservan su amplia diversidad, e inversión de los sectores público y privado para apoyar el uso de buenas prácticas agrícolas, diferenciación de mercados, procesos de tecnificación y planificación.



Amaranth

Amaranthus caudatus

• Elisabeth Céspedes (Peru) • Aquilino Álvarez (Peru), Andean Crops Research Center (CICA), National University of San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC)

In the inter-Andean valleys that pre-Hispanic cultures inhabited, culminating in the Inca civilization, the colorful amaranth, kiwicha or quihuicha in Quechua, was cultivated. Its botanical name is *Amaranthus caudatus* L., but throughout the Andes it is known as *kiwillo*, *koyos*, *achis*, *achita*, *koyme*, *millmi*, *chaquilla*, *sangorache*, *inka hat'aqo*, and amaranth[1,2]. Along with potatoes, corn, and quinoa, kiwicha was cultivated and venerated for its fine seeds or grains of high nutritional richness[3].

Geographic distribution

The amaranth species currently used for grain production are: *A. caudatus*, *A. cruentus*, and *A. hypochondriacus*. Only kiwicha or *A. caudatus* has a wide distribution in the Andean region. The cultivation extends from Argentina to Ecuador with the largest production area concentrated in southern Peru, specifically in the Cusco region (town of San Salvador, Vilcanota River valley).







Origin

The amaranth family is made up of 70 genera and more than 850 species. In its genus *Amaranthus*, which consists of more than 60 species[4], kiwicha is the most important in terms of its dietary contribution and wide adaptation to the environments of the Andes. *A. caudatus* originated in the Andes[5] and was domesticated more than 4,000 years ago. *A. cruentus* and *A. caudatus* are native species of Mexico and Guatemala[6].

Varietal diversity

In the inter-Andean valleys, more than 1,000 varieties or ecotypes of kiwicha with wide morphological diversity have been registered. This is manifested in its stems, leaves, inflorescences, and seeds that can be white, cream, pink, red, orange, brown, or black. Amaranth has a wide genetic variability, with diversity in plant type (erect to prostrate), number of inflorescences (from one to several), seed color, earliness, protein content, plant height, and seed yield[7].

Thousands of accessions are conserved in the gene banks of universities and national programs such as INIA (Peru), INIAF (Bolivia), and INIAP (Ecuador). One of the oldest and most exhaustive collections is in the Andean Crops Research Center (CICA, for its acronym in Spanish) belonging to the San Antonio Abad National University of Cusco (UNSAAC). These programs have developed a series of new varieties, the most widespread being Oscar Blanco, Centenario, Noel Vietmeyer, CICA 2006, San Luis, and Ayacuchana.

Economic potential

Kiwicha is one of the Andean crops with the greatest potential for growth and adoption in national and international markets. It offers many options to generate added value to nutritious and healthy products. Its use in breakfast cereals, baked goods, and energy bars offers innovative options. The quality of its oil has been shown to be extraordinary and contains high levels of tocopherols and sterols[24,25].

To increase its productivity and encourage the consumption of its nutritious and minute grains, more comprehensive knowledge of the industry is required, as well as strengthening farmers and associations that produce and conserve its wide diversity, and investment from the public and private sectors to support the use of good agricultural practices, market differentiation, and modernization and planning processes.



Climate resilience and adaptation

Due to its reproductive nature of cross-pollination and fertilization by allogamy, which generates extraordinary genetic variability in ecotype populations, kiwicha is an exceptionally adaptive and resilient crop[8]. It is able to tolerate disturbances of a climatic nature and inhospitable conditions such as saline soils and droughts[9]. Its genetic diversity offers great options for continuous improvement.

Nutrition

Kiwicha is a rich source of protein, β-carotene, vitamins (B1 and B2), minerals (magnesium, zinc, iron, and calcium) and dietary fiber[10]. Amaranth starch is highly soluble and digestible compared to wheat, rice, and oats. The seeds are gluten-free and contain 13-19% protein[11]. It has excellent quality amino acids with a high content of lysine and tryptophan[12].

Kiwicha, like other amaranths, is also a potential source of biologically active compounds with antidiabetic, antihyperlipidemic and antihypercholesterolemic properties[13,14,15,16,17]. It offers an excellent alternative for people intolerant to gluten.

Nutritional attributes (per 100 g of raw grain)[10,18,19,20,21,22,23]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Lysine (g)†	Tryptophan (g)†	Leucine (g)†
13.6-19.0	7.3-9.6	2.7-8.9	4.8-6.7	1.1-1.8	5.7-6.8

† = g / 100 g protein

Gastronomy

Both in the traditional cuisines that persist in the inter-Andean valleys and in its adaptations to the modern palate, kiwicha is prepared and savored in versatile ways: boiled, toasted, and as a flour, which are incorporated into soups, stews, and porridges for breakfast, such as mazamorras. The grain is transformed into kiwicha "pop" in cereals and made into cookies, breads, and energy drinks. The leaves are also consumed as cooked vegetables or in salads, as is usually done with other amaranths[26,27].



Quinua

Chenopodium quinoa

• Alejandra Arce (Perú) • Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP), CGIAR

Quizás no haya cultivo más emblemático en los Andes que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Conocida como *ayara* en quechua y *jiura* en aimara, dos prominentes lenguas y culturas andinas, esta planta de la familia Amaranthaceae es la más cultivada de los quenopodios domesticados. Venerada como "grano madre" en la cultura y vida religiosa de los incas, la quinua se convirtió en un cultivo prohibido por los españoles tras la conquista del llamado Nuevo Mundo. Con la introducción de la cebada y el trigo, y la preferencia de los colonos europeos por cultivos nativos como el maíz, la quinua devino un relegado alimento indígena. Con el paso de tiempo su cultivo se redujo drásticamente hasta su reciente reaparición.

Origen

De 250 especies en su género a escala global, la quinua es el más antiguo quenopodio domesticado. Los últimos estudios genéticos indican que surgió hace más de 7,000 años mediante la domesticación de su ancestro Chenopodium hircinum[1,2]. Se distinguen dos centros de diversificación y cultivo histórico: el Altiplano de Bolivia y Perú, y las llanuras del centro y sur de Chile[1–3].

Diversidad varietal

Con más de 6,000 variedades o ecotipos a nivel mundial, la quinua exhibe amplia diversidad morfológica, sobre todo en los colores de sus hojas y semillas: blancas, rojas, amarillas, anaranjadas, rosadas, moradas, marrones y negras[9]. Se han identificado al menos 24 razas y 70 cultivares interraciales en Perú y Bolivia, con miles de accesiones (que podrían devenir en denominaciones de origen) actualmente conservadas en bancos de germoplasma[10–14].

Distribución geográfica



Registros arqueológicos de semillas revelan sus áreas de distribución temprana post domesticación: el noroeste de Argentina (Cuyo); el Altiplano norte, centro y sur (Bolivia, Perú); el norte de Chile, la cordillera Central y el valle y zonas costeras del centro de Chile; el noroeste de Perú y los Andes centrales (valle del Mantaro)[4–7].

La quinua habita variedad de ambientes: (1) valles interandinos; (2) Altiplano; (3) márgenes de desiertos y lagos salados o salares a gran altitud; (4) áreas costeras; y (5) yungas tropicales.

Se distribuye actual y naturalmente desde Colombia hasta el sur de Chile. Sus principales centros de diversidad biológica y mayores áreas de producción son el Altiplano y los valles interandinos de Perú, Bolivia, y en menor medida, Argentina y Ecuador[8]. Su cultivo se practica hoy en más de 95 países de América del Norte, Europa, Asia y África.

Resiliencia climática y adaptación

Su resistencia a las condiciones adversas de los Andes –sequías, heladas, suelos salinos, granizo, nieve, viento, calor e inundaciones– hacen de la quinua un cultivo excepcional para el futuro de la agricultura y la alimentación. Además, utiliza el agua de manera eficiente, dejando una huella hídrica dos veces menor que el trigo y el maíz, y cinco veces menor que el arroz. Su diversidad genética contiene opciones para su adaptación y mejoramiento continuo.

Conforme el cultivo de la quinua alcanza nuevos ambientes, se investiga su capacidad de tolerar metales pesados, temperaturas altas y bajas, irradiación UV/FR, plagas y enfermedades emergentes[15].





Potencial económico

Se estima que 70,000 y 60,000 pequeños agricultores en Bolivia y Perú, respectivamente, producen el grueso de la quinua que se comercializa preprocesada o con valor agregado[3]. Hay mucho por hacer para conservar y promover su bioeconomía, beneficiando directamente a los pequeños agricultores. Los mercados diferenciados que destacan su diversidad varietal ofrecen potencial en esa dirección.

Durante los últimos 50 años, la quinua ha pasado de ser considerada un cultivo de subsistencia a un alimento de renombre mundial. El Año Internacional de la Quinua en 2013 contribuyó a esta difusión. Durante el llamado "boom" de la quinua entre 2013 y 2014, la producción mundial aumentó un 58.1%21,22. Solo en Perú, ese incremento fue de 120%[23].

Con el 98.6% de la producción mundial, Perú y Bolivia son sus principales exportadores y consumidores[21,24]. Bolivia lidera el consumo total anual con 40,000 toneladas, seguida por Perú (34,000) y Estados Unidos (29,000). Estos tres países representan el 71% del consumo mundial de quinua[22].

La extraordinaria versatilidad culinaria de la quinua ha inspirado variadas elaboraciones: cereales, harinas, fideos, bizcochos, galletas saladas, leches, cerveza y helados. Mercados especializados y nuevas cadenas de valor ofrecen semillas de quinua en presentaciones de un solo color (rojo, negro) y tricolor. En los países andinos es a través de bioferias, mercados gourmet y reconocidos chefs que se promueve y comunica los atributos nutricionales y culinarios de este magnífico cultivo andino a consumidores urbanos.

Nutrición

La quinua es un extraordinario alimento en contenido proteico, balance de aminoácidos y aporte en fibra, carbohidratos, aceites de alta calidad, vitaminas (B1, B2) y minerales (magnesio, zinc, hierro, calcio). Sus semillas son ricas lisina, uno de los aminoácidos esenciales.

Una particularidad de la quinua es su alto contenido en saponina, fitoquímico presente en el tegumento de la semilla de variedades amargas. Al ser sus defensas naturales, las saponinas poseen efectos biológicos positivos. Sin embargo, son desagradables al paladar e incluso tóxicas. Estas se eliminan lavando el grano antes de su consumo.

Atributos nutricionales (por 100 g peso seco)[16–20]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Magnesio (mg)	Vitamina B2 (mg)	Lisina (g)†
11.1 - 13.6	3.0 - 7.5	2.5 - 3.5	176.0 - 502.0	0.24 - 0.77	4.6 – 6.6

† = g / 100 g proteína

Gastronomía

El legado de la quinua perdura en la cocina de comunidades altoandinas y en las semillas que laboriosamente recolectan, hierven, tuestan e incorporan a sopas, guisos y papillas para el desayuno como los tradicionales *lawa*, *pesq'e*, *kispiño*, *tajti* y *phiri*[25]. También se consumen las hojas de quinua como verduras o en ensaladas. Chefs neoandinos ingenian preparaciones modernas y un creciente sector de cafés vegetarianos saludables integran quinua a sus panes sin gluten, pilafs, hamburguesas veganas y falafel.



Quinoa

Chenopodium quinoa

• Alejandra Arce (Peru) • Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP), CGIAR

Perhaps no other crop is more emblematic of the Andes than quinoa, or *Chenopodium quinoa* Willd. It is also known as *ayara* in Quechua and *jiura* in Aimara, the two prevalent languages and cultures of the Andes. This pseudo-grain belonging to the family Amaranthaceae is the most widely cultivated of the domesticated chenopods. Regarded by the Incas as a sacred "mother grain", quinoa held a high place in culture and religious life, resulting in suppression of its cultivation by the Spanish. Following the introduction of barley and wheat from the Old World and preference given to New World crops like maize by European settlers, quinoa became a relegated indigenous crop. Its cultivation declined dramatically until a recent resurgence.

Geographic distribution



Archaeological seed records indicate several areas of early distribution following domestication: northwest Argentina (Cuyo); the northern, central and southern Altiplano (Bolivia, Peru); northern Chile, the central cordillera and the valley and coastal areas of central Chile; and northwestern Peru and the central Andes (Mantaro valley)[4–7]. Quinoa is adapted to a range of environments: (1) inter-Andean valleys; (2) highlands or Altiplano; (3) edges of deserts and high-altitude salt lakes or salares; (4) coastal areas; and (5) tropical yungas. Modern-day quinoa's natural distribution spans from Colombia to southern Chile. Its primary center of diversity and most of its production lie in the Altiplano and inter-Andean valleys of Peru and Bolivia, followed by Argentina and Ecuador8. Today the crop is grown in more than 95 countries across North America, Europe, Asia and Africa.





Gastronomy

Quinoa's ancient legacy continues in the cuisine of indigenous communities through its painstakingly harvested seeds, which are boiled, toasted, roasted, and incorporated into traditional savory soups, stews, and breakfast porridges such as *lawa*, *pesq'e*, *kispiño*, *tajti* y *phiri*[25]. Quinoa leaves are also cooked and consumed as green vegetables or in salads. Neo-Andean chefs have created modern dishes, while a rising sector of healthy-green and vegan cafes feature quinoa in their gluten-free breads, pilafs, vegan-burgers and falafel.

Climate resilience and adaptation

Quinoa's tolerance to the adverse growing conditions of the Andes, such as drought, frost, soil salinity, hail, snow, wind, heat and flooding, position it as an exceptional crop for the future of agriculture and food security. Quinoa uses water efficiently, with a water footprint less than half that of wheat and maize, and almost five-fold lower than rice. Its genetic diversity offers opportunities for the ongoing adaptation and breeding.

Current research is exploring quinoa's capacity to withstand heavy metals, high and low temperatures, UV/FR radiation, and new pests and diseases as the crop expands into new cropping environments[15].



Economic potential

An estimated 70,000 farmers in Bolivia and 60,000 farmers in Peru – mostly smallholders – produce the bulk of quinoa that is marketed in pre-processed or added-value form[3]. More must be done to conserve and advance the quinoa bioeconomy and directly benefit the smallholder farmers who cultivate it. New markets building on varietal diversity and certification hold great potential.

Over the past 50 years, quinoa has been transformed from a little-known indigenous subsistence crop to a world-renowned food. The International Year of Quinoa in 2013 has contributed to its global diffusion. During the so-called quinoa "boom" between 2013 and 2014, global quinoa production increased 58.1 percent[21,22]. Just in Peru, there was a staggering 120% increase[23].

Peru and Bolivia remain its two principal exporters and consumers, accounting for 98.6% of production worldwide[21,24]. Bolivia leads total annual consumption with 40,000 tons, followed by Peru (34,000 tons) and the United States (29,000 tons). Together these three countries account for 71% of global quinoa consumption[22].

Quinoa's outstanding versatility has given way to the creation of novel products: breakfast cereals, flours, noodles, biscuits, crackers, milks, beer and ice creams. Niche markets and novel value chains now offer quinoa in raw single colored (red, black) and tricolor seed arrangements. In Andean countries, urban bioferias and gourmet markets along with prominent chefs promote quinoa and communicate its nutritional value and culinary versatility to middle-class consumers.

Nutrition

Quinoa is an exceptional food with a high protein content, balanced amino acid profile, and adequate content of fiber, carbohydrates, high-quality oils, vitamins (B1, B2), and minerals (magnesium, zinc, iron, calcium). Quinoa seeds, the main edible part of the plant, are rich in lysine, an essential amino acid.

A distinctive trait of quinoa is that so-called bitter varieties contain saponin, a phytochemical present in its seed coat. While saponins are the plant's natural defenses and possess positive biological effects, they make it unpalatable and even toxic. Saponins are removed by washing the grain prior to consumption.

Nutritional attributes (per 100g dry weight)[16-20]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Magnesium (mg)	Vitamin B2 (mg)	Lysine (g)†
12.7-16.7	12.0-18.8	87.0-141	0.7-0.8	0.3-0.6	1.3-1.5

† = g / 100 g protein

Varietal diversity

With more than 6,000 varieties or ecotypes cultivated by farmers globally, quinoa displays great morphological diversity, particularly in its leaf and seed colors, which range from white, red, yellow, orange, pink, purple, brown to black[9]. At least 24 distinct races and 70 (inter-racial) native cultivars have been identified thus far in Peru and Bolivia, with thousands of accessions being currently conserved in genebanks[10–14].





LEGUMBRES

Pulses

Tarwi | *Lupinus mutabilis*

• Sergio M. Collao (Bolivia), Consultor independiente • Milenka Iturralde (Bolivia), Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

Los antiguos habitantes del occidente sudamericano cultivaron tarwi, tauri, chocho o lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet), papa y quinua, en sofisticados sistemas agrícolas, permitiendo la producción de alimentos en las desafiantes condiciones climáticas del Altiplano y cabeceras de valle. El tarwi cumplía una función imprescindible para la fertilización y control biológico, sin embargo, después de la Conquista (1492), se introdujeron a la región legumbres como las habas y arvejas, que relegaron su consumo.

Distribución geográfica

En la actualidad el tarwi se cultiva a lo largo de las serranías y valles altos occidentales del continente americano, desde Colombia y Ecuador hasta Chile y el norte de Argentina[6-8]. Los centros de mayor diversidad y cultivo de tarwi se sitúan entre Bolivia (Cochabamba, Potosí, Sucre y alrededores del lago Titicaca, en La Paz), Ecuador (provincias de Cotopaxi y Chimborazo) y Perú (La Libertad, Callejón de Huaylas en Áncash, valle del Vilcanota en Cusco, Ayacucho, y Apurímac en Perú)[9-11]. El *L. mutabilis* hoy en día también es cultivado en Europa[12] y Australia[5].





Diversidad varietal

Con más de 3,000 accesiones conservadas en bancos de germoplasma en Perú, Bolivia, Ecuador, Chile, Argentina y Colombia[9-11], la diversidad del tarwi continúa estudiándose mediante técnicas de comparación morfológica y genética. Estas determinan la diferenciación varietal que se ha generado por la selección bajo polinización abierta en campos de los agricultores andinos[13-16]. Es común encontrar mutaciones temporales en la coloración de su inflorescencia[17].

Los parientes silvestres también manifiestan una amplia diversidad de expresiones fenotípicas en su arquitectura y su ciclo de vida. La diversidad varietal ha sido la base para el mejoramiento genético del tarwi con énfasis en la selección de variedades dulces (sin alcaloides), con altos rendimientos y probada resistencia a plagas y enfermedades[18-19].

Origen

Existen dos grupos de lupinos: los europeos o altramuces (*L. albus*, *L. luteus*), domesticados por los egipcios (2000 a.C.)[1-2] y los lupinos americanos representados por *L. mutabilis*, cuyos escasos registros arqueológicos sugieren que su domesticación ocurrió entre 1800 y 3450 a.C.[3] Representaciones en cerámica de la cultura Tiahuanaco evidencian la presencia del tarwi en el Altiplano peruano boliviano desde 200 a.C.[4] Evidencia morfología y de estudios genéticos sugerirían que las especies silvestres *L. piurensis* es el progenitor más probable del tarwi cultivado[5].

Resiliencia climática y adaptación

El calentamiento global permite el cultivo de tarwi en mayores alturas, donde es sembrado tradicionalmente en frágiles suelos de laderas de montaña, sin fertilizantes ni agroquímicos[20], aprovechando su capacidad de fijar nitrógeno y movilizar fósforo[21].

El tarwi es resistente a la sequía, salvo durante su floración y producción de vainas, sin embargo, las heladas desafían su desarrollo y limitan su capacidad productiva, aunque existen parientes cercanos como L. eromonomos, que han desarrollado mecanismos de adaptación a las bajas temperaturas[22]. También es bueno mencionar que, en condiciones climáticas extremas, la planta conserva la composición mineral de sus semillas, variando únicamente su contenido de cenizas y azúcar[23-25].





Potencial económico

Es probable que el cultivo y consumo de tarwi vaya en incremento durante los próximos años dado que su potencial para la transición proteica es enorme, sin embargo, en la actualidad la producción del mismo se obtiene generalmente de superficies menores a una hectárea por unidad familiar.

En 2018, se cultivaron más de 18,000 hectáreas entre Ecuador, Perú y Bolivia, obteniendo cerca de 14,292 toneladas a nivel regional[35], siendo que en Perú y Bolivia la mayor parte del grano seco cosechado es utilizado como moneda de intercambio36. El promedio de consumo per cápita de tarwi es de apenas 0.2 kg/año en Bolivia y 0.5 kg/año en Perú, siendo el desamargado del grano la mayor limitante para elevar la demanda y oferta del mismo35; no obstante, existen bastantes estudios recientes que buscan superar esta limitación[37-41].

El consumo de tarwi per cápita en Ecuador es de 4 kg/año, logro alcanzado a través de 20 años de fortalecimiento de las cadenas de valor, que permiten la presencia de tarwi fresco desamargado, desde supermercados hasta negocios pequeños[42], ejemplo que se debe seguir en la región.

El desamargado del tarwi consiste en la extracción de los alcaloides, los cuales pueden ser aprovechados en la formulación de biopreparados, por sus propiedades antiparasitarias y cualidades para el control ecológico de plagas agrícolas[43].

Nutrición

El tarwi es uno de los alimentos con mayor contenido de proteínas y aceites saludables en el mundo, excelente para la nutrición de gestantes, niños y deportistas[26]. Las proteínas del tarwi están compuestas mayormente por lisina y leucina, primordiales para el crecimiento. También es una fuente valiosa de calcio, fósforo y hierro, además de ácidos grasos omega 3, 6 y 9[27]. Las semillas del tarwi poseen alcaloides quinolizidínicos[28], sustancias de sabor amargo que lo protegen de los depredadores, y que se eliminan mediante un proceso de desamargado, el cual aporta a aumentar en contenido nutricional y de proteínas[29-30]. Es importante mencionar también que la semilla de tarwi posee y-conglutina, proteína que reduce la concentración de glucosa en la sangre[31-32].

Atributos nutricionales (por 100 g peso seco)[33]

Proteínas* (g)[27]	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Lisina[27†]	Leucina[27†]	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)
32.0-52.6	78.85	344.67	1.08	5.2-5.7	6.7-6.9	0.47	0.24	1.17

* Valores en peso seco † g/100g de proteína[34]



Gastronomía

En las regiones circundantes del lago Titicaca, el tarwi se consume tradicionalmente como "mote" o como grano desamargado y fresco. Es a partir del mismo que el ingenio gastronómico regional sigue innovando un sinfín de preparaciones reemplazando a la carne, al maní e incluso incursionando de lleno en la cocina vegetariana, así como en la alta cocina de la región.

Es en base al "mote" que se obtiene la harina de tarwi, siendo ambos ingredientes los responsables del surgimiento de numerosos emprendimientos y microempresas que ofrecen galletas, panes, leches vegetales, quesos vegetarianos, aderezos, helados, encurtidos, y un sinfín de productos más.



Tarwi

Lupinus mutabilis

· Sergio M. Collao (Bolivia), independent consultant • Milenka Iturralde (Bolivia), University of San Andres (UMSA)

The ancient inhabitants of western South America cultivated tarwi, tauri, chocho, or Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet); potato; and quinoa in sophisticated agricultural systems, allowing food production in the challenging climatic conditions of the Altiplano and headwaters of the valley. Tarwi fulfilled an essential function for fertilization and biological control, however, after the Conquest (1492), legumes such as beans and peas were introduced to the region, which relegated its consumption.



Varietal diversity

With more than 3,000 accessions conserved in genebanks in Peru, Bolivia, Ecuador, Chile, Argentina, and Colombia[9-11], tarwi's diversity continues to be studied using morphological and genetic comparison techniques. These determine the varietal differentiation that has been generated by selection under open pollination in the fields of Andean farmers[13-16]. It is common to find temporary mutations in the coloration of its inflorescence[17].

Wild relatives also display a wide diversity of phenotypic expressions in their architecture and life cycle. Varietal diversity has been the basis for the genetic improvement of tarwi with emphasis on the selection of sweet varieties (without alkaloids), with high yields, and with proven resistance to pests and diseases[18-19].



Geographic distribution

Currently, tarwi is cultivated throughout the western highlands and valleys of the American continent, from Colombia and Ecuador to Chile and northern Argentina[6-8]. The centers of greatest diversity and cultivation of tarwi are located between Bolivia (Cochabamba, Potosí, Sucre, and the surroundings of Lake Titicaca, in La Paz), Ecuador (provinces of Cotopaxi and Chimborazo), and Peru (La Libertad, Callejón de Huaylas in Áncash, Vilcanota Valley in Cusco, Ayacucho, and Apurímac)[9-11]. Today, *L. mutabilis* is also cultivated in Europe[12] and Australia[9].



Origin

There are two groups of lupins: European lupins (*L. albus, L. luteus*), domesticated by the Egyptians (2000 BC)[1-2] and American lupins represented by *L. mutabilis*, whose few archaeological records suggest that their domestication occurred between 1800 and 3450 BC[3]. Ceramic representations from the Tiahuanaco culture show the presence of tarwi in the Bolivian-Peruvian Altiplano since 200 BC[4]. Morphological evidence and genetic studies would suggest that the wild species L. piurensis is the most likely progenitor of cultivated tarwi[5].

Climate resilience and adaptation

Global warming allows tarwi to be grown at higher altitudes, where it is traditionally planted on fragile soils on mountain slopes, without fertilizers or agrochemicals[20], taking advantage of its ability to fix nitrogen and mobilize phosphorus[21].

Tarwi is resistant to drought, except during its flowering and pod production, however, frosts challenge its development and limit its productive capacity, although there are close relatives such as L. eromonomos, which have developed mechanisms to adapt to low temperatures[22].

It is also worth mentioning that, in extreme weather conditions, the plant preserves the mineral composition of its seeds, only varying its ash and sugar content[23-25].

Nutrition

Tarwi is one of the foods with the highest protein and healthy oil content in the world, excellent for nutrition for pregnant women, children, and athletes[26]. Tarwi proteins are mainly composed of lysine and leucine which are essential for growth. It is also a valuable source of calcium, phosphorus, and iron, as well as omega 3, 6, and 9 fatty acids[27]. Tarwi seeds have quinolizidine alkaloids[28], substances with a bitter taste that protect it from predators, and are eliminated through a debittering process, which contributes to an increase in nutritional and protein content[29-30]. It's also important to mention that the tarwi seed has γ-conglutin, a protein that reduces the concentration of glucose in the blood[31-32].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[33]

Protein* (g)[27]	Calcium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Lisine[27†]	Leucine[27†]	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)
32.0-52.6	78.85	344.67	1.08	5.2-5.7	6.7-6.9	0.47	0.24	1.17

* Dry weight values † g/100g of protein[34]



©Andina

Gastronomy

In the regions surrounding Lake Titicaca, tarwi is traditionally consumed as a "mote", which is the freshly debittered grain. It is from this that the regional gastronomic ingenuity continues to innovate an endless number of preparations replacing meat, peanuts, and even entering fully into vegetarian cuisine, as well as the haute cuisine of the region.

Tarwi flour is obtained from mote, both ingredients being responsible for the emergence of numerous enterprises and micro-businesses that offer cookies, breads, non-dairy milk, vegetarian cheeses, dressings, ice cream, pickles, and a myriad of other products.





Economic potential

It is likely that the cultivation and consumption of tarwi will increase over the next few years given that its potential for protein transition is enormous. However, at present the production of it is generally obtained from areas smaller than one hectare per family unit.

In 2018, more than 18,000 hectares were cultivated between Ecuador, Peru, and Bolivia, obtaining about 14,292 tons at the regional level[35], with most of the dry grain harvested in Peru and Bolivia being used as exchange currency[36]. The average per capita consumption of tarwi is barely 0.2 kg/year in Bolivia and 0.5 kg/year in Peru, with the debittering of the grain being the greatest limitation to increasing its demand and supply[35]; however, there are quite a few recent studies that seek to overcome this limitation[37-41].

The consumption of tarwi per capita in Ecuador is 4 kg/year, an achievement achieved through 20 years of strengthening value chains, which allow the presence of fresh debittered tarwi, from supermarkets to small businesses[42], an example that should be followed throughout the region.
Tarwi debittering consists of the extraction of alkaloids, which can be used in the formulation of biopreparations, due to their antiparasitic properties and qualities for the ecological control of agricultural pests[43].

Nuña o poroto

Phaseolus vulgaris

• Karl S. Zimmerer (USA), Penn State: la Universidad Estatal de Pensilvania

La nuña y el poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) son un subtipo importante de frijol común andino que se cuece con calor seco en lugar de hervir. Los nombres locales ampliamente utilizados varían en el norte y centro-norte de Perú (nuña y numia, respectivamente), sur de Perú (poroto o *purutu* en quechua) y Bolivia (*qupuru*)[1-8]. Como grupo de cultivares, se les conoce como nuña[8]. La importancia de la nuña se debe a su amplio uso como versátil alimento andino. La nuña en los sistemas alimentarios andinos ha contribuido durante mucho tiempo a la idea cultural tradicional de "Vivir Bien" a través de la sostenibilidad alimentaria ética[9-10] ahora impulsada por los principales movimientos indígenas andinos con influencia global[11-12].

Distribución geográfica

Actualmente, la nuña se cultiva y consume ampliamente en el norte y centro-norte de los Andes de Perú[2-4, 25] con concentraciones adicionales en los Andes del sur del Perú y Bolivia[4-5, 26-29]. El cultivo se produce principalmente entre los 1,900 y 3,300 msnm[2,16]. La dispersión global del frijol común andino comenzó en el siglo XVI[30]. La utilización industrial potencial ha estimulado el interés científico reciente.



Diversidad varietal

Las variedades locales de nuña se intercalan con otros frijoles comunes andinos. Las mujeres agricultoras identifican distintas variedades locales de nuña, a través de la forma (redonda), color (brillante) y densidad (liviana) de las semillas[2,31]. Se estima que la diversidad va desde 21 variedades locales en un área geográfica de tamaño mediano en 1985[2] hasta niveles más altos en áreas más extensas[8,16]. La diversidad varietal de la nuña constituye un importante grupo de cultivares reconocidos por los agricultores dentro del grupo de frijoles comunes andinos[8] y se ha incorporado en el análisis genético[18,32].

Adaptación y resiliencia climática

El intercambio de semillas entre agricultores, entre comunidades y entre paisajes andinos es clave para la resiliencia climática de la nuña. La accesibilidad a la tierra y al agua también influyen en la resiliencia y adaptación climáticas actuales[33]. Las semillas grandes ayudan a las plántulas a resistir la sequía. La adaptación agroecológica de la nuña a los suelos, que puede influir en la resiliencia climática, no está estudiada, aunque investigaciones sugieren que las raíces absorben fósforo aún en condiciones limitantes[17] y fijan más nitrógeno que las variedades modernas[34].



©Jaime Aranda (Uco, Atrash, Perú)

Origen

Desde el punto de vista botánico, la nuña pertenece a la familia del frijol común de importancia mundial, el cual experimentó múltiples domesticaciones en la América del Sur andina y en Mesoamérica[14-18]. La domesticación de la nuña ocurrió presumiblemente en los Andes orientales, entre el 4,000 y el 5,000 a.C.[10,19-20]. Este cultivo puede haber estado entre los primeros frijoles domesticados, ya que habría permitido cocinar antes del advenimiento de la alfarería, alrededor del 3,000 a.C.[2-4]. El pariente silvestre creció en hábitats arbustivos de los valles andinos orientales donde los tipos no cultivados todavía son comunes.

La nuña y la cultura andina co-volucionaron a través de la cocción con tostadores de cerámica (*kallana*)[24], como los que todavía se utilizan[5]. Se presume que se habrían encontrado nuñas en sitios arqueológicos andinos, aunque la confirmación aguarda el análisis de la microestructura de la semilla[22,23]. La agricultura intensiva inca y otros "paisajes andinos domesticadores" precolombinos[24] incorporaron frijoles comunes y posiblemente nuña. Esta persistió en las resilientes cocina y cultura indígenas de los Andes bajo el colonialismo, como atestigua una descripción de los cronista de frijoles tostados.

Gastronomía

La nuña es muy versátil. Los agricultores y pastores andinos la preparan y consumen como un "alimento de campo" que se puede llevar como un refrigerio nutritivo, liviano y no perecedero. Además, forma parte de un conjunto de diversos alimentos andinos asados y tostados que incluye variedades de maíz y kiwicha, así como cereales y legumbres europeas[5]. La nuña y estos otros "alimentos de campo" andinos han florecido a través de una coevolución biocultural mayoritariamente no reconocida y una selección basada en el conocimiento. La comida callejera urbana aprecia su agradable sabor a nuez, y su uso como guarnición, es un valor culinario adicional. Las técnicas de asado, tostado ligeramente aceitado y tostado en seco se utilizan para crear el conjunto gastronómico de alimentos basados en la nuña.

Nutrición

La nuña es una forma altamente nutritiva de frijol común, que es la fuente más importante de proteínas vegetales para el consumo humano directo en el mundo. Un estudio de muestras múltiples indica los rangos de factores nutricionales[36]. Los valores medios estiman la proteína de la nuña entre 19.58% (maní y pava) (36) y 21.92% (cinco variedades nativas: pava, negra, morena, maní y caca de conejo)[5]. Factores adicionales de nutrición y mejora de la salud incluyen aminoácidos bien equilibrados[27], alto contenido de hierro, calcio y fibra[5], y la probabilidad de niveles notables de selenio, zinc y magnesio. La nuña puede contener compuestos antinutricionales como los fitatos, que se encuentran en otros frijoles comunes.

Atributos nutricionales (por 100 g)[27,36,37]

Proteínas* (g)	Fibra (g)	Calcio (mg)	Zinc (mg)	Hierro (mg)	Vitamina C (mg)
18.7-23.0	3.0-16.7	140-143	2.2	4.0-4.1	1.1-5.0



Potencial económico

El potencial económico de la nuña como alimento andino saludable, sabroso y agroecológicamente valioso se demuestra en un consumo continuo y generalizado. Dado que la cocción de la nuña requiere menos combustible[2], su economía de bajo consumo de energía agrega una característica clave de sostenibilidad. Es necesario ampliar aún más la disponibilidad en los mercados así como las redes de semillas. La gama de mercados existentes, desde el comercio minorista informal hasta el mayorista tradicional (por ejemplo, el Mercado Mayorista de Lima) y las nuevas tiendas de alimentos de moda (como Flora & Fauna) es prometedora en el Perú. El marketing de esta última sugiere una marca y un etiquetado innovadores para la nuña. Otro potencial económico adicional se debe a los rasgos que difieren entre las variedades locales de nuña, lo que promete oportunidades para los avances en la reproducción[38]. El potencial uso industrial y el desarrollo de variedades que "estallen" como el popcorn, en zonas templadas[33] apunta a un nuevo uso potencial. Acogiéndose a la publicidad de un estatus de cultivo subutilizado en la década de 1990, la nuña se convirtió en tema de disputa de patentes en los EE.UU., infundada pero amenazante[40].



Nuña or poroto

Phaseolus vulgaris

• Karl S. Zimmerer (USA), Penn State: The Pennsylvania State University

The nuña and poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) are an important sub-type of Andean common bean that is cooked with dry heat rather than boiling. Widely used local names vary across northern and north-central Peru (nuña and *numia*, respectively), southern Peru (poroto or *purutu* in Quechua) and Bolivia (*qupuru*)[1-8]. As a cultivar group, they are referred to as nuña(s)[8]. Importance of the nuña owes to its widespread use as a versatile Andean food. Nuña in Andean food systems has long contributed to the traditional cultural idea of "Living Well" through ethical food sustainability[9-10] now propelled by major Andean indigenous movements with global influence[11-12].

Origin

Nuña belongs botanically to the globally important common bean, which underwent multiple domestications in Andean South America and Mesoamerica[14-18]. Nuña domestication presumably occurred in the eastern Andes by 4,000-5,000 B.C.[10,19-20]. Nuña may have been among the earliest domesticated beans since it would have enabled cooking prior to the advent of pottery about 3,000 B.C.[2,4]. The wild progenitor,grew in shrubby habitats of eastern Andean valleys where uncultivated types are still common.

Nuña and Andean culture co-evolved through cooking with ceramic "toasters" (*kallana*)[24] like those still used[5]. Nuñas are presumed in remains at Andean archaeological sites though confirmation awaits seed-microstructure analysis[22,23]. Intensive Inca agriculture and other pre-Colombian "domesticating Andean landscapes"[24] incorporated common beans and presumably nuña. Nuña persisted in resilient Andean indigenous cuisine and culture under colonialism as attested in a chronicler description of toasted beans.

Distribución geográfica

The nuña is currently cultivated and consumed extensively in Peru's north and north-central Andes[2-4,25] with additional concentrations in the southern Peruvian Andes and Bolivia[4-5,26-29]. Cultivation occurs primarily at 1,900-3,300 meters[2,16]. Global dispersals of Andean common bean began in the 1500s[30]. Potential industrial utilization has spurred recent scientific interest.





Varietal diversity

Nuña landraces are interplanted with other Andean common beans. Women farmers maintain distinct nuña landrace identities by selecting characteristics of seed shape (round), color (bright), and density (lightweight)[7,31]. Diversity estimates range from 21 nuña landraces in a medium-size geographic area in 1985[2] to higher levels across larger areas[8,16]. Nuña varietal diversity constitutes a major farmer-recognized cultivar group within Andean common beans8 and has been incorporated in genetic analysis[18,32].



Climate resilience and adaptation

Farmer-to-farmer seed exchange in and among Andean communities and landscapes is the key to nuña climate resilience. Land and water accessibility influence actual climate resilience and adaptation[33]. Large seeds help seedlings to withstand drought. Nuña agroecological adaptation to soils, which can influence climate resilience, is unstudied though research suggests root uptake of crucial phosphorus amid limiting conditions[17] and more nitrogen fixation than modern varieties[34].



Economic Potential

Economic potential of nuña as a healthy, tasty, and agroecologically valuable Andean food is demonstrated in widespread, ongoing consumption. Since nuña cooking requires less fuel[2] its low-energy economy adds a key sustainability feature. Availability in markets and seed networks needs to be further expanded. The range of existing markets from informal retail to traditional wholesale (e.g., Lima's Mercado Mayor) and trendy new food stores such as "Flora & Fauna" is promising in Peru. The latter's marketing suggests innovative branding and labelling of nuña. Additional economic potential owes to favorable traits that differ among nuña landraces, thus promising opportunities for breeding advancements[38]. Potential new industrial use and development of "popping" traits in temperate-adapted breeding[35] point to other potential use. Following publicity of underutilized status in the 1990s, the nuña became the subject of an unfounded but threatening U.S. patent dispute[40].

Nutrition

Nuña is a highly nutritious form of the common bean that is the world's most important source of plant proteins for direct human consumption. A multi-sample study shows the ranges of nutrition factors[36]. Mean values estimate nuña protein, between 19.58% (mani and pava[36]) and 21.92% (five nuña landraces; pava, negra, morena, mani, and caca de conejo[5]). Additional nutrition and health-enhancing factors includes well-balanced amino acids[27], high iron, calcium, and fiber[5], and the probability of notable selenium, zinc, and magnesium levels. The nuña may contain anti-nutritional compounds such as phytates that occur in other common beans.

Nuña nutrition highlights (per 100 g dry weight)[27,36,37]

Protein* (g)	Fiber (g)	Calcium (mg)	Zinc (mg)	Iron (mg)	Vitamin C (mg)
18.7-23.0	3.0-16.7	140-143	2.2	4.0-4.1	1.1-5.0

Gastronomy

Nuña gastronomy is strikingly versatile. Andean farmers and herders prepare and consume nuña as a "field food" that can be easily carried as a nutritious, lightweight, and non-perishable snack. Nuña is part of a set of diverse parched and toasted Andean foods that includes Andean maize and amaranth varieties as well as European cereals and legumes[5]. Nuña and these other Andean "field foods" have flourished through mostly unacknowledged biocultural co-evolution and knowledge-informed selection. "Urban street food" prized for its nutty flavor and value as a "side plate" complement to diverse main courses are additional popular gastronomic uses. Techniques of parching, toasting lightly oiled, and dry roasting are used to create the gastronomic suite of nuña foods.



Pajuro | *Erythrina edulis*

• Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador) • Margaret M. Zeigler (USA), consultoras independientes

El pajuro (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli)[1] es un árbol fijador de nitrógeno nativo de la región andina. Esta versátil especie tiene muchos usos en el sistema agrícola y agroforestal andino. Produce frijoles ricos en proteínas cubiertos de vainas que se utilizan tradicionalmente como alimento altamente nutritivo. Sus hojas, ramas y vainas se pueden utilizar como forraje para animales y como árbol sirve como cerco vivo para acorralar al ganado y proporcionar sombra[2]. El pajuro es una especie domesticada de usos múltiples[3], administrada por comunidades de pequeños agricultores desde el oeste de Venezuela hasta el norte de Argentina. En el Perú se le conoce como pajuro, basul, antiporoto, falso poroto, sachaporoto, frijol del Inca, pachullo, amasisa, pisonay y pashigua[4]. En Colombia y Venezuela se le conoce como frijol mompas, chachafruto, balú, baluy o sachaporoto[5,6,7]. En Bolivia se llama sachahabas. En Ecuador, el pajuro se llama guato, porotón, cañaro, conrabo, pashul o comporuto[8,9].

Distribución geográfica

El pajuro crece en toda la región andina. Prefiere temperaturas entre 15 y 22 ° C y crece en un amplio rango de altitudes entre los 900 y 3,000 msnm. La especie prefiere condiciones húmedas con precipitaciones medias anuales que oscilan entre 800 y 2,000 mm. Por lo general, es un cultivo de subsistencia en sistemas agroforestales a pequeña escala, como árbol de patio trasero en huertos familiares y como bordes alrededor de los campos. Se encuentra normalmente en los valles interandinos y en las zonas de transición de los Andes a los bosques de las tierras altas[2].



Origen

Si bien el pajuro es nativo de los Andes, se desconoce su sitio de domesticación específico. Se sabe poco sobre sus orígenes filogenéticos, pero los datos etnobotánicos, arqueobotánicos y lingüísticos sugieren claramente una larga historia de uso generalizado en los Andes centrales y septentrionales. Sus formas silvestres son abundantes en la zona de transición entre la sierra y el bosque tropical[2]. Se ha sugerido que el pajuro era un cultivo de seguridad alimentaria esencial para los incas y varias civilizaciones preincaicas, así como un producto que se intercambiaba con las poblaciones costeras[10,11].

Se han encontrado restos arqueobotánicos en Áncash, que datan del 2,540 a.C.[12]. También se han encontrado restos en los valles de Supe y Pativilca en Perú, y en el sitio arqueológico de Pampas de Ánimas[10,13]. También existen informes arqueobotánicos para Colombia[14,15]. Estos hallazgos arqueológicos indican que el pajuro fue importante en la dieta y la vida económica de los antiguos pueblos andinos.



Diversidad varietal

El género *Erythrina*, cuyo nombre deriva de la palabra griega *erythros* (rojo), pertenece a la familia de las Fabaceae con más de 100 especies en todo el mundo y 21 en América del Sur[16,17]. A pesar de su enorme potencial como fuente de proteínas de origen vegetal y nuevos alimentos, no existe investigación sobre la diversidad genética y varietal de la especie. Solo unos pocos bancos de germoplasma y jardines botánicos regionales mantienen colecciones *ex situ* de pajuro.

El pajuro se caracteriza por una modesta diversidad morfológica. El árbol crece hasta 14 metros de altura y tiene ramas espinosas. Las vainas grandes miden entre 10 y 50 cm de largo y cada vaina tiene entre 8 y 12 semillas en promedio. Las semillas tienen forma de "frijoles" grandes, con una cáscara de color rojo oscuro[2].



Potencial económico

La producción y el consumo actuales de pajuro se restringen en gran medida a los sistemas de producción tradicionales y de subsistencia. El consumo de sus "frijoles" podría revalorizarse en la cocina y la gastronomía local. El pajuro también podría ser una nueva alternativa en la formulación de alimentos funcionales no solo por su alto contenido en proteínas sino también por el mayor potencial de sus propiedades biológicas[22].

La especie es muy productiva. Alcanza la máxima productividad entre los 6 y 7 años, proporcionando hasta 36 toneladas de semilla por hectárea con una densidad de plantación de 400 árboles por hectárea. Los árboles productivos pueden vivir 40 años y producir hasta 200 kilos de frijoles al año[2]. Los árboles juegan un papel importante en el sistema agroforestal, ya que pueden fijar nitrógeno en el suelo para beneficiar a otras plantas. Las vainas y hojas ricas en proteínas proporcionan nutrientes de calidad para los rumiantes y equilibran las dietas de cereales o pasto[19].

Adaptación y resiliencia climática

Los agricultores andinos reconocen ampliamente el uso del pajuro como un árbol de rápido crecimiento que prospera en diferentes condiciones agroecológicas. Es probable que se adapte al cambio climático moviéndose gradualmente hacia arriba. Sin embargo, el pajuro no tolera las heladas y crece mejor en suelos bien drenados. Sus raíces profundas ayudan a la conservación del suelo al fijar nitrógeno y agregar detritos, por lo cual es un árbol ideal para restaurar tierras degradadas o recuperar sitios abandonados. La especie representa un gran potencial para la agrosilvicultura y los sistemas integrados de producción agroecológica[18,19].

Nutrición

El pajuro tiene un potencial considerable como cultivo clave para alcanzar la seguridad alimentaria, debido a su alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales[5]. Las semillas o "frijoles" son utilizados tradicionalmente como alimento y constituyen una buena fuente de proteínas, hierro y vitaminas B3 y C. El análisis de aminoácidos muestra que esta leguminosa tiene cantidades similares o superiores que los presentes en otras leguminosas[20]. Los principales aminoácidos limitantes en las semillas fueron la metionina y el triptófano[21]. Sus proteínas de semillas también son una fuente importante de péptidos antioxidantes[22].

Como legumbre con alto contenido proteico, el pajuro también contiene antinutrientes que pueden afectar la biodisponibilidad de los nutrientes. Se ha informado del uso medicinal tradicional de la planta para tratar la hipertensión arterial, dolores de cabeza, laceraciones y para desinfectar heridas[23]. La infusión de sus flores también se utiliza como tratamiento para las infecciones oculares[6].

Atributos nutricionales (por 100 g de peso fresco)

Proteínas (g)	Calcio (g)	Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
2.1-23.6	16.0-25.0	1.2	0.05-00.9	0.05-0.22	0.90-1.39	15.0-42.0



Gastronomía

El pajuro tiene un gran potencial para elaborar platos vegetarianos y veganos, así como en la innovación de la cocina novoandina. Tradicionalmente, los hogares rurales han utilizado los frijoles como fuente de proteína vegetal complementaria para dietas basadas en raíces y tubérculos. Los frijoles hervidos son sabrosos y se pueden utilizar como sustituto de otras legumbres como tarwi, frijoles y garbanzos. Se consume en sopas, ensaladas, guisos, papillas y bebidas. La harina de los frijoles es una excelente fuente de proteínas y se puede utilizar para productos horneados, pasteles, panes y tortillas[27].



Pajuro

Erythrina edulis

• Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador) • Margaret M. Zeigler (USA), independent consultants

The nitrogen-fixing tree, *Erythrina edulis* Triana ex Micheli[1] is native across the Andean region. This versatile tree has many uses in the Andean agricultural and agroforestry system. It produces protein-rich beans covered in pods that are traditionally used as a highly nutritious food. Its leaves, branches and pods can be used for animal fodder and as a tree it is serves as a living fence to corral livestock and provide shade[2]. Pajuro is a multipurpose domesticated species[3], managed by smallholder farming communities all the way from western Venezuela to northern Argentina. In Peru it is known as *pajuro*, *basul*, *antiporoto*, *falso poroto*, *sachaporoto*, *frijol del inca*, *pachullo*, *amasisa*, *pisonay* y *pashigua*[4]. In Colombia and Venezuela it is known as *frijol mompas*, chachafruto, balú, *baluy* or *sachaporoto*[5,6,7]. In Bolivia it is named *sachahabas*. In Ecuador, *pajuro* is called *guato*, *porotón*, *cañaro*, *conrabo*, *pashul* or *comporuto*[8,9].

Varietal Diversity

The genus Erythrina, whose name derives from the Greek word erythros (red), belongs to the Fabaceae family with more than 100 species worldwide and 21 in South America[16,17]. Despite its huge potential as a source of plant-based protein and novel food, there is a lack of research concerning the genetic and varietal diversity of the species. Only a few regional genebanks and botanical gardens maintain *ex situ* collections of pajuro.

Pajuro is characterized by modest morphological diversity. The tree grows up to 14 meters in height and has thorny branches. The large pods are between 10 to 50 cm long, and each pod has between 8 to 12 seeds on average. The seeds are shaped like a large 'beans', with a dark red husk[2].



Geographical distribution

Pajuro grows throughout the entire Andes region. It prefers temperatures between 15 and 22 °C and grows in a broad range of altitudes from 900 to 3,000 meters above sea level. The species prefers humid conditions with the average annual precipitations ranging from 800 to 2,000 mm. It is usually grown as a subsistence crop in small-scale agroforestry systems, as a backyard tree in home gardens and as borders around fields. It is typically found in inter-Andean valleys and transition zones from the Andes to highland forest[2].



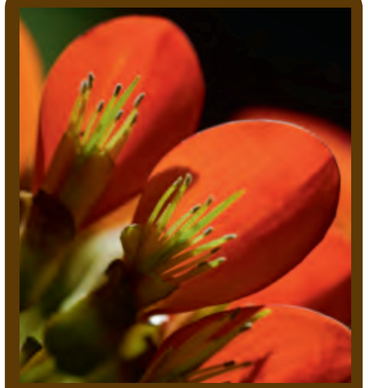
Origin

While pajuro is native to the Andes, its specific domestication site is unknown. Little is known about its phylogenetic origins, but ethnobotanical, archaeobotanical and linguistic data clearly suggest a long history of widespread use throughout the central and northern Andes. Its wild forms are abundant at the transition zone between highland and tropical forest[2]. It has been suggested that pajuro was an essential food security crop for the Inca and several pre-Inca civilizations, as well as a product that was exchanged with coastal populations[10,11].

Archaeobotanical remains have been found in Ancash, dating to 2540 B.C.[12]. Remains have also been found in the Supe and Pativilca valleys in Peru, and at the archaeological site of Pampas de Ánimas[10,13]. Archaeobotanical reports also exist for Colombia[14,15]. These archeological finding indicate that pajuro was important in the diet and economic life of ancient Andean people.

Climate Resilience and Adaptation

Andean farmers widely recognize the use of pajuro as a fast-growing tree that thrives in different agroecological conditions. It is likely to adapt to climate change by gradually moving upslope. Yet, pajuro does not tolerate frost and grows best in well-drained soils. Its deep roots aid soil conservation by fixing nitrogen and adding litter, making it an ideal tree for restoring degraded land or reclaiming abandoned sites. The species represents great potential for agroforestry and integrated agroecological production systems[18,19].



Economic Potential

The current production and consumption of pajuro are largely restricted to subsistence and traditional production systems. The consumption of its 'beans' could be revalued in local cuisine and gastronomy. Pajuro could also be a new alternative in the formulation of functional foods not only for its high protein content but also for the wider potential of its biological properties[22].

The species is highly productive. It reaches maximum productivity between 6 and 7 years, providing up to 36 tons of seed per hectare with a planting density of 400 trees per hectare. Productive trees can live 40 years and produce up to 200 kilos of beans annually[2]. The trees play an important role in agroforestry system since it can fix nitrogen in the soil to benefit other plants. The protein-rich pods and leaves provide quality nutrients for ruminants and balance cereal or grass diets[19].

Nutrition

Pajuro has considerable potential as a key crop to achieve food security, especially due to the high content of proteins, in addition to vitamins and minerals[5]. The seeds or 'beans' traditionally used as food are a good source of proteins, iron and vitamins B3 and C. Amino acid analysis shows that this legume has similar or higher amounts of most amino acids than those present in other Leguminosae[20]. The main limiting amino acids in the seeds were methionine and tryptophan[21]. Its seed proteins are also a significant source of antioxidant peptides[22].

As a legume with a high protein content, pajuro beans also contains antinutrients that can affect the bioavailability of nutrients. Traditional medicinal use of the plant has been reported to treat high blood pressure, headaches, lacerations and to disinfect wounds[23]. Infusion of its flowers are also used as a treatment for eye infections[6].

.

Nutrition highlights (per 100 g fresh weight)[20, 24, 25, 26]

Protein (g)	Calcium (g)	Iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
2.1-23.6	16.0-25.0	1.2	0.05-00.9	0.05-0.22	0.90-1.39	15.0-42.0



Gastronomy

Pajuro holds huge potential for vegetarian and vegan dishes, and innovation in the novoandean cuisine. Traditionally the beans have been used by rural households as a complementary plant protein source for root and tuber-based diets. The boiled beans are tasty and can be used as a substitute for other legumes such as tarwi, beans and chickpeas. It is consumed in soups, salads, stews, porridge, and drinks. The flour from the beans is an excellent source of protein and can be used for baked goods, cakes, breads, and tortillas[27].



Pacay

Inga feuilleei

• Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Margaret M. Zeigler (USA), consultora independiente

Inga es un amplio género, conformado por alrededor de 350 a 400 especies de arbustos y árboles distribuidos por toda América tropical y subtropical. La especie más cultivada en los Andes –hasta los 2,900 msnm– es _Inga feuillei_ DeCandolle[1,2]. Esta especie se utiliza para dar sombra, alimento, madera y medicina[3]. Como una leguminosa de la familia Fabaceae, este árbol es resistente, ayuda a mejorar los suelos degradados y se ha adaptado a muchas condiciones ambientales, incluidos los valles interandinos y las cuencas hidrográficas del altiplano occidental[1, 2, 3]. Este árbol frutal también es conocido por nombres comunes como _wawa_, guayaba o _guama_ y en inglés como _ice cream-bean_. _Pacay_ es una palabra quechua que también se usa en español, específicamente para las especies de las tierras altas[2]. La fruta es popular por su pulpa blanca de sabor dulce con una textura única, que se encuentra dentro de vainas largas y recias que crecen en los árboles. Es común encontrar pacay en mercados populares, pero rara vez en supermercados.

Distribución geográfica

El pacay andino (*Inga feuillei*) está ampliamente distribuido en todo el oeste de América del Sur y prospera en condiciones subtropicales secas a moderadamente húmedas[7]. Es común encontrar la especie en valles desde Bolivia hasta Colombia. Otras especies como I. edulis tienen un rango de distribución más amplio y se encuentran en sistemas agroforestales de las tierras altas del Amazonas[11]. El pacay puede crecer en elevaciones desde el nivel del mar hasta los 2,900 msnm y prospera cuando las temperaturas diurnas oscilan entre 21 y 27 °C[12]. Su hábitat natural incluye bordes de grandes lechos de ríos andinos y laderas de montaña. El árbol puede tolerar condiciones secas y suelos temporalmente anegados.



Diversidad varietal

La diversidad es evidente por la amplia distribución del rango ecogeográfico y las diferencias en la morfología de las plantas. El número de semillas por vaina puede variar de 10 a 20 y son de muchos colores, que van desde el púrpura negruzco hasta el olivo. Los árboles maduros pueden alcanzar los 30 metros de altura y sus ramas forman un dosel amplio, plano y denso. Las semillas están incrustadas en la pulpa blanca dulce y algodonosa dentro de las vainas, que pueden ser rectas o curvas.

La conservación in situ es esencial para árboles frutales como el pacay, que pueden ser difíciles de conservar en bancos de germoplasma. Sin embargo, se sabe poco sobre la diversidad genética y el estado de conservación de *I. feuillei*. Solo se dispone de un puñado de estudios para la especie estrechamente relacionada *I. edulis*[11,13,14].

Origen

Inga tiene su origen en Centroamérica y los Andes orientales, incluyendo Bolivia, Brasil tropical, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Se ha reportado que el pacay de secano (*I. feuillei*) se propagó desde su centro de domesticación (Perú), extendiéndose a Chile y Bolivia y Ecuador[4]. Su origen se remonta a las primeras etapas de la domesticación de cultivos, hace unos 8,000 años[5,6].

El pacay se cultivaba, y todavía se cultiva comúnmente, en sistemas agroforestales para proporcionar sombra a otros cultivos[7]. Las vainas que contienen la pulposa fruta han sido representadas en antiguas cerámicas Moche y los restos arqueológicos son testimonio de su amplio y temprano uso en el oeste de América del Sur[8,9,10].



• Cerámica Chimú. Museo Amano, Lima
•• Chimu ceramic. Amano Museum, Lima.



Potencial económico

Las especies de Inga se han utilizado con éxito en sistemas agroforestales en América del Sur y Central. Los árboles, de rápido crecimiento, dan sombra a cultivos comerciales perennes como el café y el cacao, proporcionan leña y carbón vegetal, mientras que la hojarasca protege la superficie del suelo y las raíces de otras plantas, retiene los nutrientes en la capa superior del suelo y –lo que es más importante para los agricultores de los trópicos húmedos– controla las malas hierbas[22,23]. Además, las hojas sirven como forraje y los árboles pueden usarse como sombra y cercas dentro de un sistema de producción ganadera[7]. La madera de Inga se utiliza para muebles y tiene potencial para ser una fuente de embalaje sostenible[2].

El pacay tiene todas las características deseables para ser una especie en la que todos obtengan beneficios ecológicos y económicos en los sistemas andinos mixtos. Fija carbono y nitrógeno, proporciona usos polivalentes y tiene una pulpa única que todavía es muy poco conocida fuera de los sistemas alimentarios locales. En comparación con otras especies de Inga, el sabor y la textura del pacay son únicos, por lo que ofrece posibilidades de procesamiento y nichos de mercado de alto valor.

Gastronomía

La pulpa algodonosa es dulce y blanca como la nieve con un sabor que, como sugiere su nombre en inglés, recuerda al helado de vainilla con un ligero sabor a canela. La textura única es la de un algodón de azúcar masticable con un final jugoso. La pulpa dulce dentro de las vainas sirve como un refrigerio refrescante y saludable. Actualmente, el uso del pacay está restringido al consumo fresco y las ventas en mercados populares. Sin embargo, tiene un alto potencial de uso en la cocina novoandina para repostería y postres. El pacay es un ejemplo de un ingrediente nativo único que espera ser redescubierto por los chefs.

Nutrición

La disponibilidad de frutos de pacay para los hogares andinos es altamente estacional y, por lo tanto, no es una fuente básica de nutrición. La pulpa de los frutos proporciona principalmente energía en forma de carbohidratos. También es una fuente de hierro y vitaminas B y C. En general, la literatura sobre el contenido nutricional y bioquímico y el potencial del pacay andino (*I. feuillei*) es escasa, y se sabe poco sobre el rango de valores de los nutrientes que contiene.

Estudios sobre I. edulis reportan que las hojas son una fuente de polifenoles con potencial para su uso como antioxidantes y medicinales[20,21]. También se sabe que las semillas poseen compuestos antinutricionales que se destruyen con la cocción, así como un alto contenido de proteínas[7].

Aspectos nutricionales destacados de la pulpa de pacay (por 100 g de peso fresco)[7, 19]

Proteínas (g)	Hierro (g)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
0.6 - 1.0	0.4	0.02	0.07	0.5	1.4

Diversidad varietal

La diversidad es evidente por la amplia distribución del rango ecogeográfico y las diferencias en la morfología de las plantas. El número de semillas por vaina puede variar de 10 a 20 y son de muchos colores, que van desde el púrpura negruzco hasta el olivo. Los árboles maduros pueden alcanzar los 30 metros y las ramas forman un dosel amplio, plano y denso. Las semillas están incrustadas en la pulpa blanca dulce y algodonosa dentro de las vainas, que pueden ser rectas o curvas.

La conservación *in situ* es esencial para árboles frutales como el pacay, que pueden ser difíciles de conservar en bancos de germoplasma. Sin embargo, se sabe poco sobre la diversidad genética y el estado de conservación de *I. feuillei*. Solo se dispone de un puñado de estudios para la especie estrechamente relacionada *I. edulis*[11,13,14].



Pacay

Inga feuilleei

• Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP) • Margaret M. Zeigler (USA), independent consultant

***Inga* is a large, widespread genus of about 350-400 species of shrubs and trees distributed throughout tropical and subtropical America. The most widely grown species in the high Andes – up to 2,900 meters – is *Inga feuillei* DeCandolle[1,2]. It is used for shade, food, timber and medicine[3]. As part of the legume family Fabaceae, this tree is hardy, helps improve degraded soils, and has adapted to many environmental conditions, including inter-Andean valleys and western highland watersheds[1,2,3]. This fruit-bearing tree is also known by common names such as *wawa*, *guava* or *guama* and in English as ice cream-bean. *Pacay* is a Quechua word also used in Spanish specifically for the upland species[2]. The fruit is popular for its sweetly flavored white pulp with unique texture, which is found within long pods that grow on the trees. It is common to find pacay in popular markets, but rarely in supermarkets.**

Geographical distribution

Andean pacay (*Inga feuillei*) is widely distributed throughout western South America and thrives in subtropical dry to moderately wet conditions[7]. It is common to encounter the species in valleys all the way from Bolivia to Colombia. Other species likes *I. edulis* have a wider distribution range and occur in upland Amazonian agroforestry systems[11].
Pacay can grow at elevations from sea level up to 2,900 meters and thrives when daytime temperatures are between 21 to 27°C[12]. Its natural habitat includes edges of large Andean rivers beds and hillside slopes. The tree can tolerate dry conditions and temporarily waterlogged soils.



Origin

Inga has its origin in Central America and the eastern Andes, including Bolivia, tropical Brazil, Colombia, Ecuador, Peru and Venezuela. The upland pacay or *I. feuillei* is reported to have spread from its center of domestication (Peru), extending to Chile and Bolivia and Ecuador[4]. Its origin has been traced back to the early stages of crop domestication, around 8,000 years ago[5,6]. Pacay was – and still commonly is – cultivated in agroforestry systems to provide shade to other crops[7] The pods containing the pulpy fruit have been depicted on ancient Moche ceramics and archeological remains are testimony to its wide and early use in western South America[8,9,10].



Varietal diversity

Diversity is evident from the wide ecogeographical range distribution and differences in plant morphology. The number of seeds per pod may vary from 10-20 and are many colors, ranging from blackish purple to olive. Mature trees may reach 30 meters and the branches form a broad, flat dense canopy. The seeds are embedded in the sweet, cottony white pulp within the pods. Pods may be straight and curved in shape.

In situ conservation is essential for fruit trees like pacay which can be hard to conserve in genebanks. Yet, little is known about the genetic diversity and conservation status of *I. feuillei*. Only a handful of studies are available for the closely related species *I. edulis*[11,13,14].



Economic Potential

Inga species have been used successfully within agroforestry systems in South and Central America. The fast-growing trees shade perennial cash crops such as coffee and cacao, provide firewood and charcoal, while the leaf litter protects the soil surface and roots of other plants, retains nutrients in the topsoil, and (importantly for farmers in the humid tropics) controls weeds[22,23]. In addition, the leaves serve as a forage and fodder source and the trees can be used as shade and fencing within a livestock production system[7]. *Inga* timber is used for furniture and has potential to be a sustainable packaging source[2].

Pacay has all the desirable traits to make it a win-win species for ecological and economic gains in mixed Andean systems. It fixes carbon and nitrogen, provides multi-purpose uses and has a unique fruit pulp which is still very little known outside local food systems. Compared to other Inga species, pacay's taste and texture is truly unique, thus offering scope for processing and high-value niche markets.

Nutrition

The availability of pacay fruits for Andean households is highly seasonal and therefore not a staple source of nutrition. The pulp of pacay fruits primarily provides energy in the form of carbohydrates. It is also a source of iron, vitamins B and C. Overall, there is a lack of literature on the nutritional and biochemical content and potential of Andean pacay (*I. feuillei*) and little is known about the range values of nutrients it contains.

Studies on *I. edulis* have reported the leaves to be a source of polyphenols with potential for use as antioxidants and as medicinals[20,21]. The seeds are reported to contain antinutritional compounds that are destroyed through cooking, as well as a high protein content[7].

Pacay pulp nutrition highlights (per 100 g fresh weight) [7, 19]

Protein (g)	Iron (g)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
0.6 - 1.0	0.4	0.02	0.07	0.5	1.4

Climate resilience and adaptation

The genus *Inga* is an adaptable group of hardy tree species that can cope with a wide range of ecological conditions. Pacay grows rapidly and is resistant to a range of diseases. Trees are easy to establish and fix carbon efficiently while producing fruit pods for many years. Therefore, the species is ideal for carbon insetting schemes. Pacay is expected to move upslope as temperatures rise, just like many other Andean tree species. Pacay protects other crops as it is gown in agroforestry systems and gardens, thus contributing resilience to local food systems. The pacay tree helps restore degraded soils by fixing nitrogen through its root nodules in symbiosis with rhizobial bacteria and can even increase phosphorous content in the soil[15,16,17,18]. An interesting ecological adaption is the symbiosis that many Inga species have developed with beneficial insects such as ants and wasps. The ants and wasps feed on nectar from the tree, and in turn patrol and protect the tree against herbivores and other pests[2].

Gastronomy

The inner cottony pulp is sweet and snowy white with a flavor that is, not surprisingly, reminiscent of vanilla ice cream with a slight cinnamon flavor. The unique texture is that of a chewy cotton candy with a juicy finish. The sweet pulp inside the pods serves as a refreshing and healthy snack. Currently pacay's use is restricted to fresh consumption and sales at popular markets. Yet, it has high potential for use in the novo-Andean cuisine for pastry and desserts. Pacay is an example of a unique native ingredient waiting to be rediscovered by chefs.





RAÍCES & TUBÉRCULOS

Roots & tubers

Achira

Canna indica

• Juan F. Seminario (Perú), Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) • Clara I. Medina (Colombia), AGROSAVIA

La achira (*Canna indica* L.) es uno de los primeros cultivos de América precolombina y ostenta una larga tradición y cultura de uso en la alimentación. El misionero y escritor jesuita Bernabé Cobo (1580-1656) dice: «En la lengua quichua o general del Perú se llama achira una planta cuya raíz sirve de mantenimiento a los indios...»[1]. Achira es el nombre más común que proviene del quechua prehispánico[2,3]. También se conoce como *sagú*, *adeira* o *sio* en la región andina[4], *dong riềng* o *chuối củ* en Vietnam, y simplemente como *canna* comestible a nivel mundial[5]. Un sinónimo común de *C. indica* es *C. edulis*, pero hoy en día se considera *C. indica* como el nombre botánico válido[6,7]. Tiene alto potencial para las economías de agricultura familiar y como cultivo intensivo para la industria. También para expandirse a nuevas áreas del mundo como alimento o planta ornamental. Actualmente, su cultivo en la región se ubica principalmente en Colombia.

Distribución geográfica

Se distribuye principalmente desde Venezuela hasta Bolivia, Argentina y Chile. También en Brasil, Paraguay, Centroamérica y las Antillas[14,15,16]. Fuera de América se cultiva en Australia, África y Asia, especialmente en Vietnam (> 20 mil ha), China, Tailandia, Indonesia y Taiwán[16,17,18]. En los Andes se le encuentra hasta los 2,900 msnm, pero produce mejor entre 2,000 y 2,650 msnm. En Perú, se ubica principalmente en valles cálidos de la región yunga[19]. En Ecuador, en la región central, existen cultivos significativos en Tungurahua; en Colombia, principalmente, en Cundinamarca y Huila (> 600 ha), además de Nariño, Cauca y Chocó[20,21,22].



Origen

En Caral, la civilización más antigua de América (3000-1800 a.C.), la achira, por su abundancia en la zona, habría sido uno de los alimentos básicos, junto con el zapallo, la calabaza, la guayaba, el camote, el frijol, la papa y el pacae[8]. Existen, no obstante, evidencias posteriores de su uso en la costa central del Perú y en la costa de Ecuador[9,10,11]. Por otro lado, se ha registrado una alta variabilidad en el material cultivado y varios parientes silvestres en el Perú[12,13]. Estas evidencias apuntan a una probable domesticación en la costa norcentral de Perú, aunque su cultivo también es antiguo en Colombia y Ecuador[14,15].



• Cerámica Nasca. Museo Amano, Lima
•• Nasca ceramic. Amano Museum, Lima.



Potencial económico

El potencial económico de la achira es básicamente subexplotado. Su productividad en los Andes es alta, con rendimientos de 2.5 a 4.5 kg de rizomas y con 21 a 27% de materia seca, por planta[17,37]. La calidad de almidón es excelente con propiedades que permiten su uso en confitería, fabricación de fideos y como espesantes en sopas y salsas[17,33,38]. El ejemplo singular en la región Andina son las llamadas achiras de Huila: un snack sabroso y popular en Colombia.

Los fideos de achira son una fuente importante de ingresos para los agricultores en Vietnam[34,38]. El almidón se procesa para obtener fideos transparentes conocidos como glass noodles (fideos de vidrio). En Perú, donde existe una cultura de comer comida china o chifa, estos fideos podrían encontrar un interesante mercado. El almidón también tiene aplicaciones en la industria farmacéutica y cosmética[39,41]. Los rizomas son materia prima potencial para la producción de bioetanol. Las hojas y tallos también son buenos complementos como forraje[41,42] y con potencial como silaje de calidad, similar al de maíz[17,43]. También es planta ornamental. Otro potencial es como fitorremediador de metales pesados en terrenos contaminados o de aguas residuales[44].

Resiliencia climática y adaptación

Su rusticidad es una ventaja que le ha permitido adaptarse a ambientes contrastantes. Crece en tierras marginales, con bajo contenido de nutrientes y materia orgánica; aunque responde bien a niveles altos de fertilización con nitrógeno y potasio[17,18]. Es susceptible a las bajas temperaturas, pero se repone en poco tiempo, por sus reservas en los rizomas. Es poco atacada por insectos y enfermedades[28,29,30]. Tolera la falta de agua, produce bien con 600 a 1,200 mm de lluvia al año. Es sensible a los excesos de agua en el suelo pero no tolera heladas o granizadas[5].

Nutrición

Los rizomas son un alimento de fácil digestión, que contiene almidón de alta calidad, fibra, glucosa, sacarosa y minerales, sobre todo potasio[5]. El almidón de achira tiene aplicaciones múltiples en el procesamiento de alimentos artesanales. Es de alta viscosidad y muy variable en contenido de amilosa, la que actúa como fibra dietética de propiedades funcionales benéficas[17]. El rendimiento de almidón está relacionado con la edad de la planta, alcanzando un máximo a los ocho meses para la mayoría de las variedades[31]. Se han reportado posibles aplicaciones nutraceúticas y medicinales de la achira. En los rizomas se encontraron lactonas sesquiterpénicas, compuestos que forman parte de los principios activos en la medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades inflamatorias[32]. La lignina de achira ha mostrado fuerte inhibición del D-glucosidato, por lo tanto, es prospecto para el tratamiento alternativo de la diabetes mellitus tipo 2[33].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[21,34,35]

Almidón (%)	Amilosa (%)*	Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina C (mg)
0.6 - 1.0	0.4	0.02	0.07	0.5

* = % in the starch

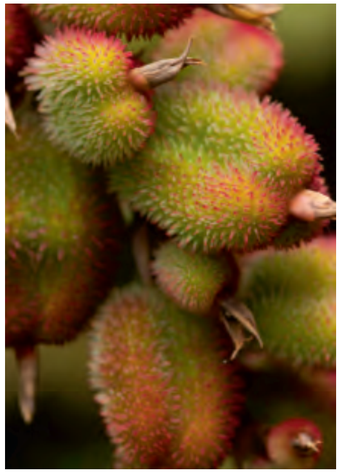
Gastronomía

Los productos tradicionales del rizoma son la huatia de achira, achira horneada y hervida. En Cusco se suele servir la achira en huatia durante el Corpus Christi[15]. Sin embargo, su uso principal es como almidón. Su obtención incluye: rallado de los rizomas, tamizado (separación del almidón y el afrecho), lavados sucesivos, secado y empaque[29]. Con el almidón se preparan coladas, bizcochuelos, galletas, panes, bocaditos, panes, budín y mazamorra. Son especialmente importantes los bizcochos de Colombia, cuyo proceso tiene denominación de origen en Huila[45]. Estos productos son de textura especial, livianos y crocantes[18]. También son dietéticos, altos en fibra y bajos en grasa. El almidón es buen espesante de sopas, salsas, condimentos y para mazamorra[46]. Los fideos son de excelente calidad y de bajo índice glicémico[36].

Diversidad varietal

La achira cuenta con una importante variación intraespecífica. En Huila, Colombia, se reconocen ocho variedades[23] y la caracterización de 56 entradas discriminó dos grandes grupos con alta variación intragrupal[24]. En Ecuador, en 33 entradas se encontraron tres subgrupos principales[25]. En Perú, al menos existen ocho variedades en el sur (Cusco-Apurímac[12]) y nueve variedades y tres parientes cercanos, en el norte, Piura-Cajamarca[13].

En Indonesia existen dos grupos de variedades (verdes y rojos) con dos subgrupos en cada uno[26]. En Vietnam, se cultivan al menos dos variantes intraespecíficas[27]. A nivel de la región andina, la conservación en bancos de germoplasma está a cargo de programas nacionales de investigación y algunas universidades. El Centro Internacional de la Papa CIP también mantiene una colección de 67 entradas; sin embargo, existe una brecha en cuanto a la investigación científica y práctica de la conservación *in situ* de la achira.



Achira

Canna indica

• Juan F. Seminario (Peru), National University of Cajamarca (UNC) • Clara I. Medina (Colombia), AGROSAVIA

Achira (*Canna indica* L.) was one of the first crops in pre-Columbian America and has a long tradition and culture of being used as food. The Jesuit missionary and writer Bernabé Cobo (1580-1656) says: «In Quechua or the general language of Peru, achira is a plant whose root serves to maintain the Indians...»[1]. Achira is the most common name and comes from pre-Hispanic Quechua[2,3]. It is also known as *sagú*, *adeira* or *sio* in the Andean region[4]; *dong riềng* or *chuối củ* in Vietnam, and simply as edible *canna* worldwide[5]. A common synonym for *C. indica* is *C. edulis*, but today *C. indica* is considered the valid botanical name[6,7]. It has high potential for family farming economies and as an intensive crop for industry, as well as for expanding to new areas of the world as a food or ornamental plant. Currently, its cultivation in the region is located primarily in Colombia.

Geographical distribution

It is distributed widely from Venezuela to Bolivia, Argentina, and Chile, as well as in Brazil, Paraguay, Central America, and the Antilles[14,15,16]. Outside the Americas, it is cultivated in Australia, Africa, and Asia, especially in Vietnam (> 20 thousand hectares), China, Thailand, Indonesia, and Taiwan[16,17,18]. In the Andes it is found up to 2,900 meters above sea level, but it produces better at elevations between 2,000 to 2,650 meters. In Peru, it is mainly located in warm valleys in the Peruvian Yungas region[19]. In Ecuador, in the central region, there are significant crops in Tungurahua, and in Colombia, mainly in Cundinamarca and Huila (> 600 hectares), in addition to Nariño, Cauca, and Chocó[20,21,22].



Origin

In Caral, the oldest civilization in America (3000-1800 BC), achira, due to its abundance in the area, would have been one of the staple foods, along with pumpkin, squash, guava, sweet potato, beans, potatoes, and pacay[8]. There is, however, later evidence of its use on the central coast of Peru and the coast of Ecuador[9,10,11].On the other hand, a high variability has been registered in the cultivated material and several wild relatives in Peru[12,13]. This evidence points to a probable domestication on the north-central coast of Peru, although its cultivation also dates to an early era in Colombia and Ecuador[14,15].



Varietal diversity

Achira has significant intraspecific variation. In Huila, Colombia, eight varieties are recognized[23] and the characterization of 56 entries classified into two large groups with high intragroup variation[24]. In Ecuador, in 33 entries, three main subgroups were found[25]. In Peru, there are at least eight varieties in the south (Cusco-Apurímac)[12], and nine varieties and three close relatives in the north, Piura-Cajamarca[13]. In Indonesia there are two groups of varieties (green and red) with two subgroups in each[26]. In Vietnam, at least two intraspecific variants are cultivated[27].

In the Andean region, national research programs and some universities are in charge of conservation in genebanks. The International Potato Center (CIP) also maintains a collection of 67 entries; however, there is a gap in scientific and practical research on the in situ conservation of achira.

Climate resilience and adaptation

Achira's hardiness is an advantage that has allowed it to adapt to a range of environments. It grows in marginal lands, with low nutrient and organic matter content, although it responds well to high levels of nitrogen and potassium fertilization[17,18]. It is susceptible to low temperatures, but replenishes itself quickly, due to reserves in its rhizomes. It is not often attacked by insects and diseases[28,29,30]. It tolerates a lack of water and produces well with 600 to 1,200 mm of rain per year. It is sensitive to excess water in the soil and does not tolerate frost or hail[5].



Economic potential

The economic potential of achira is under-exploited. Its productivity in the Andes is high, with yields of 2.5 to 4.5 kg of rhizomes and with 21 to 27% of dry matter per plant[17,37]. The quality of the starch is excellent, with properties that allow its use in confectionery production, noodle making, and as thickeners in soups and sauces[17,33,38]. A specific example in the Andean region are the so-called achiras de Huila: a tasty snack that's popular in Colombia.

Achira noodles are an important source of income for farmers in Vietnam[34,38]. The starch is processed into clear noodles known as glass noodles. In Peru, where there is a culture of eating Chinese or chifa food, these noodles could find an interesting market. Achira starch also has applications in the pharmaceutical and cosmetic industries[39,41]. The rhizomes are potential raw material for the production of bioethanol. The leaves and stems are also good complements as livestock forage[41,42] and with potential as quality silage, similar to that of corn[17,43]. It is also an ornamental plant. Another potential is as a phytoremediator of heavy metals in contaminated soils or wastewater[44].

Nutrition

The rhizomes are an easily digestible food, containing high-quality starch, fiber, glucose, sucrose, and minerals, especially potassium[5]. Achira starch has multiple applications in artisanal food processing. It has high viscosity and is highly variable in amylose content, which acts as a dietary fiber with beneficial functional properties[17]. Starch yield is related to the age of the plant, reaching a maximum at eight months for most varieties[31]. Possible nutraceutical and medicinal applications of achira have been reported. Sesquiterpene lactones, compounds that are part of the active principles in traditional medicine for the treatment of inflammatory diseases, were found in the rhizomes[32]. Achira lignin has shown strong inhibition of D-glucosidase (that breaks down starch to glucose), therefore, it is a prospect for the alternative treatment of type 2 diabetes mellitus[33].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[21,34,35]

Starch (%)	Amylose (%)*	Iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin C (mg)
0.6 - 1.0	0.4	0.02	0.07	0.5

* = % in the starch

Gastronomy

The traditional products of the rhizome are the *huatia de achira*, baked and boiled achira. In Cusco, achira is usually served in huatia during Corpus Christi[15]. However, its main use is as a starch. Obtaining the starch includes many processes: grating the rhizomes, sieving (separation of starch and bran), successive washing, drying, and packaging[29]. Sponge cakes, cookies, breads, snacks, breads, and puddings are prepared with the starch. The sponge cakes from Colombia are especially notable, and this delightful treat originated in Huila[45]. These products have special textures, both light and crunchy[18], and are also high in fiber and low in fat.
The starch is a good thickener for soups, sauces, condiments, and for puddings[46].
The noodles are of excellent quality and low on the glycemic index[34].



Ahipa

Pachyrhizus ahipa

• Bettina Heider (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

La ahipa (*Pachyrhzius ahipa* (Wedd.) Parodi) es una rara especie de leguminosa, cultivada por sus suculentas raíces más que por sus semillas que contienen polifenoles tóxicos con propiedades insecticidas. El nombre ahipa proviene de la palabra quechua ajipa o asipa y es el nombre vernáculo más común, excepto en las regiones de habla aimara, donde el cultivo se llama *villu* o *huitoto*[1]. Utilizado en ceremonias religiosas por las antiguas civilizaciones preíncas, la ahipa todavía juega un papel importante en las celebraciones tradicionales de la fiesta del Corpus Christi en el Altiplano boliviano[2,3]. A medida que continúan las tendencias a sustituir la ahipa por cultivos comerciales más lucrativos, el cultivo se ha vuelto más raro, lo que ha provocado una escasez cada vez mayor en Bolivia y su puesta en peligro crítico en el Perú[4].

Distribución geográfica



La ahipa se cultiva en los valles subtropicales y semiáridos de Bolivia y el norte de Argentina (provincias de Salta y Jujuy) donde crece en pequeñas parcelas o en huertos familiares que oscilan entre los 1,000 y los 3,000 metros de altitud[9,10].

Aunque probablemente extinto o restringido a unos pocos sitios no descubiertos en el Perú, los registros históricos indican su distribución temprana en la costa peruana, las estribaciones andinas occidentales y en los valles intermontanos[6–8,10,11]. Hasta 1950, el cultivo se describía como un elemento común de los sistemas de cultivo en las terrazas andinas del Perú[12].

A pesar de haber sido introducida en el Caribe, África, Asia, Asia-Pacífico y Europa, la principal zona de producción y centro de diversidad de ahipa es Bolivia. Sin embargo, incluso aquí, la cosecha se produce principalmente para el consumo doméstico y solo ocasionalmente se vende en los mercados locales[9,10].

Origen

Los estudios genéticos sugieren que un ancestro común de especies cultivadas de *Pachyrhizus* de América del Sur se separó de sus parientes silvestres hace aproximadamente 8,000 años[5]. A partir de este antepasado se domesticaron las especies de tierras bajas tropicales (*P. tubersosus*), que aún se cultivan en el Amazonas. Hace unos 4,000 años, *P. ahipa* se separó de su pariente de las tierras bajas[5]. Los restos de plantas y las representaciones de ahipa en cerámicas y textiles encontrados a lo largo de la costa peruana dan testimonio del uso y cultivo de un cultivo parecido en el 4,000 a.C.[6–8].



• Cerámica Nasca. Museo Amano, Lima
•• Nasca ceramic. Amano Museum, Lima.

Diversidad varietal

Existe una diferencia morfológica notable entre las variedades locales, que van desde tipos arbustivos erectos hasta enredaderas que se arrastran, desde sistemas radiculares múltiples a únicos y desde semillas moradas hasta negras. Se distinguen taxonómicamente dos variedades botánicas con flores blancas (*P. ahipa* var. *Albiflora*) y violetas (*P. ahipa* var. *Violacea*)[10]. Curiosamente, la variabilidad genética es baja a pesar de la diversidad morfológica encontrada[5]. Claramente, la ahipa es un cultivo marginal y en peligro de extinción con poca información disponible sobre el número de variedades tradicionales cultivadas en la actualidad. Bolivia ha listado 18 accesiones conservadas en bancos de genes nacionales, y GENESYS, la plataforma internacional de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA), informa un total de 30 accesiones[13,14].



Potencial económico

Debido a sus propiedades térmicas y su bajo contenido en amilosa, el almidón de ahipa aparece como una alternativa prometedora a otros almidones de cereales cerosos tradicionales. Debido a la consistencia y viscosidad del almidón, las pastas podrían usarse como aditivo espesante de alimentos[18,20,22]. La harina procesada a partir de ahipa es una atractiva fuente alternativa de almidón sin gluten para pan o galletas[25,26,27].

Las proteínas de la raíz de ahipa no precipitan en un amplio rango de valores de pH, una característica que podría resultar atractiva para la industria alimentaria[10]. Los altos contenidos de ácidos grasos saturados y tocoferol hacen de las semillas una fuente potencial de proteínas y aceite para el procesamiento industrial, la producción de biodiesel y la alimentación animal[21,28]. Secar, tostar, hervir y freír elimina parcialmente la rotenona y, por lo tanto, disminuye la toxicidad de la harina de semillas, pero se necesita más investigación para que las semillas se consuman de manera segura[29].

Resiliencia climática y adaptación

La ahipa es un cultivo robusto, con bajos requerimientos nutricionales y alta resistencia a plagas. El cultivo se adapta bien a las condiciones climáticas variables de los valles interandinos. Tiene un ciclo de crecimiento corto (5 meses), es neutra a la duración de la luz y muy tolerante a la sequía[10,15], lo que sugiere una posible adaptación al cambio climático. Como muchas otras especies de leguminosas, la ahipa, en asociación con los microorganismos del suelo, puede fertilizar naturalmente el suelo mediante la conversión del nitrógeno atmosférico en amoníaco disponible para las plantas. Las tasas de fijación de nitrógeno pueden llegar a 80 kg/N por hectárea[1,16].

Nutrición

Debido a su consistencia jugosa y crujiente, las raíces de ahipa se consumen principalmente crudas como snacks, vegetales o jugos refrescantes. Es fácil de pelar a mano y se considera una fruta en su centro de domesticación[9]. Además de su agradable sabor, las raíces de almacenamiento proporcionan una composición bioquímica equilibrada y nutritiva con alto contenido de proteínas y almidón[17,18]. Las semillas de Ahipa y, hasta cierto punto, sus hojas, contienen compuestos tóxicos, como rotenona, pachyrrhzina y canavanina que prohíben su consumo[21,24]. A pesar de su toxicidad, la composición proteína-aceite de las semillas es comparable a la de la soya, con altos contenidos de ácidos grasos saturados y tocoferol[21,23].

Atributos nutricionales (por 100 gramos de peso fresco)

Proteínas[17,18,20] (g)	Lípidos[18,19] (g)	Almidón[17,20,22] (g)	Amilasa[20,22] (g) ‡	Amilopectina[10] (g) ‡	Materia seca[17,21] (g)	Hierro[17] (mg)	Zinc[17] (mg)
1.2-1.8	0.1-0.2	6.8-12.4	0.5-17.8	95-99	12.9-20.5	0.4-0.6	0.2-0.3

†La conversión de peso fresco se basó en los valores medios correspondientes de materia seca según lo informado en las referencias 17, 18 y 19.
‡ Valores por 100 g de almidón.



Gastronomía

La ahipa es un producto regional que se cultiva principalmente para el consumo doméstico y se consume fresco[9]. La pulpa blanca y crujiente de la raíz no se oxida fácilmente y, por lo tanto, es particularmente adecuada como ingrediente en ensaladas verdes o de frutas, para salsas o como guarnición, pero también se puede cocinar al vapor, hervir, saltear o freír. De especial interés gastronómico es una peculiaridad del ahipa: incluso después de la cocción, las raíces conservan su textura crujiente[1,10].

El bajo perfil de la ahipa se ha atribuido a laboriosas técnicas de cultivo y falta de atractivo económico[4,15]. Sin embargo, el éxito de la jícama (*P. erosus*), un pariente muy cercano de ahipa, ampliamente consumido en Asia y cada vez más popular en América del Norte como alimento saludable, probiótico y bajo en carbohidratos, muestra un destello del potencial real de la ahipa.



Ahipa

Pachyrhizus ahipa

• Bettina Heider (Peru), International Potato Center (CIP)

Ahipa (*Pachyrhzius ahipa* (Wedd.) Parodi) is one of the rare legume species cultivated for its succulent storage roots rather than for its seeds which contain toxic polyphenols with insecticidal properties. The name ahipa stems from the Quechua word ajipa or asipa and is the most prevalent vernacular name, except for Aymara speaking regions where the crop is called villu or huitoto[1]. Used in religious ceremonies by ancient pre-Incan civilizations, ahipa still plays an important role in the traditional celebrations of the Corpus Christi festival in the Bolivian highlands[2,3]. As trends to substitute ahipa with more lucrative cash crops continue, the crop has become more neglected, leading to increasing scarcity in Bolivia and critical endangerment in Peru[4].

Geographical distribution

Ahipa is cultivated in the subtropical, semi-arid valleys of Bolivia and northern Argentina (provinces Salta, Jujuy) where it is grown on small plots or in home gardens ranging between 1,000 and 3,000 meters of altitude[9,10]. Though likely extinct or restricted to a few undiscovered sites in Peru, historic records indicate its early distribution on the Peruvian coast, western Andean foothills and in intermontane valleys[6–8,10,11]. Up until 1950 the crop was described as a common element of cropping systems on Andean terraces in Peru12. Despite having been introduced to the Caribbean, Africa, Asia, Asia-Pacific and Europe, ahipa's principal production area and center of diversity is Bolivia. Yet even here the crop is produced mainly for home consumption and only occasionally sold in local markets[9,10].





Origin

Genetic studies suggest that a common progenitor of cultivated South American *Pachyrhizus* species diverged from its wild relatives approximately 8,000 years ago[5]. From this ancient ancestor the tropical lowland species (*P. tubersosus*), still cultivated in the Amazon, was domesticated. About 4,000 years ago *P. ahipa* separated from its lowland relative[5]. Plant residues and depictions of ahipa on ceramics and textiles found along the Peruvian coast give testimony to the use and cultivation of a crop resembling ahipa as early as 4,000 BC[6–8].



Varietal diversity

There is a remarkable morphological variation among landraces ranging from erect bushy types to trailing vines, from multiple to single root systems and from purple to black seeds. Two botanical varieties with white (*P. ahipa* var. *albiflora*) and violet (*P. ahipa* var. *violacea*) flowers are taxonomically distinguished[10]. Interestingly, genetic variability is low despite the morphological diversity encountered[5].

Clearly, ahipa is a marginal and endangered crop with little information available on the number of traditional varieties presently in cultivation. Bolivia listed 18 accessions as conserved in national genebanks and GENESYS, the international platform for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (PGRFA), reports only a total of 30 accessions[13,14].



Economic potential

Because of its thermal properties and its low amylose content, ahipa starch appears as a promising alternative to other traditional waxy cereal starches. Due to the consistency and viscosity of starch, pastes could be used as a food thickener additive[18,20,22]. Flour processed from ahipa is an attractive alternative source of gluten-free starch for bread or biscuits[25,26,27].

Root proteins of ahipa do not precipitate over a wide range of pH values, a characteristic that might be attractive to the food industry[10]. High contents of saturated fatty acids and tocopherol make the seeds a potential source of protein and oil for industrial processing, biodiesel production and animal feed[21,28]. Drying, roasting, boiling and frying partially removes rotenone and thus decreases toxicity of seed flour but more research is needed to make seeds safely consumable[29].

Climate resilience and adaptation

Ahipa is a robust crop with low nutritional requirements and high resistance to pests. The crop is well-adapted to the variable climatic conditions of the inter-Andean valleys. It has a short growth cycle (5 months), is day-length neutral and highly drought-tolerant[10,15], suggesting potential adaptation to climate change. Like many other legume species, ahipa – in association with soil microorganisms – can naturally fertilize the soil through the conversion of atmospheric nitrogen into plant-available ammonia. Nitrogen fixation rates can be as high as 80 kg/N per hectare[1,16].

Nutrition

Due to their juicy and crunchy consistency, ahipa roots are mostly consumed raw as refreshing snacks, vegetables or juices. It is easy to peel by hand and considered to be a fruit in its center of domestication9. In addition to their agreeable taste, storage roots provide a balanced and nutritious biochemical composition with high protein and starch contents[17,18]. Ahipa seeds, and, to some degree, its leaves contain toxic compounds e.g. rotenone, pachyrrhzine and canavanine that prohibit consumption[21,24]. Despite their toxicity, the protein-oil composition of seeds is comparable to that of soybean, with high contents of saturated fatty acids and tocopherol[21,23].

Ahipa nutrition highlights (per 100 g fresh weight)†

Protein[17,18,20] (g)	Lipid[18,19] (g)	Starch[17,20,22] (g)	Amylose[20,22] (g) ‡	Amylopectin[10] (g) ‡	Dry matter[17,21] (g)	Iron[17] (mg)	Zinc[17] (mg)
1.2-1.8	0.1-0.2	6.8-12.4	0.5-17.8	95-99	12.9-20.5	0.4-0.6	0.2-0.3

†fresh weight conversion was based on corresponding mean dry matter values as reported in Ref. 17, 18, 19.
‡ Values per 100 g starch.

Gastronomy

Ahipa is a regional product mainly grown for home consumption and eaten fresh[9]. The crisp, white root flesh does not oxidize easily and therefore is particularly suited as an ingredient in green or fruit salads, for dips or as garnish, but it can also be steamed, boiled, stir-fried or fried. Of special gastronomic interest is one peculiarity of ahipa: even after cooking the roots retain their crunchy texture[1,10].

Ahipa's low-profile has been attributed to laborious cultivation techniques and lack of economic attractiveness[4,15]. Yet the success of jícama (P. erosus), a very close relative of ahipa, widely consumed in Asia and increasingly popular in North America as a healthy, pro-biotic, low-carb food shows a glimpse of Ahipa's real potential.





Arracacha

Arracacia xanthorriza

• Juan F. Seminario (Peru), Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) • Karl S. Zimmerer (USA), Penn State: la Universidad Estatal de Pensilvania

La arracacha (*Arracacia xanthorriza* Bancroft) es un cultivo andino de los valles intermedios con un excelente sabor, textura y aptitud para la gastronomía. La raíz de la arracacha es un alimento muy especial, apreciado desde las culturas antiguas, aunque poco consumido en su región de origen en la actualidad. Es conocida también como racacha, apio criollo, apio venezolano y zanahoria blanca en los países andinos, y *mandioquinha*, *mandioquinha-salsa* o *batata-baroa* en Brasil. Los nombres y variantes *laqachu*, *raqacha* y *virraca* son de origen quechua y usados en la actualidad en Bolivia y Perú[1-3]. Destaca por su excelente calidad de almidón[4,5], digestibilidad y como ingrediente para alimentos de bebés.

Distribución geográfica

En los Andes, se distribuye mayormente entre los 1,500 y 2,800 msnm[11]. Su dispersión original comprende desde Venezuela hasta Bolivia, pero en la actualidad existe mayor área cultivada en el norte de Perú, Ecuador y Venezuela. No obstante, la superficie de cultivo más importante está en Brasil. También se cultiva en Centroamérica, el Caribe y las Antillas. No ha logrado expandirse en el Viejo Mundo. Fuera de América, se ha introducido en África y Sri Lanka[11, 18-20]. Es común encontrar a la arracacha en huertos en asociación con otros cultivos como maíz, frejol o frutales.





Origen

Se especula que el área de domesticación puede estar entre Colombia y Bolivia[6,7]. En esta gran área se encuentran también los parientes silvestres más cercanos[7-13]. La arqueología muestra la presencia precolombina de la planta en los valles orientales de los Andes de Bolivia[14]. Además, ciertos pictogramas sobre cerámica Nazca, atribuidos a yuca, por la forma de las raíces serían representaciones de arracacha[15,16]. También se ha planteado la hipótesis de que la arracacha fue especialmente importante en las culturas antiguas de la sierra peruana: la forma de sus raíces habría servido de modelo para la cerámica tripoide[17].



• Cerámica tripoide Nasca. Museo Amano, Lima •• Nasca tripoid pottery. Amano Museum, Lima.

Diversidad varietal

La arracacha pertenece a la familia Apiaceae o Umbelliferae. Comúnmente se diferencian grupos a partir del color de la raíz: arracacha blanca, amarilla y morada[21,22]. Estudios morfológicos y genéticos han evidenciado una amplia variación varietal[23,24]. En Colombia se han identificado 7 grupos en 62 accesiones[25]; en Ecuador 5 grupos en 72 accesiones[26]; en Perú, 9 variedades en Cusco[27] y 76 morfotipos en 186 accesiones entre Cajamarca y Piura[21]. Una caracterización genética de una población de 334 accesiones, proveniente de cinco bancos de germoplasma del Perú, evidenció un agrupamiento geográfico sin encontrar duplicados[28,29].

Existen bancos de germoplasma de arracacha en los programas nacionales de investigación en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, además de universidades de la región. Existen muy pocos estudios sobre la conservación in situ de la especie[29]. Claramente, se requiere de mayor inversión en la preservación dinámica y el monitoreo de este recurso.



Potencial económico

La arracacha tiene un gran potencial que aún no se ha logrado consolidar en la región andina. El caso de Brasil es un ejemplo que podrá replicarse[26,41-43]. Innovaciones en la selección de variedades precoces, el fomento de la asociatividad en la agricultura familiar y el desarrollo de cadenas de valor en fresco y para la agroindustria, han resultado en un crecimiento de 9,000 hectáreas en 1994 a 30,000 hectáreas en la actualidad.

En fresco la raíz arracacha es muy versátil y puede ofrecer una variación para alimentos como papa o yuca. Un reto constituye la calidad post cosecha, ya que las raíces son muy perecibles[44,45]. La refrigeración y el uso de empaques puede extender la vida útil. En la última década, la arracacha se ha agregado al menú en algunos hospitales en el Perú por ser un alimento con bondades reconocidas para niños y ancianos.

La arracacha se puede procesar para obtener almidón, harinas, chips y alimentos para bebés. Puede reemplazar a la harina de trigo hasta un 40% en la panificación[46]. La preparación del 'rallado de arracacha' constituye una agroindustria artesanal en el norte peruano con características para poder convertirse en un mercado especial con denominación de origen[26,43]. Se ha sugerido que los descartes de arracacha son una materia prima prometedora para procesar bioetanol[47].

Nutrición

La arracacha constituye uno de los cultivos nativos más promisorios, destacando su calidad de almidón, el cual se caracteriza por tener gránulos pequeños a medianos de entre 15 a 30 µm. Es un alimento altamente digerible y empleado para la alimentación de bebés. El contenido de la amilosa del almidón es alto y fluctúa entre 17.5-39%[4,30,35,36]. La raíz contiene un alto en valor calórico con un nivel de materia seca que varía entre 17 y 35%. También contiene proteínas, micro y macronutrientes y vitaminas[22,37,38]. Las variedades amarillas contienen carotenoides, precursores de la vitamina A, con valores que fluctúan entre 255-6879 I.U. por 100 g de porción comestible. Por otro lado, las variedades moradas contienen antocianinas.

Atributos nutricionales (por 100 gramos de peso fresco)[11,37,39,40]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Calcio (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
0.7-2.0	0.1-1.2	0.4	45-128	0.02-0.35	0.01-0.09	0.7-4.5	18.3-28.4

Resiliencia climática y adaptación

Siendo un cultivo rústico, es probable que la arracacha se logre adaptar a las condiciones del cambio climático. La especie está adaptada a climas intermedios con precipitaciones de 500 a 1,200 mm al año y podría expandirse hacia mayores alturas bajo un escenario de calentamiento global. Es poco afectado por plagas y enfermedades, además rinde en condiciones de manejo con pocos insumos externos. Está adaptada a sistemas de policultivo y condiciones de sombra[30,31]. Es sensible a excesos de humedad y variabilidad de temperaturas, especialmente temperaturas muy bajas o altas[32]. Responde bien a la fertilización orgánica, pero tiene baja respuesta a los fertilizantes nitrogenados[33,34].

Gastronomía

Como alimento, las raíces son muy versátiles, ampliamente aceptadas y pueden usarse en preparaciones saladas y dulces. Hay preparados antiguos como el puchero o sancochado, en sopa, tortillas, puré, frita, caldo verde, con queso, pasteles, sopas, papillas para niños, picarones o buñuelos. Otras variantes son arracacha rellena, causa de arracacha, pastel y carapulcra de arracacha[26,48]. En preparados dulces destaca el rallado de arracacha, una conserva de antigua tradición en el norte peruano[26,42]. Los usos más modernos son purés, sopas instantáneas, precocidos, chips, almidón y harina[49-51].



Arracacha

Arracacia xanthorriza

• Juan F. Seminario (Peru), National University of Cajamarca (UNC) • Karl S. Zimmerer (USA), Penn State: The Pennsylvania State University

Arracacha (*Arracacia xanthorriza* Bancroft) is an Andean crop with an excellent flavor, texture and potential for gastronomic use. The arracacha root is greatly appreciated by many Andean cultures although not widely consumed today. It is also known as *racacha*, *apio criollo*, *apio venezolano* y *zanahoria blanca* in Andean countries, and *mandioquinha*, *mandioquinha-salsa* or *batata-baroa* in Brasil. The names and variants *laqachu*, *raqacha* y *virraca* are words from the Quechua language and still currently used in Bolivia y Perú[1-3]. It stands out for its high-quality starch[4,5], digestibility and as an ingredient for baby food.

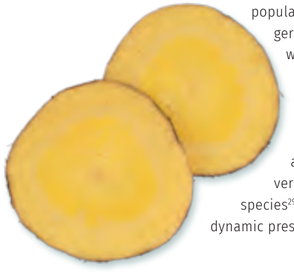
Distribución geográfica

In the Andes, arracacha is mainly distributed between 1,500 and 2,800 meters above sea level[11]. Its original dispersion stretches from Venezuela to Bolivia, but the biggest cultivated areas are currently in the north of Peru, Ecuador and Venezuela. Nevertheless, the most significant area of cultivation is in Brazil. It is also cultivated in Central America, the Caribbean and the Antilles. Arracacha has not managed to expand to North America and Europe. Outside of the Americas, it has been introduced in parts of Africa and Sri Lanka[11,18-20]. It is common to find arracacha in vegetable gardens, growing in mixed plots with corn, beans or fruit trees.



Varietal diversity

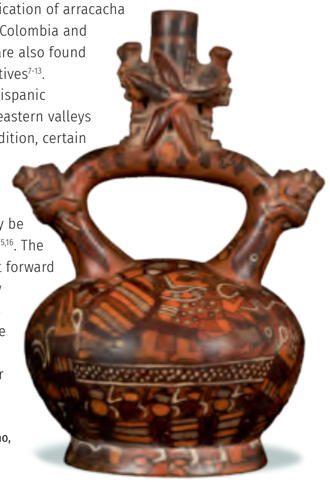
Arracacha belongs to the family Apiaceae or Umbelliferae. Groups are commonly differentiated by root color: white, yellow and purple arracacha[21,22]. Morphological and genetic studies have shown a wide varietal diversity[23,24]. In Colombia, 7 groups in 62 accessions were found[25]; in Ecuador 5 groups in 72 accessions[26]; in Peru, 9 varieties in Cusco[27], and 76 morphological types in 186 accessions between Cajamarca and Piura[21]. A genetic characterization of a population of 334 accessions, from 5 Peruvian germplasm banks, showed a geographic grouping without encountering duplicates[28,29].



There are arracacha germplasm banks in the national research programs in Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru and Venezuela, in addition to the region's universities. There are very few studies about *in situ* conservation of the species[29]. Clearly, more investment is required for the dynamic preservation and monitoring of this resource.

Origin

The current views on domestication of arracacha identify an origin in areas of Colombia and Bolivia[6,7]. In these countries are also found many of the closest wild relatives[7-13]. Archaeology shows the pre-Hispanic presence of the plant in the eastern valleys of the Bolivian Andes[14]. In addition, certain pictograms on Nazca pottery, attributed to the yuca because of the shape of the roots, are believed to actually be representations of arracacha[15,16]. The hypothesis has also been put forward that arracacha was especially important in ancient cultures in the Peruvian highlands: the shape of its roots is believed to have served as a model for tripod pottery[17].



• Cerámica Tiahuanaco. Museo Amano, Lima •• Tiahuanaco ceramic. Amano Museum, Lima.

Climate resilience and adaptation

As a hardy crop, arracacha is likely to withstand and adapt to some of the conditions of climate change. The species has adapted to intermediate climates with precipitation of 500 to 1,200mm a year, and could expand to higher elevations in a scenario of global warming. Arracacha is not affected by many pests and diseases, and does well under management conditions with few external inputs. It is adapted to diverse cultivation systems and shade[30,31]. It is sensitive to excess humidity and variability of temperatures, especially very low or high temperatures[32]. It responds well to organic fertilization, but has a poor response to nitrogen fertilizers[33,34].

Nutrition

Arracacha is one of the most promising native crops, especially due the quality of its starch, which is characterized by its small to medium-sized granules of 15 to 30 µm. It's easily digestible and used for baby food. The amylose content of the starch is high and fluctuates between 17.5–39%.[4,30,35,36]. The root has high caloric content with levels of dry materials varying from 17 to 35%. It also contains proteins, micronutrients and macronutrients and vitamins[22,37,38]. The yellow varieties contain carotenoids, precursors of vitamin A, with values that fluctuate between 255-6879 I.U. per 100g per edible portion. In addition, the purple varieties contain anthocyanins.

Nutritional attributes (per 100g fresh weight)[11,37,39,40]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Calcium (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
0.7-2.0	0.1-1.2	0.4	45-128	0.02-0.35	0.01-0.09	0.7-4.5	18.3-28.4



Gastronomy

As a food, the roots are highly versatile and can be used in savory and sweet recipes. There are traditional recipes that use arracacha such as *puchero* or *sancochado*, and it can be added to soups, tortillas, purees, fried foods, used as a vegetable broth, and with cheese and in pastries, as well as in *picarones* or buñuelos. Other popular foods made with arracacha include stuffed arracacha, *causa*, pies and *carapulcra* made of arracacha[26,68]. In sweet recipes, the most noteworthy is *rallado de arracacha*, a chutney of long-standing tradition from the north of Peru[26,42]. The most modern applications are as purees, instant soups, chips, or as starch or flour for a variety of recipes[69-51].





Economic potential

Arracacha has great potential which not yet realized in the Andean region. The case of Brazil is an example which could be replicated[26,41-43]. Innovations in the selection of promising varieties, the promotion of family grower associations and the development of value chains of the fresh crop and for agro-industry have resulted in a growth of 9,000 hectares in 1994 to 30,000 hectares in 2021.

The fresh arracacha root is very versatile and can offer a change from foods such as potato and yuca. The quality after harvesting is a challenge since the roots are highly perishable[44,45]. Refrigeration and the use of packaging could extend its shelf life. Over the last decade, arracacha has been added to the menus in hospitals in Peru as it is recognized to contain nutritional and digestive benefits for children and elderly people.

Arracacha can be processed to obtain starch, flour, chips and baby food. It can replace wheat flour up to 40% in breadmaking[46]. The preparation of rallado de arracacha is an artisanal agriculture and production sector in the north of Peru that has the characteristic to become a special market with appellation of origin[26,43]. It's been suggested that discarded arracacha parts are a promising raw material to process into bioethanol[47].

Oca | *Oxalis tuberosa*

• Eve Emshwiller (USA), Universidad de Wisconsin-Madison

La oca (*Oxalis tuberosa* Molina) es un cultivo herbáceo con tubérculos tallosos subterráneos que muestran una impresionante paleta de vivos colores: blanco, negro, amarillo, naranja, rosa y rojo. En Bolivia, Ecuador y Perú, el cultivo se conoce comúnmente como oca en español, *uqa* o *apilla* en quechua, y *apiña* en aimara[1]. En Colombia, el cultivo se conoce como *cubio*. La temporada de crecimiento de la oca es de 7 a 9 meses y los cultivos desarrollan tubérculos cuando la duración del día se acorta al final de la temporada de lluvias (generalmente en marzo en los Andes). La oca ocupa el segundo lugar después de la papa en la dieta y los sistemas de cultivo de millones de agricultores de las tierras altas. Es particularmente importante para la seguridad alimentaria en los Andes debido a su contenido nutricional, su papel en los ciclos de rotación de cultivos con otros cultivos nativos de raíces y tubérculos (papa, mashua y olluco) y las técnicas tradicionales de procesamiento que transforman la oca en *kawi* (oca seca) o *kaya* (deshidratada pero no liofilizada) para almacenamiento a largo plazo.

Distribución geográfica

En la actualidad, la oca se cultiva desde los 2,800 hasta los 4,100 msnm en Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Los agricultores quechuas y aimaras de Perú y Bolivia producen el mayor volumen de oca. El cultivo ha sido popular desde el siglo XIX en Nueva Zelanda, donde se lo conoce como ñame[6,21]. En los últimos años, la oca también ha ganado popularidad entre los horticultores tradicionales de Europa y EE.UU.



Origen

La oca fue domesticada en la región andina mucho antes de la época de los incas. Poblaciones de especies silvestres de *Oxalis* con tubérculos más pequeños se encuentran en varias áreas de la región andina central, particularmente en Perú, Bolivia y Argentina[2]. La oca probablemente se originó a través de la hibridación entre especies andinas silvestres dentro de un grupo llamado "alianza *Oxalis tuberosa*" seguida de la selección de los agricultores[3]. Investigaciones recientes sugieren que la evolución del cultivo a través del flujo de genes y la incorporación inconsciente de genotipos producidos sexualmente es un proceso continuo[4].



Adaptación y resiliencia climática

La oca es un cultivo versátil y es probable que su diversidad varietal lo ayude a crecer en una amplia variedad de entornos ecológicos. Está bien adaptado a las condiciones de secano, suelos marginales y climas rigurosos y los agricultores reconocen los grupos de variedades con tolerancia a las heladas y la sequía[10]. A pesar de que la oca es resistente al clima adverso, ha recibido poca atención en el desarrollo y la investigación agrícolas.

Las amenazas para la oca incluyen eventos extremos fuera de temporada (granizo, heladas), sequía prolongada y, en particular, la expansión continua del rango y el daño causado por el gorgojo de la oca (*Adioristidius tuberculatus*)[12].



Diversidad varietal

Los tubérculos varían mucho en su morfología. Entre los cultivos de raíces y tubérculos andinos, la oca ocupa el segundo lugar después de la papa en cuanto a su abundante diversidad varietal[4,5]. A lo largo de los Andes, se cultivan ampliamente cientos de variedades coloridas y los hogares individuales típicamente mantienen entre 3 y 20 variedades. El Centro Internacional de la Papa (CIP) mantiene la colección de bancos de germoplasma más grande del mundo.

Las comunidades agrícolas a menudo nombran las variedades en función de sus formas, color y sabor[5]. Un grupo particular de variedades extremadamente ácidas conocidas como *p'usqu* en quechua se usa comúnmente para deshidratar y producir *kaya*[17]. Ejemplos de variedades no ácidas específicas incluyen yana *ushpa* (ceniza negra), *yuraq ushpa* (ceniza blanca), *higos* (como un higo) o *puka panti* (panti rojo, una flor silvestre andina)[5,7-11].

Potencial económico

El potencial económico de oca está muy poco desarrollado. Si bien está presente en la cocina rural y es popular en los mercados comunes de los Andes, la oca no se comercializa comúnmente a través de puntos de venta minoristas modernos. Al igual que la papa nativa, el cultivo tiene todas las características necesarias para reaparecer y recuperar popularidad entre los consumidores jóvenes y los restaurantes. Se necesitan campañas de educación y promoción para difundir su uso versátil y superar la percepción de "comida de los pobres"[21].

Nutrición

La oca es una excelente fuente de carbohidratos, vitamina C y es una fuente valiosa de pigmentos funcionales, como antocianinas y carotenoides, indicados por la amplia variedad de pigmentos de color que se encuentran en la piel y la pulpa[13]. Los niveles de oxalato de los tubérculos hervidos oscilan entre 77 y 220 mg / 100 g (peso fresco)[13].

Atributos nutricionales (por 100 gramos de peso fresco)[11-18]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)	Lisina (mg)†
0.7-2.0	0.1-1.2	0.4	45-128	0.02-0.35	0.01-0.09

† Valor por g de proteína.



Gastronomía

La oca se cultiva principalmente por su tubérculo comestible, pero las hojas y los brotes jóvenes se pueden comer como verdura. La oca se puede comer cruda con sal, limón y ají; el sabor es ligeramente ácido, con una textura que va desde crujiente cuando está cruda hasta almidonada o harinosa cuando se cocina.

La oca dulce, variedades con niveles más bajos de ácido oxálico, se expone a la luz solar, disminuyendo el contenido de ácidos orgánicos y aumentando así el dulzor[19,20]. La oca se puede utilizar de forma creativa de muchas formas al cocer al vapor, hervir y hornear para usares como guarnición, en ensaladas o en platos principales. La oca deshidratada (*kaya*) y la oca seca (*kawi*) se utilizan en algunos platos tradicionales únicos y brindan posibilidades ilimitadas para innovaciones en la gastronomía.



Oca

Oxalis tuberosa

• Eve Emshwiller (USA), University of Wisconsin-Madison

Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) is an herbaceous crop with underground stem tubers displaying an impressive palette of vivid colors: white, black, yellow, orange, pink, and red. In Bolivia, Ecuador and Peru the crop is commonly known as oca in Spanish, as uqa or apilla in Quechua, and as apiña in Aymara[1]. In Colombia the crop is known as cubio. Oca's growing season is 7 to 9 months and the crops develops tubers when day lengths shorten at the end of the rainy season (usually in March in the Andes). Oca is second only to potato in the diet and cropping systems of millions of highland farmers. It is particularly important to food security in the Andes due to its nutritional content, its role in crop rotation cycles with other native root and tuber crops (potato, mashua and olluco), and traditional processing techniques transforming oca into *kawi* (dried oca) or *kaya* ("freeze-dried" oca, but not lyophilized) for long-term storage.

Geographic distribution

Today, oca is cultivated from 2,800 to 4,100 meters of altitude in Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru, and Venezuela. The Quechua and Aymara farmers in Peru and Bolivia produce the greatest volume of oca. The crop has been popular since the 19th century in New Zealand where it is known as yam[6,21]. In recent years oca has also gained popularity among heirloom vegetable gardeners in Europe and the USA.





Origin

Oca was domesticated in the Andean region long before Inca times. Populations of wild Oxalis species bearing smaller tubers are found across several areas of the central Andean region, particularly Peru, Bolivia, and Argentina[2]. Oca probably originated through hybridization between ancestral wild Andean species within a group called the "*Oxalis tuberosa* alliance" followed by farmer selection[3]. Recent research suggests that the crop's evolution through geneflow and the unconscious incorporation of sexually produced genotypes is an ongoing process[4].



Climate resilience and adaptation

Oca is a versatile crop and its varietal diversity is likely to help it grow in a variety of ecological settings. It is well-adapted to rainfed conditions, marginal soils and harsh climates with farmers recognizing groups of varieties with frost and drought tolerance[10]. Even though oca is climate resilient, it has received little attention in agricultural development and research.

Threats to oca include out-of-season extreme events (hails, frost), prolonged drought and particularly the continued range expansion and damage done by the oca weevil (*Adioristidius tuberculatus*)[12].

Economic potential

Oca's economic potential is vastly underdeveloped. While present in the rural cuisine and popular in common markets throughout the Andes, oca is not commonly commercialized through modern retail outlets. Just like native potatoes, the crop has all the characteristics needed to make a comeback and regain popularity among young consumers and restaurants. Education and promotion campaigns are needed to diffuse its versatile use and to overcome a perception of "poor person's food."[21]



Varietal diversity

Tubers vary greatly in their morphology. Among the Andean roots and tuber crops, oca comes second after potato in terms of its abundant varietal diversity[4,5]. Throughout the Andes hundreds of colorful varieties are widely grown and individual households typically maintain somewhere between 3 to 20 varieties. The International Potato Center (CIP) maintains the crop's largest genebank collection in the world.

Farming communities often name varieties based on their shapes, color as well as flavor[5] A particular group of extremely sour varieties known as p'usqu in Quechua is commonly used to freeze-dry into a *kaya*[17]. Examples of specific non-sour varieties include *yana ushpa* (black ash), *yuraq ushpa* (white ash), *higos* (like a fig) or *puka panti* (red panti, an Andean wildflower)[5,7-11].

Nutrition

Oca is a good source of carbohydrates, vitamin C and is a valuable source of functional pigments, such as anthocyanins and carotenoids, indicated by the wide variety of color pigments found in oca skin and flesh[13]. Oxalate levels of boiled tubers range between 77 to 220 mg/100 g (fresh weight basis)[13].

Oca nutrition highlights (per 100 g fresh weight) [11-18]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)	Lysine (mg)†
0.7-2.0	0.1-1.2	0.4	45-128	0.02-0.35	0.01-0.09

† Value per g protein.



Gastronomy

Oca is cultivated primarily for its edible stem tuber, but the leaves and young shoots can be eaten as a green vegetable. Oca may be eaten raw with salt, lemon, and hot pepper; the flavor is slightly tangy and can be acidic, with texture ranging from crunchy when raw to starchy or mealy when cooked.

Sweet oca, which contains varieties with lower levels of oxalic acid, is exposed to the sunlight, decreasing the organic acid content and thereby increasing the sweet taste[19, 20]. Oca can be used creatively in numerous ways by steaming, boiling, oven-baking for a side dish, salads or main courses. Freeze-dried oca (*kaya*) and dried oca (*kawi*) are used in some unique traditional dishes and provide unlimited possibilities for innovations in gastronomy.



Ulluco

Ullucus tuberosus

• Francisco Vivanco (Perú) • Iván Manrique (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

Después de la papa, el ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) es el tubérculo con mayor área de cultivo en Perú y Ecuador; y el tercero en Bolivia, luego de la papa y la oca. Su consumo y comercialización contribuyen a la seguridad alimentaria y generación de ingresos monetarios para miles de agricultores altoandinos. Tan solo en el Perú se cosechan anualmente más de 25,000 hectáreas. El nombre ulluco deriva de la palabra quechua *ulluku*. En Perú se le conoce como olluco, *olloco*, *ullush* y *lisas*; en Bolivia como *papalisa*, *lisa*, *ulluma* e *illaco*; en Ecuador como *melloco*, *hubas* y *chuga*; en Colombia como *chugua*, *rubas* y camarones de tierra; en Venezuela como *ruba*, *tiquiño* y *michuri*; y en Argentina como papa verde y *olloco*[1,2,3].

Distribución geográfica

La distribución natural se extiende desde Venezuela (10° latitud norte) hasta el norte de Argentina (23° latitud sur), entre los 2,600 y 4,100 msnm, pero principalmente entre 3,000 y 4,000 msnm[3,8]. Fuera de su centro de origen, el cultivo ha sido exitoso cerca al nivel del mar en Canadá, Nueva Zelanda, Finlandia e Inglaterra, aunque sin fines comerciales[1,9].



Diversidad varietal

La diversidad varietal se mantiene *in situ* o en campos de agricultores. La mayoría de las variedades son para autoconsumo y solo algunas pocas son comerciales. En Perú, por ejemplo, las variedades comerciales más comunes son 'canario', 'zanahoria' y 'galleta'; mientras que en Ecuador son '*puka*' y '*killu*', y en Bolivia es 'holandesa'.

La diversidad también es conservada en bancos de germoplasma de varias instituciones en la región. En la colección del CIP, que consta de 547 accesiones originarias de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y Argentina[10,11], se ha encontrado una alta diversidad genética, que incluye diferentes colores y formas de los tubérculos y otros órganos de la planta[12,13]. Siendo una especie de manejo clonal, la alta diversidad del ulluco puede ser explicada en su capacidad de producir semilla botánica viable y en los procesos de selección continua por parte de los agricultores andinos[14].



Origen

El género Ullucus incluye una sola especie, e incluye todas las formas cultivadas (*Ullucus tuberosus* subsp. *tuberosus*) y silvestres (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*). Las formas cultivadas son mayormente diploides (2n=2x=24) mientras que las silvestres son triploides (2n=3x=36). Las silvestres además tienen porte rastrero y producen siempre tubérculos pequeños, amargos y no comestibles[4,5,6]. Los restos arqueológicos más antiguos (~2000 a.C.) han sido encontrados en los vestigios vegetales de Ancón-Chillón en la costa del Perú[2]. La domesticación del ulluco podría haber ocurrido en una región comprendida entre los Andes centrales de Perú y el norte de Argentina[7].

Nutrición

El contenido de macronutrientes (carbohidratos, proteínas y grasa) es similar al de los otros tubérculos andinos[17], pero el de micronutrientes (vitaminas y minerales) es bastante bajo. Los tubérculos no contienen carotenoides y antocianinas, y la cantidad de compuestos fenólicos totales es reducida. Como consecuencia, el ulluco tiene una capacidad antioxidante mucho menor que la papa, la oca y la mashua. Sin embargo, los tubérculos son ricos en betalaínas, un tipo particular de pigmentos de fuerte intensidad[18]. Al menos 20 tipos de betaxantinas (pigmentos amarillos) y 12 tipos de betacianinas (pigmentos rojos) han sido reportados[19]. Los tubérculos también son una fuente importante de mucílago[20], un carbohidrato especial con diversas propiedades y aplicaciones en la industria alimentaria.

Atributos nutricionales (por 100 gramos de peso fresco)[11-18]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc[22] (mg)	Vitamina B3[17,22] (mg)	Betalaínas (mg)	Lisina (mg)†
1.1-2.3	0.9-1.1	0.37	11.5-26.0	2.2-9.6	41-55

† Valor por 1 g de proteína.



Gastronomía

Sopas (chupe, sopa de lisas) y guisos (olluquito con charqui, ajiaco de olluco, cocido boyacense, sajta o ají de papalisa) son los platos más tradicionales de la gastronomía andina[2]. En algunas comunidades altoandinas es común la elaboración del "*chulqi*" o "*lingli*", similar al chuño de papa, que es empleado como espesante en la preparación de diversos platos. La versatilidad de usos, la textura y el color intenso de los tubérculos son los principales atributos reconocidos del ulluco por la gastronomía novoandina[23].





Potencial económico

El potencial para expandir su consumo e iniciar su procesamiento resultan muy interesantes, aunque paralelamente debe invertirse esfuerzos en investigación que permitan diversificar sus usos. Considerando que el ulluco es muy conocido por los consumidores, se podría promover la venta de mezclas varietales en mercados y paralelamente incentivar el consumo de productos ancestrales que son procesados en las zonas rurales y tienen una larga tradición de uso. El ulluco es una importante fuente de mucilago (2.0-7.4% del peso fresco de los tubérculos[20]) y varias aplicaciones potenciales han sido identificadas para su uso en la industria farmacéutica y cosmética[22]. Los tubérculos también son ricos en betalaínas con un amplio rango de colores intensos y muy atractivos, que fácilmente podrían generar el interés de la industria de alimentos y la cosmética como nuevas fuentes de pigmentos naturales.

Resiliencia climática y adaptación

En comparación a las otras tuberosas andinas, el ulluco tolera mejor las bajas temperaturas y las heladas. El cultivo es afectado seriamente por varias plagas y enfermedades, cuya incidencia se ha acentuado como consecuencia del cambio climático y obliga con mayor frecuencia a retrasar las siembras y limitar las áreas de cultivo. En la sierra central del Perú, las plagas más importantes son el gorgojo del ulluco (*Amathynetoides nitidiventris*), que puede ocasionar hasta 50% de daño a los tubérculos, y el gusano de tierra (*Copitarsia turbata* y *Agrotis hispidula*)[15]. Al menos ocho enfermedades virales han sido reportadas para ulluco y su presencia ha sido detectada en más del 90% de la colección in vitro del CIP y en campos de agricultores. Los virus UMV, UVC, PapMV y PLRV pueden llegar a reducir el rendimiento hasta un 30%[16].

Ulluco

Ullucus tuberosus

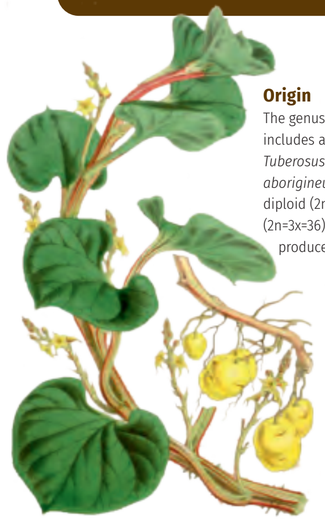
• Francisco Vivanco (Peru) • Ivan Manrique (Peru), International Potato (CIP)

After the potato, ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) is the tuber with the largest cultivation area in Peru and Ecuador; and the third largest cultivation area in Bolivia, after the potato and the oca. Its consumption and commercialization contribute to food security and the generation of monetary income for thousands of farmers in the high Andes. In Peru alone, more than 25,000 hectares are planted and harvested annually. The name *ulluco* derives from the Quechua word ulluku. In Peru it is known as *olluco*, *olloco*, *ullush* and *lisas*; in Bolivia as *papalisa*, *lisa*, *ulluma*, and *illaco*; in Ecuador as *melloco*, *hubas*, and *chuga*; in Colombia as *chugua*, *rubas*, and *camarones de tierra* (shrimp of the earth); in Venezuela as *ruba*, *tiquiño*, and *michuri*; and in Argentina as *papa verde* (green potato) and *olloco*[1,2,3].

Geographic distribution

Its natural distribution extends from Venezuela (10° North latitude) to northern Argentina (23° South latitude) and between 2,600 and 4,100 meters above sea level, but mainly between 3,000 and 4,000 meters[3,8]. Outside its center of origin, cultivation has been successful near sea level in Canada, New Zealand, Finland, and England, although without commercial purposes[1,9].





Origin

The genus *Ullucus* includes a single species and includes all cultivated (*Ullucus tuberosus* subsp. *Tuberosus*) and wild (*Ullucus tuberosus* subsp. *aborigineus*) forms. The cultivated forms are mostly diploid (2n=2x=24) while the wild ones are triploid (2n=3x=36). The wild ones also are creeping and always produce small, bitter, and inedible tubers[4,5,6].

The oldest archaeological remains (~2000 BC) have been found in the plant remains of Ancón-Chillón on the central coast of Peru[2]. The domestication of the ulluco could have occurred in a region between the central Andes of Peru and northern Argentina[7].



Varietal diversity

Varietal diversity is maintained *in situ* or in farmers' fields. Most of the varieties are for self-consumption and only a few are commercial. In Peru, for example, the most common commercial varieties are *canario*, *zanahoria*, and *galleta*, while in Ecuador they are *puka* and *killu*, and in Bolivia, the variety is *holandesa*.

Diversity is also conserved in genebanks of various institutions in the region. In the International Potato Center (CIP) collection, which consists of 547 accessions originating from Peru, Bolivia, Ecuador, Colombia, and Argentina[10,11], a high genetic diversity has been found, including different colors and shapes of the tubers and other organs of the plant[12,13]. Being a clonally reproduced species, the high diversity of ulluco can be explained by its ability to produce viable botanical seed and in the continuous selection processes by Andean farmers[14].



Economic potential

The potential to expand its consumption and processing is high, although at the same time, efforts must be invested in research to diversify its uses. Considering that ulluco is well known by consumers, the sale of varietal mixtures in markets could be promoted while also encouraging the consumption of ancestral products that are processed in rural areas and have a long tradition of use. Ulluco is an important source of mucilage (2.0-7.4% of the fresh weight of tubers)[20] and several potential applications have been identified for its use in the pharmaceutical and cosmetic industry[22]. The tubers are also rich in betalains with a wide range of intense and very attractive colors, which could easily generate the interest of the food and cosmetic industries as new sources of natural pigments.

Climate resilience and adaptation

Compared to the other Andean tubers, ulluco is better able to tolerate low temperatures and frosts. The crop is seriously affected by some pests and diseases, the incidence of which has increased because of climate change and forces farmers to delay planting and limit the growing areas as a way to protect the crop. In the central highlands of Peru, the most important pests are the ulluco weevil (*Amathynetoides nitidiventris*), which can cause up to 50% damage to tubers, and the earthworm (*Copitarsia turbata* and *Agrotis hispidula*)[15]. At least eight viral diseases have been reported for ulluco and its presence has been detected in more than 90% of CIP's in vitro collection and in farmers' fields. A number of viruses (UMV, UVC, PapMV, and PLRV) can reduce performance by as much as 30%[16].

Nutrition

The macronutrient content (carbohydrates, proteins, and fat) is like that of other Andean tubers[17], but the micronutrient content (vitamins and minerals) is quite low. The tubers do not contain carotenoids and anthocyanins, and the amount of total phenolic compounds is low. As a result, ulluco has a much lower antioxidant capacity than potatoes, oca, and mashua. However, the tubers are rich in betalains, a particular type of highly intense pigment[18]. At least 20 types of betaxanthins (yellow pigments) and 12 types of betacyanins (red pigments) have been reported[19]. Tubers are also an important source of mucilage[20], a special carbohydrate with various properties and applications in the food industry.

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[11-18]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc[22] (mg)	Vitamin B3[17,22] (mg)	Betalains (mg)	Lysine (mg)†
1.1-2.3	0.9-1.1	0.37	11.5-26.0	2.2-9.6	41-55

† Values per 1g of protein.



Gastronomy

Soups and stews (*olluquito con charqui*, *ajiaco de olluco*, *cocido boyacense*, *sajta*, or *ají de papalisa*) are among the most traditional dishes of Andean gastronomy[2]. In some high Andean communities it is common to make *chulqi* or *lingli*, similar to *chuño* potato, which is used as a thickener in the preparation of various dishes. The versatility of uses, the texture and the intense color of the tubers are the main attributes of ulluco recognized by Novo-Andean gastronomy[23].



Maca

Lepidium meyenii

• Iván Manrique (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

A inicios de la década de 1980, la maca (*Lepidium meyenii* Walp.) había sido declarada en peligro de extinción. Tan solo existían 50 hectáreas del 'ginseng de los Andes', específicamente en la meseta de Bombón, en Perú[1]. La historia de cómo la maca ganó un espacio en el mercado mundial de alimentos funcionales y luego se convirtió en un recurso andino emblemático, resulta fascinante; y despertó interés entre científicos a partir de investigaciones pioneras de la botánica peruana Gloria Chacón. Mas allá de su bien reputada popularidad como un vigorizante y restaurador de la fertilidad, la maca tiene un enorme potencial en para la bioeconomía y el biocomercio, y ofrece oportunidades para la generación de ingresos a familias asentados por encima de los 4,000 msnm.

Distribución geográfica

La distribución natural abarca las planicies altoandinas de Pasco y Junín en Perú, entre 3,500 y 4,500 msnm[4], en donde la maca era hasta hace poco endémica. En la década de 1990, luego del primer auge comercial, las áreas de cultivo se extendieron a otras regiones del Perú[5]. En la siguiente década, la semilla salió del Perú (de manera informal) y empezó a sembrarse en otros países, principalmente en China. Se estima que la superficie de siembra actual en Perú es alrededor de 3,000 ha, mientras que en China superarian las 10,000 ha[6].





Origen

Diversas evidencias sugieren que la maca se habría originado y domesticado en las inmediaciones de la meseta de Bombón, entre Junín y Pasco. Los registros fósiles más antiguos de hipocótilos (la parte comestible de la planta) han sido encontrados en la cueva Panaulauca, cerca al lago Junín, y han sido fechados entre 1,900-1,600 a.C.[2]. Sugieren que la maca es un cultivo relativamente reciente (comparado con otras raíces y tuberosas andinas) y aún se encuentra en pleno proceso de domesticación[3].

Diversidad varietal

Las principales colecciones de germoplasma se conservan en el Centro Internacional de la Papa (CIP), el Instituto Nacional de Innovación Agraria, la Universidad Nacional Agraria La Molina y la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. La colección del CIP es la más grande y está conformada por 157 accesiones cultivadas y 291 accesiones de especies silvestres relacionadas[7,8].

La diversidad del cultivo ha sido asociada al color de los hipocótilos. Así, es posible distinguir macas negras, moradas, rojas, amarillas y plomas, entre otras. Desafortunadamente, las herramientas morfológicas y moleculares de análisis han sido poco desarrolladas para la maca y limitan la comprensión de la diversidad real del cultivo. Los pocos estudios realizados indican que la diversidad es baja[9]. La conservación *in situ* de la diversidad sigue un proceso vigente en Pasco y Junín. Sin embargo, hace falta un monitoreo sistemático del estado de conservación de la maca en su hábitat natural.



Potencial económico

La maca ha logrado posicionarse en el mercado de energizantes naturales y restauradores de la fertilidad. Sin embargo, se han encontrado también efectos favorables sobre la espermatogénesis, función reproductiva, memoria, osteoporosis y contra la hiperplasia benigna de próstata[19-23]. Todo ello ha llevado al reconocimiento de la maca como un importante suplemento alimenticio.

Las exportaciones peruanas de maca en los últimos años han bordeado los US$13 millones. En 2014 y 2015 las exportaciones alcanzaron un valor histórico de US$36 millones[24], pero recuperaron su valor habitual luego que China empezó a producir maca. El desafío es desarrollar innovaciones para diversificar los usos y aplicaciones de la maca.

En el mundo se han presentado más de 4000 solicitudes de patente que involucran el uso de la maca, de las cuales únicamente 20 son peruanas[25].

Resiliencia climática y adaptación

La maca es una especie bianual, lo que significa que requiere dos años para completar un ciclo de vida completo. El primer año del ciclo inicia en agosto con la siembra de los hipocótilos, y culmina en marzo con la cosecha de abundante semilla botánica. Un solo hipocótilo produce en promedio alrededor de dos mil semillas. El segundo año del ciclo inicia entre setiembre y octubre con la siembra de la semilla botánica y culmina entre mayo y julio del siguiente año con la cosecha de los hipocótilos. Cada planta cosechada produce un solo hipocótilo[4].

En su lugar de origen, la maca es un cultivo rústico y de fácil manejo, completamente adaptado a los hábitats fríos del Altiplano y la puna. Para escapar a las heladas y coincidir con la temporada de lluvias, la siembra se hace normalmente entre agosto y octubre[10]. Hace aproximadamente dos décadas la maca ha conseguido ser adaptada a altitudes relativamente bajas (2,700-3,200 msnm) en las provincias chinas de Yunnan, Xinjiang y el Tibet[11].

Nutrición

Los micronutrientes y metabolitos secundarios son los constituyentes más relevantes. La maca contiene glucosinolatos, los compuestos químicos responsables del sabor pungente y característico de muchas crucíferas, y a los que se han asociado propiedades anticancerígenas[12]. El benzilglucosinolato es el glucosinolato más abundante en los hipocótilos. Otros metabolitos secundarios y distintivos de la maca son las macaenas y las macamidas, y se ha sugerido que son los principales responsables de los efectos benéficos de la maca[13-15]. El contenido de macamidas y otros metabolitos secundarios es significativamente mayor en las macas sembradas en sus lugares de origen (Perú), en comparación a las crecidas en otros países. La variedad, la localidad (ambiente) y las condiciones poscosecha afectan significativamente el valor nutricional y nutraceútico de la maca[16,17].

Atributos nutricionales (por 100 gramos de peso fresco)[17]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Benzilglucosinolato	Macamidas[18] (mg)	Lisina (mg)†
9.3-21.0	5.8-55.0	2.3-3.1	28.0-231.0	314.0-621.0	36.29-61.01

† Valor por g de proteína.



Gastronomía

La forma más extendida de consumo en Perú es como bebida en los desayunos que se venden en puestos y carretillas callejeras. La maca también se agrega a los jugos de frutas y en los muslis, y frecuentemente es empleada para la fortificación de diversos productos como avena, pan o barras energéticas y para elaborar alimentos vigorizantes. Debido a su intenso sabor pungente, la maca suele usarse en pequeñas cantidades[26]. Para la cocina novoandina y la alimentación saludable la maca ofrece un sinnúmero de posibilidades.



Maca

Lepidium meyenii

• Iván Manrique (Peru), International Potato Center (CIP)

In the early 1980s, maca (*Lepidium meyenii* Walp.) had been declared endangered. There were only 50 hectares of "ginseng from the Andes", specifically in the Bombón plateau, in Peru[1]. The story of how maca gained a place in the world market for functional foods and then became an emblematic Andean resource is fascinating, and it aroused interest among scientists due to the pioneering investigations of the Peruvian botanist Gloria Chacón. Beyond its well-reputed popularity as an invigorator and fertility restorer, maca has enormous potential for the bioeconomy and biotrade, and offers income-generating opportunities for families living at over 4,000 meters above sea level.

Geographic distribution

The natural distribution of maca covers the high Andean plains of Pasco and Junín in Peru, between 3,500 and 4,500 masl[4], where it was endemic until recently. In the 1990s, after the first commercial boom, the cultivation areas were extended to other regions of Peru[5]. In the following decade, the seed left Peru (informally) and began to be sown in other countries, mainly in China. It is estimated that the current planting area in Peru is around 3,000 ha, while in China it exceeds 10,000 ha[6].





Origin

A variety of evidence suggests that maca originated and was domesticated in the vicinity of the Bombón plateau, between Junín and Pasco. The oldest fossil records of hypocotyls (the edible part of the plant) have been found in the Panaulauca cave, near Lake Junín, and have been dated between 1900 and 1600 B.C.[2] This suggests that maca is a relatively recent crop (compared to other Andean roots and tubers) and still in the process of domestication[3].



Varietal diversity

The main germplasm collections are kept at the International Potato Center (CIP, for its acronym in Spanish), the National Institute for Agrarian Innovation, the La Molina National Agrarian University and the Daniel Alcides Carrión National University. The CIP collection is the largest and is made up of 157 cultivated accessions and 291 accessions of related wild species[7,8].

The diversity of the crop has been associated with the color of the hypocotyls. Thus, it is possible to distinguish black, purple, red, yellow, and gray maca, among others. Unfortunately, morphological and molecular analysis tools have been poorly developed for maca and limit the understanding of the true diversity of the crop. The few studies carried out indicate that diversity is low[9]. The in situ conservation of diversity follows a process currently happening in Pasco and Junín. However, systematic monitoring of the conservation status of maca in its natural habitat is necessary.

Climate resilience and adaptation

Maca is a biennial species, which means that it requires two years to complete a full life cycle. The first year of the cycle begins in August with the sowing of the hypocotyls, and ends in March with the harvest of abundant botanical seeds. A single hypocotyl produces on average about two thousand seeds. The second year of the cycle begins between September and October with the sowing of the botanical seed and ends between May and July of the following year with the harvest of the hypocotyls. Each harvested plant produces only one hypocotyl[4].

In its place of origin, maca is a hardy and easy-to-manage crop, fully adapted to the cold habitats of the Altiplano. To escape frost and coincide with the rainy season, sowing is normally done between August and October[10]. Approximately two decades ago, maca has managed to be adapted to relatively low altitudes (2,700 to 3,200 masl) in the Chinese provinces of Yunnan, Xinjiang, and Tibet[11].

Nutrition

The micronutrients and secondary metabolites are the most relevant constituents. Maca contains glucosinolates, the chemical compounds responsible for the pungent and characteristic taste of many crucifers, and with which anticancer properties have been associated[12]. Benzylglucosinolate is the most abundant glucosinolate in hypocotyls. Other distinctive and secondary metabolites of maca are macaenas and macamides, and it has been suggested that they are primarily responsible for the beneficial effects of maca[13-15]. The content of macamides and other secondary metabolites is significantly higher in macas planted in their places of origin (Peru), compared to those grown in other countries. The variety, location (environment), and postharvest conditions significantly affect the nutritional and nutraceutical value of maca[16,17].

Nutritional attributes (per 100g dry weight)[17]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Benzylglucosinolate	Macamides[18] (mg)	Lysine (mg)†
9.3-21.0	5.8-55.0	2.3-3.1	28.0-231.0	314.0-621.0	36.29-61.01

† Values per g protein.



Economic potential

Maca has managed to position itself in the market for natural energizers and fertility restorers. However, favorable effects have also been found on spermatogenesis, reproductive function, memory, osteoporosis and against benign prostatic hyperplasia[19-23]. All of this has led to the recognition of maca as an important dietary supplement. Peruvian maca exports in recent years have been around US$13 million. In 2014 and 2015, exports reached a historical high of US$36 million[24], but they recovered their usual value after China began to produce maca. The challenge is to develop innovations to diversify the uses and applications of maca. More than 4,000 patent applications have been filed in the world involving the use of maca, of which only 20 are Peruvian[25].



Gastronomy

The most widespread form of consumption in Peru is as a breakfast drink that is sold at stalls and street carts. Maca is also added to fruit juices and mueslis, and is frequently used to fortify various products such as oatmeal, bread, or energy bars and to make invigorating foods. Due to its intense pungent flavor, maca is often used in small amounts[26]. Maca also offers countless possibilities for Novo Andean cuisine and healthy eating.



Mashua

Tropaeolum tuberosum

• Iván Manrique (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

La mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) es un cultivo andino muy rústico con un potencial enorme para la producción e innovación en la alimentación. En Perú y Bolivia, la mashua es conocida principalmente con los nombres de *mashua* (quechua), *isaño* y *añu* (aimara), mientras que en Colombia se le conoce como cubio y nabos. Sus tubérculos tienen una larga tradición de consumo y uso en la medicina tradicional andina, particularmente para el tratamiento de enfermedades prostáticas, urinarias, renales y hepáticas, para aliviar el dolor y para controlar inflamaciones. Su cultivo requiere poca atención y su productividad es muy superior comparada con otras raíces y tubérculos andinos. A pesar de estas notables características, el área de cultivo y el mercado de consumo de la mashua es reducido.

Distribución geográfica

La distribución natural de la mashua se extiende desde el sudeste de Colombia hasta el noroeste de Argentina, desde los 2,300 hasta los 4,300 metros de altura. La superficie de cultivo es reducida en todos los países, siendo Perú (>5,000 hectares) el de mayor área[1,11,17]. Recientemente la mashua se ha vuelto popular entre horticultores aficionados en Europa y Estados Unidos. Su cultivo ha sido exitoso en Canadá, Nueva Zelanda y el Reino Unido, lo que demuestra su adaptación a zonas con latitudes muy diferentes y lugares con altitudes cercanas a nivel del mar[11,14,21].





Origen

Se ha sugerido que la domesticación de la mashua habría ocurrido en alguna región comprendida entre Ecuador y Bolivia debido, principalmente, al patrón de distribución de las formas cultivadas y silvestres[5,13]. Sin embargo, a falta de estudios sistemáticos, es difícil establecer una ubicación más precisa. Los registros arqueológicos más antiguos de la mashua han sido fechados entre 650-1350 d.C. en el valle de Jauja en Perú[25], lo que sugiere una domesticación más tardía que la papa (*Solanum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*) y el ulluco (*Ullucus tuberosus*).

Diversidad varietal

Igual como para otros tubérculos, los agricultores identifican las variedades principalmente por la forma y el color de sus tubérculos. Variedades con la *yana añu* (mashua negra), *yawar waqac* (lágrimas de sangre), mashua zapallo y sangre de Cristo son algunas de las variedades más conocidas, pero más de 100 variedades nativas han sido descritas[17].

Las principales colecciones son mantenidas en los bancos de germoplasma de los países andinos y el Centro Internacional de la Papa (CIP)[11]. En el CIP se han identificado 91 morfotipos de un total de 107 accesiones estudiadas. Sin embargo, un análisis genético ha revelado que las 107 accesiones son diferentes[20]. Similares resultados han sido obtenidos en otras investigaciones[18,19,24,26]. Estos resultados confirman una alta diversidad y plantea la necesidad de comprender mejor la variabilidad del cultivo.



Potencial económico

Varios elementos sustentan un potencial económico alto para la mashua: (i) es un cultivo rústico y de alto rendimiento, con menores costos de producción comparado a los otros tubérculos andinos; (ii) es una fuente importante de diversos compuestos benéficos para la salud que pueden ayudar a posicionar a la mashua como un alimento funcional; (iii) se ha encontrado evidencia de propiedades desinflamantes y antitumorales que validan su uso tradicional para el tratamiento de algunas enfermedades, abriendo así oportunidades para el desarrollo de innovaciones[2,3]. Probablemente, el intenso sabor pungente de los tubérculos (asociado a la presencia de isotiocianatos) y la creencia tradicional que deprime el libido masculino sean los principales factores que han limitado la expansión de su consumo.

Resiliencia climática y adaptación

La mashua es un cultivo muy rústico y adaptado a condiciones marginales. Por ello se considera que es una pieza clave para la adaptación de la agricultura familiar andina. Es altamente resistente a plagas y enfermedades y, a diferencia de las otras tuberosas andinas, alcanza una alta productividad en suelos marginales[17]. Aunque en algunas regiones de los Andes puede crecer hasta los 4,300 msnm, su presencia es mas frecuente entre 3,000 y 3,700 msnm, en donde los agricultores frecuentemente la cultivan en bordes (para proteger el cultivo principal, que generalmente es la papa) y en mezclas varietales como estrategia para enfrentar condiciones adversas. Recientemente se ha reportado evidencias científicas acerca de su capacidad de inhibir el crecimiento del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), el patógeno mas importante de la papa[22].

Nutrición

La mashua es una excelente fuente varios de metabolitos secundarios con efectos benéficos en la salud. Algunas variedades poseen alto contenido de antocianinas (tubérculos morados) y compuestos fenólicos con muy fuerte actividad antioxidante, y otras variedades tienen valores muy altos de β-caroteno (tubérculos anaranjados), el precursor de la vitamina A[4,7]. Los tubérculos también contienen glucosinolatos, que al ser hidrolizados por la enzima mirosinasa, producen isotiocionatos y varios compuestos tóxicos con propiedades insecticidas, nematicidas, fungicidas, bactericidas y alelopáticas[3,11]. Adicionalmente a la variedad, el contenido de los metabolitos secundarios es fuertemente afectado por el ambiente y por las condiciones poscosecha[7,8]. La mashua también es una importante fuente de ácido ascórbico, potasio, ácidos grasos poliinsaturados y alkamidas con actividad antitumoral[9,10,23,27].

Atributos nutricionales (por 100 gramos de peso seco)[2,3,4,6,7,8,9,10,12,13,15,18,24,27]

Proteína (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Glucosinolatos (µmol)	Compuestos fenólicos (mg)	Lisina (mg)†
6.9-15.7	42.0-48.3	2.3-4.8	3-90000	790-2230	36.3-61.0

† Valor por g de proteína.



Gastronomía

Debido a su intenso sabor, la mashua suele consumirse en pequeñas cantidades. Para atenuar el sabor, los tubérculos suelen exponerse al sol por unos días y luego recién son sancochados. Esta práctica contribuye a reducir el contenido de glucosinolatos y convierte parcialmente el almidón en azúcares simples, lo que hace mas palatables los tubérculos. La mashua suele emplearse en la preparación de estofados, sopas y postres. Sin embargo, fuera del ámbito rural, la mashua es poco conocida y consumida. Algunos chefs destacan como cualidades el sabor y aroma particular de los tubérculos, asi como su versatilidad y diversidad de colores[16].



Mashua

Tropaeolum tuberosum

• Iván Manrique (Peru), International Potato Center (CIP)

Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) is a very hardy Andean crop with enormous potential for food production and innovation. In Peru and Bolivia, mashua is known mainly by the names *mashua* (Quechua), *isaño*, and *añu* (Aymara), while in Colombia it is known as *cubio* and *nabos*. Its tubers have a long tradition of consumption and use in traditional Andean medicine, particularly for the treatment of prostate, urinary, kidney, and liver diseases; to relieve pain; and to control inflammation. Its cultivation requires little attention and its productivity is much higher compared to other Andean roots and tubers. Despite these remarkable characteristics, the area of cultivation and the consumer market for mashua is small.

Geographic distribution

The natural distribution of mashua extends from the southeast of Colombia to the northwest of Argentina, from 2,300 to 4,300 masl. The cultivated area is small in all countries, with Peru (> 5,000 hectares) having the largest area[1,11,17]. Recently, mashua has become popular with amateur gardeners in Europe and the United States. Its cultivation has been successful in Canada, New Zealand, and the United Kingdom, which shows its adaptation to areas with very different latitudes and places with altitudes close to sea level[11,14,21].





Origin

The natural distribution of mashua extends from the southeast of Colombia to the northwest of Argentina, from 2,300 to 4,300 masl. The cultivated area is small in all countries, with Peru (> 5,000 hectares) having the largest area[1,11,17]. Recently, mashua has become popular with amateur gardeners in Europe and the United States. Its cultivation has been successful in Canada, New Zealand, and the United Kingdom, which shows its adaptation to areas with very different latitudes and places with altitudes close to sea level[11,14,21].

Diversidad varietal

As with other tubers, farmers identify varieties primarily by the shape and color of their tubers. Varieties such as the *yana añu* (black mashua), *yawar waqac* (tears of blood), *mashua zapallo* (mashua squash) and *sangre de Cristo* (blood of Christ) are some of the best known varieties, but more than 100 native varieties have been described[17].

The main collections are found in the genebanks of the Andean countries and the International Potato Center (CIP)[11]. At CIP, 91 morphotypes have been identified out of a total of 107 accessions studied. However, a genetic analysis has revealed that the 107 accessions are different[20]. Similar results have been obtained in other investigations[18,19,24,26]. These results confirm a high diversity and raise the need to better understand the variability of the crop.



Nutrition

Mashua is an excellent source of various secondary metabolites with beneficial health effects. Some varieties have a high content of anthocyanins (purple tubers) and phenolic compounds with intense antioxidant activity, while other varieties have very high values of β-carotene (orange tubers), the precursor of vitamin A[4,7]. The tubers also contain glucosinolates which, when hydrolyzed by the myrosinase enzyme, produce isothiocyanates and various toxic compounds with insecticidal, nematicidal, fungicidal, bactericidal, and allelopathic properties[3,11]. In addition to the variety, the content of secondary metabolites is strongly affected by the environment and by post-harvest conditions[7,8]. Mashua is also an important source of ascorbic acid, potassium, polyunsaturated fatty acids, and alkamides with antitumor activity[9,10,23,27].

Nutritional attributes (per 100 g dry weight)[2,3,4,6,7,8,9,10,12,13,15,18,24,27]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Glucosinolates (µmol)	Phenolic compounds (mg)	Lysine (mg)†
6.9-15.7	42.0-48.3	2.3-4.8	3-90000	790-2230	36.3-61.0

† Values per g protein.

Gastronomy

Due to its intense flavor, mashua is usually consumed in small quantities. To temper the flavor, the tubers are usually exposed to the sun for a few days and then they are boiled. This practice contributes to reducing the glucosinolate content and partially converts the starch into simple sugars, which makes the tubers more palatable. Mashua is usually used in the preparation of stews, soups, and desserts. However, outside the rural area, mashua is little known and consumed. Some chefs highlight the particular flavor and aroma of the tubers as qualities, as well as their versatility and diversity of colors[16].



Climate resilience and adaptation

Mashua is a very hardy crop and adaptable to marginal conditions. For this reason, it is considered a cornerstone for the adaptation of Andean family agriculture. It is highly resistant to pests and diseases and, unlike the other Andean tubers, it achieves high productivity in marginal soils[17]. Although in some regions of the Andes it can grow up to 4,300 masl, its presence is more frequent between 3,000 and 3,700 masl in places where farmers cultivate it on the edges of the fields (to protect the main crop, which is generally potatoes) and in varietal mixtures as a strategy to face adverse conditions. Recently, scientific evidence has been reported about its ability to inhibit the growth of late blight (Phytophthora infestans), the most important potato pathogen[22].



Economic potential

Several elements support a high economic potential for mashua: (i) it is a hardy and high-yield crop, with lower production costs compared to other Andean tubers; (ii) it is an important source of various beneficial health compounds that can help position mashua as a functional food; (iii) evidence of anti-inflammatory and anti-tumor properties has been found that validate its traditional use for the treatment of some diseases, thus opening opportunities for the development of innovations[2,3]. Probably, the intense pungent flavor of the tubers (associated with the presence of isothiocyanates) and the traditional belief that it depresses the male libido are the main factors that have limited the expansion of its consumption.

Mauka

Mirabilis expansa

• Harriet Gendall (Reino Unido), Real Jardín Botánico de Kew, Universidad de Kent

La mauka (*Mirabilis expansa* [Ruíz & Pav.] Standl.) es un cultivo andino raro e intrigante, con tallos extensos y grandes raíces comestibles. Aunque ahora se cultiva a muy pequeña escala, se ha sugerido que era un componente importante de la agricultura prehispánica[1,2]. Durante muchos siglos fue desconocida para los extranjeros, hasta su "descubrimiento" en el norte de Bolivia en 1965[1]. Con sitios de cultivo identificados después de 1980 en Ecuador[2] y Perú[3,4,5], está gradualmente llamando la atención de científicos y chefs, entre otros.

Sin embargo, en muchos sentidos, la mauka sigue siendo un enigma. En comparación con otras raíces y tubérculos andinos que han ganado un reconocimiento más amplio en las últimas décadas, todavía es relativamente poco conocida. Mientras tanto, su cultivo *in situ* y los conocimientos tradicionales asociados a ella están amenazados[5]. Como alimento nutritivo, culturalmente significativo y resistente al clima, no hay duda de que es prometedor para el futuro. Sin embargo, se debe aprender más sobre la historia, geografía y gastronomía de la mauka, y se debe dedicar mucho esfuerzo para asegurar su cultivo y vitalidad continuos.

Distribución geográfica



La mauka se cultiva tradicionalmente entre los 2,500 y 3,500 msnm, en sistemas agrícolas mixtos[5,7]. Aunque su distribución conocida está restringida a tres regiones separadas, se ha encontrado en localidades adicionales en Perú en los últimos años, lo que aumenta la posibilidad de que alguna vez se cultivara en las montañas entre estas tres regiones. Algunos agricultores peruanos han informado que durante la generación de sus abuelos, la mauka era un alimento básico común, cultivado por la mayoría de las familias en su comunidad[5]. Mauka es su nombre local en el norte de Bolivia y el sur de Perú. En Ecuador es miso o tazo, y en el resto del Perú se le conoce como chago (Cajamarca), allja yuca (Áncash) y kuyacsa (Huánuco), entre otros nombres[5,7].

Diversidad varietal

La mauka está en peligro de extinción y es probable que se haya perdido gran parte de su diversidad. Solo se han descrito científicamente un puñado de variedades locales, con raíces que van del amarillo al blanco, flores moradas o blancas, y tallos de color verde a rojizo[8]. Si bien algunas se mantienen en bancos de germoplasma, se debe hacer un mayor esfuerzo para promover su conservación *in situ*, especialmente porque puede haber más variedades locales que nunca se han registrado[5].



Origen

Algunos han sugerido que el norte de Perú es la cuna del cultivo de la mauka, desde donde se trasladó hacia el exterior bajo el dominio inca a dos centros adicionales: uno en Ecuador y el otro en el norte de Bolivia y el sur de Perú[6]. Sin embargo, los avances de la investigación durante el último lustro han llevado a considerar que podría haberse originado más al sur y extendido durante la época preínca[5].

Adaptación y resiliencia climática

Considerado por los agricultores como un cultivo resistente y de bajo mantenimiento, la mauka tolera períodos de sequía, crece bien sin fertilizantes y es notablemente resistente a plagas y enfermedades. Se sabe que las heladas dañan su follaje, pero no parecen afectar sus raíces[5]. Su adaptación al Altiplano andino donde debe soportar temperaturas extremas y eventos climáticos severos lo hace resistente al clima. A menudo se intercala con maíz, frijoles, arracacha, yacón y otros cultivos que prosperan allí. La mauka generalmente se planta mediante propagación vegetativa utilizando esquejes del tallo, aunque a veces se cultiva a partir de semillas. Por lo general, se planta en agosto o septiembre y se cosecha aproximadamente un año después, pero esto varía entre los agricultores[5,7].

Nutrición

Los agricultores andinos han descrito a la mauka como abundante y nutritiva, ya que proporciona la energía necesaria para sostener el trabajo físico duro[5]. De hecho, es particularmente rica en calcio, fósforo y proteínas[7,9], y contiene metabolitos secundarios con propiedades nutracéuticas[10]. Los cristales de oxalato que se encuentran en las raíces pueden irritar la boca, pero la práctica tradicional poscosecha de dejarlos al sol (al igual que los tubérculos de oca) reduce este efecto al tiempo que mejora su dulzura.

La mauka es una planta perenne que permite la recolección por partes, sirviendo así como un almacén de alimentos vivos, que es particularmente útil para apoyar la nutrición en tiempos de escasez[5].

Atributos nutricionales (por 100 g de peso fresco)[9]

Carbohidratos (g)	Proteínas (g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
27.1 - 36.2	4.1 - 5.0	157.6 - 461.6	107.1 - 117.1	0.1 - 0.2	1.4 - 2.6



Potencial económico

Los científicos han advertido que la mauka podría extinguirse si continúa el abandono de cultivos y la migración fuera de las zonas rurales[11]. Actualmente, la producción es principalmente para la subsistencia, sin embargo, se muestra prometedora para diversas aplicaciones y el desarrollo de una cadena de valor, lo que podría proporcionar incentivos económicos para el cultivo continuo[5,8]. Un estudio ha demostrado que la raíz de mauka puede mitigar los efectos de la osteoporosis, debido a su alto nivel de calcio[10]. Las raíces también demuestran acción antimicrobiana, debido a su contenido de proteínas desactivadoras de ribosomas, y podrían usarse como controlador biológico contra bacterias, hongos y virus[12]. La mauka también es una especie útil para alimento del ganado y muestra potencial para el desarrollo gastronómico[8].



Gastronomía

El sabor y la textura de la mauka a menudo se comparan con la yuca (*Manihot esculenta* [Crantz]); una similitud reflejada en nombres locales como allja yuca y yuca inca, aunque pertenece a una familia de plantas diferente (Nyctaginaceae)[5]. Tradicionalmente, las raíces de mauka se hierven y se consumen en el desayuno o el almuerzo, a veces se sirven con caldo, estofado, picante de cuy o se hornean bajo tierra en una pachamanca (horno de tierra). Las raíces se pueden convertir en panqueques dulces, mazamorra o transformar en harina[5]. Las hojas a veces se comen como ensalada[7].

En los últimos años ha llamado la atención de los chefs, que han comenzado a experimentar con mauka, gracias a su versatilidad culinaria y a su reputación como insumo antiguo y raro, que lo convierten en un ingrediente atractivo[5]. El futuro gastronómico de la mauka podría enriquecerse investigando las propiedades gustativas de cada variedad local. Esta diversidad genética y el conocimiento local asociado a ella deben ser salvaguardados apoyando a los agricultores andinos para que continúen cultivándola durante las generaciones venideras.

Mauka

Mirabilis expansa

• Harriet Gendall (United Kingdom), Royal Botanic Gardens Kew, University of Kent

Mauka (*Mirabilis expansa* [Ruiz & Pav.] Standl.) is a rare and intriguing Andean crop with sprawling stems and large edible roots. Although now cultivated on a very small scale, it has been suggested that mauka was in fact an important component of pre-Hispanic agriculture[1,2]. For many centuries it was unknown to outsiders, until its 'discovery' in northern Bolivia in 1965[1]. With sites of cultivation later identified after 1980 in Ecuador[2] and Peru[3,4,5], it is gradually coming to the attention of scientists, chefs and others.

However, in many ways mauka remains an enigma. Compared to some other Andean roots and tubers which have gained wider recognition in recent decades, it is still relatively little known. Meanwhile, its *in situ* cultivation and the traditional knowledge associated with it are threatened with disappearance[5]. As a nutritious, culturally significant, climate-resilient food, there is no doubt it holds promise for the future. Yet there is still more to learn about the history, geography and gastronomy of mauka, and much work to be done to ensure its ongoing cultivation and vitality.



Origin

Some have suggested that northern Peru is the cradle of mauka cultivation, from where it moved outwards under Inca rule to two additional centers; one in Ecuador and the other spanning northern Bolivia and southern Peru[6]. However, research advances over the past half-decade have prompted the consideration that it could have originated further south and spread during a pre-Inca epoch[5].

Geographic distribution



Mauka is traditionally cultivated between around 2,500 and 3,500 meters above sea level in mixed farming systems[5,7]. Although its known distribution is restricted to three separate regions, it has been found in additional localities in Peru in recent years, raising the possibility that it was once cultivated throughout the mountains in between these three regions. Some farmers in Peru have reported that during their grandparents' generation mauka was a common staple food cultivated by most families in their community[5]. Mauka is its local name in northern Bolivia and southern Peru. In Ecuador it is *miso* or *tazo*, and elsewhere in Peru it is known as *chago* (Cajamarca), *allja yuca* (Ancash) and *kuyacsa* (Huánuco), among other names[5,7].

Varietal diversity

Mauka is endangered and much of its diversity has probably already been lost. Just a handful of landraces have been scientifically described, with roots ranging from yellow to white, flowers purple or white, and stems green to reddish in color[8]. While some are maintained in genebanks, a greater effort should be made to promote their conservation *in situ*, particularly since there may be more landraces that have never been recorded[5].



Nutrition

Andean farmers have described mauka as filling and nutritious, providing the energy needed to sustain hard physical work[5]. Indeed, it is particularly rich in calcium, phosphorus and protein[7,9], and contains secondary metabolites with nutraceutical properties[10]. Oxalate crystals are found in mauka roots which can irritate the mouth, but the traditional post-harvest practice of leaving them in the sun, (much like oca tubers) reduces this effect while enhancing their sweetness.

Mauka is a perennial plant which allows for piecemeal harvesting, thereby serving as a living food storehouse, which is particularly useful for supporting nutrition in times of scarcity[5].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[9]

Carbohydrate (g)	Protein (g)	Calcium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)
27.1 - 36.2	4.1 - 5.0	157.6 - 461.6	107.1 - 117.1	0.1 - 0.2	1.4 - 2.6



Gastronomy

The taste and texture of mauka is often likened to yuca (*Manihot esculenta* [Crantz]); a similarity reflected in local names such as *allja yuca* and *yuca Inca*, although it belongs to a different plant family (Nyctaginaceae)[5]. Traditionally mauka roots are boiled and eaten with coffee for breakfast or lunch, sometimes served with *caldo* (soup), *estofado* (stew), *picante de cuy* (spicy guinea pig stew), or baked underground in a *pachamanka* (earth oven). The roots can be made into sweet pancakes or *mazamorra* (a traditional dessert) or processed into flour[5]. The leaves are sometimes eaten as salad[7].

In recent years it has caught the attention of chefs who have begun experimenting with it in restaurant kitchens, where its culinary versatility and reputation as ancient and rare make it a compelling ingredient[5]. Mauka's gastronomic future could be enriched by investigation into the taste properties of each distinct landrace. This genetic diversity and the local knowledge associated with it must be safeguarded by supporting Andean farmers to continue cultivating it for generations to come.

Climate resilience and adaptation

Appreciated by farmers as a hardy, low-maintenance crop, mauka tolerates periods of drought, grows well without fertilizer, and is remarkably resistant to pests and diseases. Frost is known to damage its foliage but does not appear to affect its roots[5]. Its adaptation to the Andean highlands where it must withstand extremes of temperature and severe weather events makes it climate resilient. It is often intercropped with maize, beans, arracacha, yacón and other crops that thrive there. Mauka is usually planted through vegetative propagation using stem cuttings, although it is sometimes grown from seed. It is typically planted in August or September and harvested roughly a year later, but this varies between farmers[5,7].



Economic potential

Scientists have warned that mauka could become extinct if crop abandonment and migration away from rural areas continues[11]. Currently production is largely for subsistence, yet it shows promise for varied applications and value chain development which could provide economic incentives for ongoing cultivation[5,8]. A study has shown that mauka root may mitigate the effects of osteoporosis, due to its high level of calcium[10]. The roots also demonstrate anti-microbial action, due to its content of ribosome-inactivating proteins, and could be used as a biological controller against bacteria, fungi and viruses[12]. Mauka is also a useful livestock feed and forage species and shows potential for gastronomic development[8].

Papa amarga

Solanum juzepczukii, S. curtilobum

• Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

Las papas amargas andinas constituyen un grupo único de especies cultivadas y variedades locales que tradicionalmente se cultivan entre los 3,800 y los 4,400 metros de altitud. Las especies *Solanum juzepczukii* Buk. y *S. curtilobum* Juz. et Buk. contienen altas concentraciones de glicoalcaloides, lo que hace que los tubérculos frescos tengan un sabor amargo y sean potencialmente tóxicos. Estas papas ofrecen lecciones interesantes sobre la adaptación de los primeros agricultores andinos a entornos de gran altitud. Los tubérculos frescos de papas amargas se liofilizan tradicionalmente en el llamado chuño blanco[a] o negro o se comen con arcilla[b] para neutralizar los glicoalcaloides[1,2]. Las papas amargas eran esenciales para los incas, que las almacenaban en su red de depósitos o colcas a lo largo del sistema vial inca[3]. Si bien todavía se cultiva ampliamente en la región del Altiplano, hay indicios de que el área y el uso de las papas amargas está disminuyendo. Los cambios en los hábitos alimentarios y la cantidad de mano de obra necesaria para procesar y preparar papas amargas han contribuido a la disminución, así como al cambio climático y a la reducción de la previsibilidad de las heladas necesarias para procesar las papas.

Distribución geográfica



La distribución biogeográfica de *S. juzepczukii* y *S. curtilobum* se extiende desde el sur de Bolivia hasta el centro de Perú[13]. Solo en estos dos países existe la tradición de cultivar papas amargas. Ambas especies se cultivan en nichos agroecológicos en los límites altitudinales superiores para la agricultura, donde prevalecen las heladas[14]. Las papas amargas toleran las heladas a gran altura durante la temporada principal que va desde octubre hasta principios junio, y luego se pueden procesar en condiciones óptimas en el sitio en junio y julio, después de la cosecha, lo que hace que estas ubicaciones geográficas sean ideales para este cultivo. Las heladas intensas nocturnas que se alternan con altos niveles de radiación solar durante el día y bajos niveles de humedad relativa facilitan la liofilización tradicional[16].

Diversidad varietal

La diversidad intraespecífica de las papas amargas es modesta en comparación con sus contrapartes no amargas. Sin embargo, existen al menos 50 variedades locales con niveles excepcionalmente altos de diversidad en la región del Altiplano. Los agricultores distinguen algunos grupos de cultivares ampliamente reconocidos, incluidos los llamados *siri*, *waña*, *ruck'i* o *luk'i*, *qanchillu* y *piñaza*. Dentro de cada grupo se distingue una gama de variedades locales específicas. Por ejemplo, estos se identifican en quechua como *yana siri* (siri negro), *yuraq siri* (siri blanco), *suytu siri* (siri largo) o en aimara como ch'iyara *luk'i* (luk'i negro), *wila luk'i* (luk'i rojo), *janq'u sayt'u luk'i* (luk'i blanco largo)[17,18].



Origen

Desde la perspectiva botánica, la papa amarga triploide *S. juzepczukii* se originó a partir de hibridaciones entre la especie cultivada *S. stenotomum* y la papa silvestre *S. acaule*[4,5]. Se han propuesto diferentes orígenes posibles para el pentaploide S. curtilobum, que implican cruces entre el grupo tetraploide Andigenum × *S. juzepczukii*[4,6] o el grupo triploide *Andigenum* × *S. acaule*[7,8]. La evidencia lingüística, antropológica y etnobotánica apunta a un origen temprano y una evolución continua que involucra a una variedad de sociedades precolombinas, incluidas las de Tiwanaku, Huari e Inca[3,9-12].

a La preparación de ambos tipos de chuño implica liofilizar y pisar para exprimir el líquido de los tubérculos, pero un paso intermedio principal en la preparación del chuño blanco, también conocido como tunta o moraya, implica el lavado.

b La geofagia o el uso tradicional de inmersiones de arcilla para consumir papas amargas es por agricultores aymaras y quechuas que conocen los diferentes tipos de arcillas comestibles con el nombre de p'asa o ch'aqu respectivamente.



Potencial económico

El consumo de papas amargas procesadas está profundamente arraigado en la historia y cultura de Bolivia y Perú. Sin embargo, su área de producción está disminuyendo rápidamente y las ventas de chuño negro y chuño blanco (tunta o moraya) se han limitado en gran medida a los mercados tradicionales. Además, su exportación se ha mantenido limitada a un pequeño nicho de mercado para los inmigrantes latinos de primera generación en España y Estados Unidos. Los consumidores jóvenes están usando papas amargas con menos frecuencia porque su preparación requiere más tiempo. Sin embargo, existen amplias oportunidades para revitalizar el potencial económico de las papas amargas y los productos procesados. Las papas amargas son un alimento ancestral único con propiedades y sabor inusuales. La liofilización tradicional es una forma segura y saludable de procesar y exportar variedades locales ancestrales. Mediante el uso de estándares y normas de alta calidad, se puede comercializar un producto andino único. Ya se han propuesto en Perú normas técnicas mejoradas para regular el proceso artesanal de preparación ancestral del chuño[27].

Adaptación y resiliencia climática

Las papas amargas tienen un potencial extraordinario para la adaptación de la agricultura familiar al cambio climático. Son tolerantes a las heladas y la sequía fuera de temporada, una característica que se exploró para los esfuerzos de reproducción en el pasado y que podría ser útil en el futuro[19,20]. Las papas amargas también se adaptan bien a los sistemas tradicionales de labranza mínima basados en arados de pie[21,22]. Estas técnicas ancestrales para mantener la estructura del suelo son cada vez más relevantes, ya que investigaciones recientes han demostrado que se mantienen reservas de carbono orgánico del suelo excepcionalmente altas en los pastizales de altura, donde las papas amargas son comúnmente el primer cultivo en romper períodos prolongados de barbecho[23,24].

Nutrición

La contribución única de las papas amargas y el chuño tradicionalmente liofilizado a la seguridad nutricional reside, respectivamente, en su tolerancia a las heladas y su capacidad de almacenamiento a largo plazo. Ambos se suman a la resiliencia del sistema alimentario en los altos Andes. Nutricionalmente, los tubérculos tradicionalmente congelados y deshidratdos contienen un alto valor calórico y un contenido de hierro estable[25]. Su contenido de zinc disminuye mientras que su contenido de calcio aumenta debido a las antiguas técnicas de procesamiento.

Atributos nutricionales (por 100 g de peso fresco)[26]

Tubérculos frescos				Liofilizado: chuño blanco			
Proteínas (g)	Hierro (g)	Zinc (mg)	Calcio (mg)	Proteínas (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Calcio (mg)
2.1-3.5	0.3-0.6	0.2-0.6	2.9-10.0	0.5-1.2	0.4-0.8	0.1-0.1	17.3-31.1



Gastronomía

El legado ancestral del uso de papas amargas en la cocina local continúa a través de una variedad de platos que van desde *chuño pasi*, *chuño phuti*, *ch'ajchu*, chuño con queso, *tecte* de chuño, *capchi* de moraya, revuelto de chuño, *lawa* de moraya, hasta sopas tradicionales que contienen tubérculos secos enteros y hervidos. Las hojas de las variedades locales de papa amarga también se utilizan comúnmente para dar un sabor extra picante a las sopas[28]. Las papas amargas y los tubérculos liofilizados tradicionalmente ofrecen un amplio abanico de posibilidades para la cocina novoandina.



Bitter potatoes

Solanum juzepczukii, S. curtilobum

• Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP)

Andean bitter potatoes are a unique group of cultivated species and landraces that are traditionally grown between 3,800 to 4,400 meters of altitude. The species *Solanum juzepczukii* Buk. and *S. curtilobum* Juz. et Buk. contain high concentrations of glycoalkaloids, making fresh tubers bitter tasting and potentially toxic. These potatoes offer interesting lessons about early Andean farmers adaption to high altitude environments. Fresh tubers of bitter potatoes are traditionally freeze-dried into so-called black or white chuño[a] or eaten with clay dips[b] to neutralize the glycoalkaloids[1,2]. Bitter potatoes were essential for the Inca who stored them in their network of storehouses or colcas along the Inca road system[3]. While still being widely cultivated in the Altiplano region, there are signs that the area and use of bitter potatoes is declining. Changing food habits and the amount of labor needed to process and prepare bitter potatoes have contributed to the decline, as well as climate change and reduced predictability of the frosts needed to process potatoes.

Origin

Botanically, the triploid bitter potato *S. juzepczukii* has originated from hybridizations between the cultivated species S. stenotomum and the weedy wild potato *S. acaule*[4,5]. Different possible origins for the pentaploid *S. curtilobum* have been proposed, involving either crosses between the tetraploid Andigenum group × S. *juzepczukii*[4,6] or the triploid *Andigenum* group × *S. acaule*[7,8]. Linguistic, anthropological and ethnobotanical evidence points to an early origin and continued evolution involving a range of pre-Columbian societies, including the Tiwanaku, Huari and Inca[3,9-12].



a The preparation of both types of chuño involves freeze-drying and treading to squeeze out liquid from the tubers, but a main intermediate step in the preparation of white chuño – also known as tunta or moraya - involves washing.

b Geophagy or the traditional use of clay dips to consume bitter potatoes is by Aymara and Quechua farmers who know the different types of edible clays by the name of p'asa or ch'aqu respectively.

Geographic distribution



The biogeographical distribution of *S. juzepczukii* and *S. curtilobum* spans from southern Bolivia to central Peru[13]. It is only in these two countries that a tradition of growing bitter potatoes exists. Both species are grown in agroecological niches at the upper altitudinal limits for agriculture where frosts prevail[14]. The bitter potatoes tolerate frosts at high altitude during the main season running from October till early June[15] and can then be processed during optimal conditions on-site in June and July following the harvest, making these geographic locations ideal for this crop. Intense frosts at night alternating with high daytime levels of solar radiation and low levels of relative humidity facilitate traditional freeze-drying[16].

Varietal diversity

The intraspecific diversity of bitter potatoes is modest compared to their non-bitter counterparts. Yet at least 50 landraces exist with exceptionally high levels of diversity in the Altiplano region. Some widely recognized cultivar groups are distinguished by farmers, including those called called *siri*, *waña*, *ruckí* or *luk'i*, *qanchillu* and *piñaza*. Within each group a range of specific landraces are distinguished. For example, these are identified in Quechua as *yana siri* (black siri), *yuraq siri* (white siri), *suytu siri* (long siri) or in Aymara as *ch'iyara luk'i* (black luk'i), *wila luk'i* (red luk'i), *janq'u sayt'u luk'i* (long white luk'i)[17,18].





Economic potential

The consumption of processed bitter potatoes is deeply engrained in the history and culture of Bolivia and Peru. Yet, the production area of bitter potatoes is rapidly declining and the sales of black chuño and white chuño (*tunta* or *moraya*) has remained largely confined to traditional markets. Also, its export has remained limited to a small niche market for first-generation Latino migrants in Spain and the United States. Young consumers are using bitter potatoes less frequently because their preparation requires more time.

However, there is ample opportunity to reinvigorate the economic potential of bitter potatoes and the processed products. Bitter potatoes are a unique ancestral food with unusual properties and taste. Traditional freeze-drying is a safe and healthy way to process and export ancestral landraces. By using high quality standards and norms, a unique Andean product can be marketed. Upgraded technical standards to regulate the artisanal process of ancestral chuño preparation have already been proposed in Peru[27].

Climate resilience and adaptation

Bitter potatoes hold extraordinary potential for the adaptation of family farming to climate change. They are tolerant to frost and out-of-season drought, a characteristic that was explored for breeding efforts in the past and might be useful in the future[19,20]. The bitter potatoes are also well adapted to traditional footplow-based minimal tillage systems[21,22]. Such ancestral techniques to maintain the soil structure are increasingly relevant as recent research has shown that exceptionally high soil organic carbon stocks are maintained in the puna grasslands of the high Andes where bitter potatoes are commonly the first crop to break prolonged fallow periods[23,24].

Nutrition

The unique contribution of bitter potatoes and traditionally freeze-dried chuño to nutrition security respectively resides in their frost tolerance and long-term storability. Both add to food system resilience in the high Andes. Nutritionally, the traditionally freeze-dried tubers contain high caloric value and stable iron content[25]. Their zinc content decreases while their calcium content increases because of the age-old processing techniques.

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[26]

Fresh tubers				Freeze dried: white chuño			
Protein (g)	Iron (g)	Zinc (mg)	Calcium (mg)	Protein (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Calcium (mg)
2.1-3.5	0.3-0.6	0.2-0.6	2.9-10.0	0.5-1.2	0.4-0.8	0.1-0.1	17.3-31.1



Gastronomy

The ancient legacy of using bitter potatoes in local cuisine continues though a range of dishes ranging from *chuño pasi*, *chuño phuti*, *ch'ajchu*, *chuño* with cheese, *tecte de chuño*, *capchi de moraya*, *revuelto de chuño*, *lawa de moraya* to traditional savory soups containing whole boiled freeze-dried tubers. The leaves of bitter potato landraces are also commonly used to give an extra spicy flavor to soups[28]. Bitter potatoes and traditionally freeze-dried tubers offer a wide range of possibilities for the novo-Andean cuisine.



Papa chaucha | *Solanum phureja*

• Carlos Ñústez López (Colombia), Universidad Nacional de Colombia (UNAL)

Como papa chaucha o simplemente "chaucha" se conoce a la especie *Solanum phureja* (Juz. and Bukasov) en Perú[1], Bolivia[2] y Ecuador[3]. En Colombia, el nombre frecuente es papa criolla[4]. *Chaucha* significa temprana o precoz en el idioma quechua[5], mientras que la palabra *phureja* se deriva de la palabra *phurexa* del idioma aimara[6] y significa también precoz [2]. La papa chaucha incluye principalmente diploides, aunque en Bolivia con poca frecuencia se reportan autotetraploides y triploides[2,7]. Se caracteriza por presentar heterogeneidad en el tamaño y forma de tubérculos, adaptación a días cortos, brotación en la cosecha[8,9], precocidad en el desarrollo de tubérculos y adaptación a los valles interandinos[10]. Se cosecha con follaje verde y su poscosecha para consumo fresco es muy corto. En Colombia es apreciada por sus excelentes características organolépticas y cada año se cultivan entre 8,000 y 10,000 hectáreas, en especial del tipo "yema de huevo" (tubérculo redondo y color amarillo en piel y carne). Hoy en día la papa chaucha es muy escasa en Ecuador, Perú y Bolivia, encontrándose casi extinta.

Distribución geográfica



S. phureja se distribuye ampliamente en los Andes desde el occidente de Venezuela, hasta el noroeste de Bolivia[10]. En Perú y Bolivia se cultiva principalmente en los flancos orientales y valles interandinos entre los 2,000 y 3,400 msnm. Estas zonas se caracterizan por el bajo riesgo de heladas[2,13] y, también, por ser las zonas de mayor presencia de variedades modernas que han desplazado a las chauchas. En el Perú se solía encontrar desde el norte[1] hasta el sur[14,15], mientras que en Bolivia se cultiva en poca proporción al noroeste del país[2]. Se destacan las provincias de Larecaja, Camacho, Muñecas y Bautista Saavedra en el norte del departamento de La Paz[16]. En Ecuador las principales provincias donde se encuentra son: Carchi, Chimborazo y Loja[17]. En Colombia, hay un importante centro de diversidad en el departamento de Nariño, y se cultiva en grandes áreas en Cundinamarca, Boyacá y Antioquia entre 2,000 y 3,200 msnm[19].

Diversidad varietal

El banco de germoplasma del CIP mantiene 197 accesiones *ex situ*: 50.3% de origen de Colombia, 41.6% de Ecuador y 6.6% del Perú. En Bolivia, el banco del INIAF reporta hasta 10 variedades distintas[16,20], mientras en Ecuador se conservan hasta 140 accesiones en el banco de INIAP[21]. En Colombia AGROSAVIA reporta 143 accesiones[22]. La Universidad Nacional de Colombia y AGROSAVIA también han registrado 13 y 2 variedades mejoradas respectivamente.Existe gran variabilidad de formas y colores de tubérculos, así como una rica nomenclatura local. Dado el alto nivel de amenaza sobre esta diversidad que está en manos de agricultores, urge mayor inversión, investigación y acción para la conservación *in situ* de la papa chaucha.



Origen

S. phureja es de origen andino y fue seleccionada a partir de *S. stenotomum* por ausencia de reposo en el tubérculo, precocidad y rendimientos adecuados. Esto permitió hasta tres cosechas por año en valles interandinos orientales[10], ofreciendo ventajas en seguridad alimentaria de poblaciones originarias.

La clasificación taxonómica ampliamente usada para papa cultivada la reconoce como una de siete especies[10]. Basados en el estudio de caracteres morfológicos fue clasificada como Grupo *Phureja* dentro de *Solanum tuberosum*[8] y, basados en estudios genéticos y revisión de especímenes de herbario propusieron incluirla dentro de una sola clasificación como *Solanum tuberosum* Grupo *Andigenum*[11,12].



Potencial económico

Debido a la falta de reposo, la opción para consolidar su mercado son productos procesados. También frita en hojuelas, harina precocida para sopas, hojuelas para puré, deshidratada y, entre otras posibilidades, preformados precocidos y congelados. Todas estas opciones pueden obtenerse aprovechando su diversidad genética. Variedades ricas en carotenoides tienen potencial para generar colorantes naturales para yogurt y otros productos, tales como: harina, sopas y quesos[55].

En Ecuador, Perú y Bolivia los mercados actualmente no ofrecen papa chaucha. Sin embargo, existe potencial para promover mercados nicho de venta y consumo directo. Se requiere impulsar investigación en conservación *in situ*, mejoramiento genético, agronomía, tecnología de alimentos y mercadeo, además, realizar la adecuada divulgación y, de manera importante, lograr la inversión del sector empresarial privado con criterios de inclusión social. En Colombia, en la última década se ha consolidado la exportación de papa criolla "yema de huevo". En los últimos cinco años el mercado de exportación para papa precocida congelada es relativamente estable, por encima de las 600 toneladas al año[19].

Nutrición

La papa chaucha se destaca por su valor nutricional. Se reportan altos contenidos de proteínas entre 1.8 y 17.2% en base seca[3,37,38]. Se ha afirmado que el valor nutricional de los aminoácidos libres en la papa chaucha es más alto que en otros grupos cultivados de papa[39]. Se han reportado variedades con alto contenido de hierro y zinc. En estudio comparativo de 49 variedades de papa nativa, fue una papa chaucha la que mostró el mayor contenido de hierro[40].

Tiene excelentes niveles de polifenoles, antocianinas y carotenoides[41]. Se ha reportado hasta 6.5 veces más fibra cruda que en la papa blanca tetraploide de mayor consumo[42]. El compuesto fenólico de mayor abundancia es el ácido clorogénico[43], que tiene funciones antidiabéticas[44] y anticancerígenas[45]. Las antocianinas comunes en tubérculos púrpura son: malvidina, petunidina, delfinidina y peonidina y, en tubérculos rojos, la pelargonidina[46]. Se han reportado excelentes niveles de actividad antioxidante[37,41,47,48]. Asimismo, variedades con alto contenido de carotenoides: luteína, zeaxantina, violaxantina, antheraxantina y b-caroteno[27,40,41,43,48,49,50,51,52,53].

Atributos nutricionales (por 100 g peso seco)[3,37,40,41,42,43,47,48,52,54]

Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina C (mg)	Fenoles totales (mg de AG*)	Antocianinas (mg)	Ácido clorogénico (mg)	Carotenoides (mg)
1.3-6.5	0.9-5.8	4.7-10.0	217.9-524.8	0.4-4.1	51-2940	0.6-13.3

* = acido gálico



Gastronomía

La papa chaucha es de agradable sabor, textura y de fácil preparación[56]. En Colombia, donde existe un importante consumo, es utilizada en sopas, cremas, puré y frita. En el ajiaco santafereño (plato muy importante de la gastronomía colombiana), la papa criolla es la más importante de los tres tipos de papas que se incluyen. Los tubérculos pequeños enteros hervidos o fritos, se utilizan para aperitivos en cócteles, acompañados de diversos tipos de salsas. En puré se utiliza como base para las mezclas con carnes u otro ingrediente para hacer deliciosas empanadas.

Resiliencia climática y adaptación

Existen múltiples reportes de resistencia a enfermedades que indican claramente el alto potencial de adaptación de la papa chaucha frente a presiones de estrés biótico o abiótico. Estas características tienen potencial para el mejoramiento genético. Incluye resistencia a la rancha o tizón tardío (*Phytophthora infestans*)[16,20,23,24,25,26,27,28], marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)[29,30], sarna polvosa (*Spongospora subterránea*)[31,32] y a virus como PVY33 y PYVV34. También tolerancia al daño por la polilla (*Tecia solanivora*)[35], a bajas temperaturas o calor[2,24] y a estrés por sequía[36].



Chaucha potato

Solanum phureja

• Carlos Ñústez López (Colombia), National University of Colombia (UNAL)

Chaucha potato (or simply, _chaucha_), is what the species _Solanum phureja_ (Juz. and Bukasov) in Peru[1], Bolivia[2] y Ecuador[3] is called. In Colombia, the name frequently used is papa criolla[4]. _Chaucha_ means early or precocious in the Quechua language[5], whereas the word _phureja_ comes from the word _phurexa_ from the Aimara language[6] with the same meaning[2]. Chaucha potato mainly includes diploids, although in Bolivia sometimes autotetraploids and triploids are reported[2,7]. It is characterized by presenting heterogeneity in the size and shape of its tubers, its adaptation to short days, sprouting at harvest[8,9], earliness of tuber development and adaptation to the inter-Andean valleys[10]. It is harvested with green foliage and its post-harvest period for fresh consumption is very short. In Colombia, it's appreciated for its excellent organoleptic characteristics and every year, between 8,000-10,000 hectares are cultivated there, especially the "egg yolk" type (round tuber with yellow flesh and skin). Papa chaucha has become very scarce in Ecuador, Peru and Bolivia, literally almost having become extinct.



Origin

S. phureja is of Andean origin and was selected from *S. stenotomum* due to the tuber's absence of dormancy, its earliness and adequate yields. This allowed for up to three harvests a year in the eastern inter-Andean valleys[10], offering advantages in food security to indigenous populations.

The taxonomic classification widely used for cultivated potatoes recognizes it as one of seven species[10]. Based on the study of morphological characteristics, it was classified as the *Phureja* Group within *Solanum tuberosum*[8] and, based on genetic studies and a review of herbarium species, it was proposed to include it as a single classification as *Solanum tuberosum* Grupo *Andigenum*[11,12].

Distribución geográfica



S. phureja is widely distributed throughout the Andes from western Venezuela down to northwestern Bolivia[10]. In Peru and Bolivia, it is mainly cultivated on the eastern slopes and inter-Andean valleys at 2,000 to 3,400 masl. These areas are characterized by the low risk of frost[2,13], and also because these are the areas with the largest presence of the modern varieties that have displaced the chauchas. In Peru, it used to occur from the north[1] down to the south[14,15], whereas in Bolivia, it is cultivated in small proportions in the northwest of the country[2]. Most noteworthy are the provinces of Larecaja, Camacho, Muñecas and Bautista Saavedra in the northern of the department of La Paz[16]. In Ecuador, the main provinces where it grows are: Carchi, Chimborazo and Loja[17]. In Colombia, there's an important center of diversity in the department of Nariño, and it is cultivated on large stretches of land in Cundinamarca, Boyacá and Antioquia from 2,000 to 3,200 masl[19].

Varietal diversity

CIP's gene bank has 197 ex situ accessions: 50.3% originating from Colombia, 41.6% from Ecuador and 6.6% from Peru. In Bolivia, the INIAF gene bank reports up to 10 different varieties[16,20], whereas in Ecuador up to 140 accessions are preserved at the INIAP gene bank[21]. In Colombia, AGROSAVIA reports 143 accessions[22]. Universidad Nacional de Colombia and AGROSAVIA have also registered 13 and 2 improved varieties, respectively. There is a large variety of shapes and colors of the tubers, as well as a wealth of local names. Considering the high level of threat looming over the diversity which is in the hands of the farmers, more investment, investigation and actions for the *in situ* conservation of chaucha potato are urgently needed.

Nutrition

Chaucha potatoe stands out for its nutritional value. It reports high levels of protein content, from 1.8 y 17.2% on a dry matter basis[3,37,38]. It has been asserted that the nutritional value of free amino acids in chaucha potato is higher than in other cultivated potato groups[39]. Varieties with high levels of iron and zinc have been reported. In a comparative study of 49 varieties of native potatoes, it was a chaucha potato that presented the highest level of iron[40].

It has excellent levels of polyphenols, anthocyanins and carotenoids[41]. There have been reports of up to 6.5 times more raw fiber than in the tetraploid white potato that is consumed most[42]. The most abundant phenolic compound is chlorogenic acid[43], which has antidiabetic functions[44], and anticancer functions[45]. The anthocyanins commonly found in purple tubers are: malvidin, petunidin, delphinidin and peonidin and, in red tubers, la pelargonidin[46]. There have been reports of excellent levels of antioxidant activity[37,41,47,48]. Likewise, varieties with high carotenoid content: lutein, zeaxanthin, violaxanthin, antheraxanthin y b-carotene[27,40,41,43,48,49,50,51,52,53].

Nutritional attributes (per 100g fresh weight)[3,37,40,41,42,43,47,48,52,54]

Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin C (mg)	Total phenols (mg of AG*)	Anthocyanins (mg)	Chlorogenic acid (mg)	Carotenoids (mg)
1.3-6.5	0.9-5.8	4.7-10.0	217.9-524.8	0.4-4.1	51-2940	0.6-13.3

* = acido gálico



Gastronomy

Chaucha potato has a pleasant flavor and texture and is easy to cook[56]. In Colombia, where consumption is significant, it's used in soups, creams, purée and fried. In *ajiaco santafereño* (a very important dish in Colombian gastronomy), the criolla potato is the most important of the three types of potatoes that are included. The small tubers, boiled or fried whole, are used in appetizers such as salads, accompanied by several types of sauces. As a purée, it is used as a base for the mixture with meat or another ingredient to make delicious empanadas.



Climate resilience and adaptation

There are multiple reports of resistance to diseases that clearly indicate the high potential of adaptation of chaucha potato in the face of pressure from biotic or abiotic stresses. These characteristics have the potential for genetic improvement. It includes resistance to late blight (*Phytophthora infestans*)[16,20,23,24,25,26,27,28], brown rot (*Ralstonia solanacearum*)[29,30], powdery scab (*Spongospora subterranea*)[31,32], and a virus like PVY33 y PYVV34. Also, tolerance to the damages done by the moth (*Tecia solanivora*),35 to low temperature or heat[2,24], and stress caused by drought[36].



Economic potential

Due to the lack of dormancy, the option to consolidate its market are processed products. Also, fried in chips, as precooked flour for soups, flakes for purée, dehydrated and, among other possibilities, preshaped, precooked and frozen. All of these options can be obtained by making use of its genetic diversity. Varieties rich in carotenoids have the potential for creating natural dye for yogurt and other products such as: flour, soups and cheeses[55].

In Ecuador, Peru and Bolivia, the markets currently don't offer chaucha potato. Nevertheless, there's a potential for promoting a niche market for direct sales and consumption. It requires promoting investigation on *in situ* conservation, genetic improvement, agronomy, food and marketing technology and, in addition, to carry out the adequate promotion, and especially: to obtain investment from businesses in the private sector with social inclusion criteria. In Colombia, over the last decade, the export of the criolla potato known as "egg yolk" has consolidated. Over the last five years, the export market for precooked frozen potatoes has remained relatively stable at over 600 metric tons a year[19].

Walusa

Xanthosoma sagittifolium

• Miguel Gonzales (Bolivia) • Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), consultora independiente

En los Andes, la walusa [*Xanthosomo sagittifolium* (L.) Schott] es un cultivo extensivo y típico de las zonas de transición hacia la Amazonía. Ocurre desde el nivel de mar hasta una altura máxima de 2,300 msnm en ambientes húmedos[1]. Se le considera básicamente como un producto para el autoconsumo[2]. Se trata de un cultivo ancestral del género *Xanthosoma*. Está ampliamente distribuido y produce cormos comestibles. En Bolivia se conoce como walusa o papa gualusa[3]. También en la región andina como uncucha en Perú, *malanga* en Ecuador, *bore* o *malangay* en Colombia, y *okuma* u *ocumo* en Venezuela. También con múltiples otros nombres: *macal* (México), *quiscamote* (Honduras), *otóe* (Panamá), *taioba*, *mangareto* o *mangarito* (Brasil), *guagüí* (Cuba), y como *Arrowleaf*, *Elephant Ear*, *Cocoyam* o *American Taro* en inglés. Es una especie fácil de confundir con la *Colocasia esculenta*, también denominada *taro*, papa japonesa o walusa japonesa[4].

Distribución geográfica

En los Andes, la walusa se cultiva mayormente en las zonas húmedas de los flancos orientales de la cordillera, en las yungas bolivianas, la ceja de selva peruana hasta los valles interandinos cálidos de Venezuela. En las Américas se encuentra ampliamente distribuida desde 24° latitud norte hasta 16° latitud sur[8,11,12]. Es parte de los sistemas de agricultura familiar desde Bolivia, Surinam y Las Antillas hasta México, donde es apreciada por sus cormos y hojas comestibles. Fuera de las Américas, la walusa también es ampliamente distribuida desde África y Asia tropical hasta las remotas islas del océano Pacífico[8,13,14].



Origen

Se trata de una de las aráceas cultivadas más antiguas del mundo[5]. El lugar de domesticación de *X. sagittifolium* aún no está muy claro, pero se sugiere que es nativo del noroeste de Sudamérica: Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela[6]. Es ahí donde se registtra la presencia de parientes silvestres. Históricamente fue llevado a lo largo de las Américas por diferentes grupos indígenas migratorios[7]. Se indica que cuando los europeos arribaron a América, este cultivo se encontraba distribuido desde el sur de México hasta Bolivia[8]. Evidencia lingüística y arqueobotánica corrobora un origen muy antiguo[9,10]. Faltan estudios filogenéticos para dar un mayor entendimiento a sus procesos de domesticación.

Diversidad varietal

La walusa presenta una importante diversidad varietal diferenciada comúnmente por la coloración de la pulpa, que varía desde blanca o amarilla hasta rosada-morada[8]. Estudios genéticos realizados fuera del centro de origen han reportado un alto nivel de diversidad[13]. Sin embargo, se han realizado pocos estudios sobre la diversidad, el manejo tradicional y su estado de conservación en los países andinos. Diversos bancos de germoplasma en la región mantienen colecciones. Siendo el noroeste de Sudamérica el centro de origen y diversidad, se requiere mayor inversión en la investigación y conservación de la especie.





Potencial económico

El potencial económico de la walusa en la región es subdesarrollado. En la mayoría de los países andinos es básicamente un cultivo de autoconsumo con presencia en mercados populares. El área nacional de siembra es modesta, va desde las 5,000 hasta 10,000 hectáreas en Perú y Venezuela respectivamente[24]. Por su excelente calidad y textura tiene un potencial de expansión para los mercados de consumo fresco y para el procesamiento en harinas o alimentos infantiles. Desde Centroamérica y Ecuador se exportan cormos a Estados Unidos. En algunos países también se ha desarrollado un mercado para la walusa en la alimentación animal y como planta ornamental.

Resiliencia climática y adaptación

La walusa tiene varias adaptaciones que lo ayudan a sobrevivir y propagarse en condiciones extremas. Tiene la capacidad de reproducirse sexualmente por semillas y vegetativamente por cormos. También está adaptada para crecer en una gran variedad de ambientes que van desde huertos tropicales bien iluminados hasta sistemas agroforestales bajo sombra. Un factor esencial para el desarrollo de la walusa es la humedad, factor que podría verse afectado por el cambio climático y alteraciones en los niveles de precipitación[8]. La walusa no tolera temperaturas muy bajas o sequías.

Nutrición

Existen muy pocos reportes sobre el contenido nutricional de variedades de walusa de origen andino. En general, se han reportado valores de energía bruta de 378 a 380 kcal por 100 g, convirtiendo a la walusa en una buena fuente de energía[15]. Por otro lado, también es una buena fuente de proteínas, minerales y micronutrientes. Muestra un alto nivel de variabilidad nutricional entre variedades y ambientes de cultivo.

Algunas variedades de la walusa contienen antinutrientes como fitatos y taninos: factor que puede afectar la biodisponibilidad de micronutrientes[15]. El contenido de amilosa en el almidón de los cormos de la walusa es alto comparado con el almidón del taro (*C. esculenta*) y de la yuca (*Manihot esculenta*)[16]. Las hojas y peciolos se pueden consumir al ser una buena fuente de fibra dietética, minerales y licopeno[17,18].

Atributos nutricionales (por 100 g peso seco)[15,19,20,21,22,23]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina B3 (mg)
4.0-5.1	1.3-9.9	1.3-3.1	0.3-0.6



Gastronomía

La walusa tiene una utilización tradicional variada: hervida, frita o como harina. Debido a su fácil cocción, digestión y buen sabor es apetecida por niños y ancianos. Es utilizada tradicionalmente en purés, sopas, guisos y estofados por su alto contenido de almidón que permite espesar las comidas[25,26]. Así como también es empleada en la elaboración de hojuelas fritas o chips con una alta demanda por parte del consumidor[27]. Además, la harina es utilizada en la elaboración de dulces, panes, pasteles y galletas[26]. Por otra parte, el consumo de hojas tiernas y peciolos como hortaliza aún está poco difundida. Siendo un producto nativo de la región, debería tener mayor presencia en la cocina novoandina.



Walusa

Xanthosoma sagittifolium

• Miguel Gonzales (Bolivia) • Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), independent consultant

In the Andes, walusa (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) is an extensive crop and typical of the transition zones towards the Amazon. It occurs from sea level to a maximum height of 2,300 masl in humid environments[1]. It is basically considered a product for personal consumption[2]. It is an ancestral crop of the genus *Xanthosoma*. It is widely distributed and produces edible corms. In Bolivia it is known as walusa or papa gualusa[3]. Also in the Andean region it's known by such names as *uncucha* in Peru, *malanga* in Ecuador, bore or *malangay* in Colombia, and *okuma* or *ocuma* in Venezuela. Also with multiple other names including: *macal* (Mexico); *quiscamote* (Honduras); *otóe* (Panama); *taioba*, *mangareto*, or *mangarito* (Brazil); *guagüí* (Cuba); and as Arrowleaf, Elephant Ear, Cocoyam, or American Taro in English. It is an easy species to confuse with *Colocasia esculenta*, also called *taro*, Japanese potato, or Japanese walusa[4].

Varietal diversity

Walusa presents an important varietal diversity commonly differentiated by the color of its pulp that varies from white and yellow to pink-purple[8]. Genetic studies carried out outside the center of origin have reported a high level of diversity[13]. However, few studies have been carried out on diversity, traditional management, and its conservation status in the Andean countries. Various genebanks in the region maintain collections. As the northwestern part of South America is the center of origin and diversity, greater investment is required into research and conservation of the species.

Geographic distribution

In the Andes, walusa is cultivated mainly in the humid zones of the eastern flanks of the mountain range, in the Bolivian yungas, the Peruvian high jungle to the warm inter-Andean valleys of Venezuela. In the Americas it is widely distributed from 24° north latitude to 16° south latitude[8,11,12]. It is part of family farming systems from Bolivia, Suriname and the Antilles to Mexico, where it is prized for its edible corms and leaves. Outside of the Americas, walusa is also widely distributed from Africa and tropical Asia to the remote islands of the Pacific Ocean[8,13,14].





Origin

It is one of the oldest cultivated araceae in the world[5]. The domestication site of *X. sagittifolium* is not yet very clear, but it is suggested that it is native to northwestern South America: Colombia, Peru, Ecuador, and Venezuela[6]. This is where the presence of wild relatives exists. Historically it was transported throughout the Americas by different migratory indigenous groups[7]. It is indicated that when the Europeans arrived in America, this crop was distributed from southern Mexico to Bolivia[8]. Linguistic and archaeobotanical evidence corroborates a very ancient origin[9,10]. Phylogenetic studies are lacking to give a better understanding of the domestication and irradiation processes of walusa.

Nutrition

There are very few reports on the nutritional content of varieties of walusa of Andean origin. In general, gross energy values of 378 to 380 kcal per 100 g have been reported, making walusa a good source of energy[15]. On the other hand, it is also a good source of protein, minerals, and micronutrients. It shows a high level of nutritional variability between varieties and growing environments.

Some varieties of walusa contain antinutrients such as phytates and tannins: a factor that can affect the bioavailability of micronutrients[15]. The amylose content in the starch of walusa corms is high compared to the starch of taro (*C. esculenta*) and cassava (*Manihot esculenta*)[16]. The leaves and petioles can be consumed as they are a good source of dietary fiber, minerals, and lycopene[17,18].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[15,19,20,21,22,23]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin B3 (mg)
4.0-5.1	1.3-9.9	1.3-3.1	0.3-0.6

Climate resilience and adaptation

Walusa has several adaptations that help it survive and propagate in extreme conditions. It has the ability to reproduce sexually by seeds and vegetatively by corms. It is also adapted to grow in a wide variety of environments ranging from well-lit tropical gardens to shady agroforestry systems. An essential factor for the development of walusa is humidity, a factor that could be affected by climate change and alterations in precipitation levels[8]. Walusa does not tolerate very low temperatures or droughts.



Gastronomy

The walusa is traditionally used in various ways: boiled, fried, or as flour. Due to its easy cooking, digestion, and good taste, it is appreciated by children and the elderly. It is traditionally used in purees, soups, and stews due to its high starch content that enables it to thicken food[25,26]. It is also used in the elaboration of fried flakes or chips in high demand by consumers[27]. In addition, the flour is used in the preparation of desserts, breads, pastries, and cookies[26]. On the other hand, the consumption of young leaves and petioles as a vegetable is still not very widespread. Being a native product of the region, it should have a greater presence in Novo-Andean cuisine.



Economic potential

The economic potential of walusa is underdeveloped in the region. In most Andean countries it is basically a personal consumption crop with a presence in local markets. The national planted area is modest, ranging from 5,000 to 10,000 hectares in Peru and Venezuela respectively[24]. Due to its excellent quality and texture, it has a potential for expansion for fresh consumer markets and to be processed into flour or baby food. Corms are exported to the United States from Central America and Ecuador. In some countries, a market has also developed for walusa in animal feed and as an ornamental plant.



Yacón

Smallanthus sonchifolius

• Iván Manrique (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

El yacón [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] actualmente es reconocido como un cultivo y alimento de alto potencial. Sin embargo, hasta hace un poco más de dos décadas el yacón había tenido escasa o nula notoriedad fuera de su entorno natural en los Andes. Esta situación empezó a cambiar cuando el Centro Internacional de la Papa (CIP) inició un programa de investigación del yacón. Uno de los principales logros científicos fue la validación científica del conocimiento tradicional asociado a las propiedades y usos del yacón[1,2,3], lo cual ha contribuido a generar un mercado con un alto potencial de crecimiento. Nombres comunes del yacón incluyen: *llakwash*, *aricoma*, *puche*, *yakuma* y *arikoachira*[4,5]. La expansión reciente de su cultivo en países de Asia, América y Europa, así como el elevado número de solicitudes de patentes en el mundo (más de 3,000)[6], constituyen un claro indicador del interés que viene despertando el yacón en los últimos años.

Distribución geográfica

El hábitat de distribución natural abarca el noroeste de Argentina y los valles interandinos secos y de la ceja de selva de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. En las dos últimas décadas el yacón ha empezado a sembrarse con fines comerciales en un rango de distribución más amplio en Perú en las regiones de Amazonas, Cajamarca, Huánuco y Pasco. Fuera de los Andes, se ha extendido principalmente en Japón, Corea, China, India, Nepal, Filipinas, Nueva Zelanda, República Checa y Brasil[8,2].



Origen

Se ha sugerido que el yacón tiene un origen híbrido (alopoliploide) y que las laderas húmedas y templadas de los Andes (desde el norte de Bolivia hasta el centro de Perú) sería el centro de origen y domesticación. En esta zona se ha encontrado una alta diversidad del cultivo y además se han identificado los ancestros silvestres (*S. riparius* y *S. macroscyphus*) que habrían dado origen al yacón[7]. Se requieren estudios filogenéticos para revelar con mayor precisión su historia de domesticación. La representación de raíces de yacón en cerámica moche indica una distribución amplia desde hace al menos 1800 años.

Diversidad varietal

Aunque se han realizado algunas misiones de colecta en el pasado para conservar la diversidad del yacón en bancos de germoplasma, es necesario incluir zonas aún no exploradas a lo largo de la ceja de selva y las comunidades andinas. Los principales bancos de germoplasma se encuentran en Perú, Bolivia y Ecuador. El CIP mantiene una colección de 50 accesiones de yacón[9,10]. Se requiere urgentemente de mayor atención a la conservación *in situ* del cultivo, ya que se desconoce el estado actual de conservación en campos de agricultores.

La diversidad del yacón ha sido poco estudiada. Un estudio realizado en 211 accesiones de yacón procedentes de seis bancos de germoplasma del Perú ha encontrado una diversidad baja en términos morfológicos y moleculares[11]. En otro estudio se ha encontrado que la diversidad en la zona norte del Perú se reduce únicamente a siete tipos morfológicos[12]. Aparte de las diferencias en el color de la pulpa de las raíces y otras características morfológicas, también se han identificado diferencias en cuanto a precocidad, rendimiento, valor nutricional y ploidía (octoploides y dodecaploides)[13,7,3].



Nutrición

Las raíces son ricas en fructooligosacáridos (FOS), una clase particular de carbohidratos con sabor dulce que los humanos no podemos digerir y, por consiguiente, no elevan la glucosa en la sangre y aportan pocas calorías (<2cal/g)[13,14]. Los FOS son reconocidos como un tipo de fibra soluble y también como prebióticos, lo que significa que estimulan una mejor salud y funcionamiento de la microbiota intestinal[14-17].

Se ha encontrado evidencia científica de que el consumo de yacón reduce el colesterol, corrige el estreñimiento, ayuda a bajar de peso, fortalece la respuesta del sistema inmune, mejora la asimilación de minerales y previene el cáncer de colon[18-20]. El yacón, además, es una excelente fuente de potasio y diversos compuestos con fuerte actividad antioxidante (2300-13600 µm TE)[16], así como también de pequeñas cantidades de micronutrientes y vitaminas[21].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[13,16,21,22]

FOS (mg)[13]	Fenólicos totales (mg ácido clorogénico)[21]	Potasio (mg)	Zinc (mg)	Hierro (mg)	Vitamina A1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)
3.1 - 8.9	1.29 - 4.85	141-295	0.67	0.3	10	0.11	0.33



Gastronomía

El yacón es consumido tradicionalmente como una 'fruta' fresca y usada por los agricultores para rehidratarse durante las faenas agrícolas. Actualmente el yacón tiene muy poca presencia en la gastronomía[26]. Sin embargo, hay una cantidad grande de recetas en donde se usa el yacón en la elaboración de refrescos, sopas, estofados y postres. Su estructura crujiente, sabor dulce y efecto refrescante hacen del yacón una joya para innovar la elaboración de salsas, ensaladas, jugos y postres[27].



Potencial económico

El potencial del yacón incluye el mercado de productos para diabéticos y personas con obesidad o sobrepeso. El consumo de azúcar en el mundo es más del doble de lo recomendado, lo que genera un mayor riesgo de obesidad, diabetes, hipertensión y enfermedades cardiovasculares[22]. Por otro lado, el consumo de fibra en muchos países no alcanza el 50% de la cantidad diaria recomendada, lo que eleva el riesgo de cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares[23]. El yacón puede convertirse en un aliado para contribuir a ambos problemas: reducir el consumo de azúcar e incrementar, y al mismo tiempo, el consumo de fibra soluble.

Las raíces del yacón se comercializan en supermercados, tiendas naturistas, internet y redes sociales, en forma fresca y procesada en jarabe o harina para la elaboración de postres, yogurts, bebidas funcionales y barras nutritivas[24]. También las hojas procesadas se comercializan en infusiones. El 2019 las exportaciones peruanas de yacón superaron los 2 millones de dólares, pero el potencial para la región andina es mucho mayor[25].

Resiliencia climática y adaptación

El yacón es un cultivo que requiere climas templados. En los Andes estos climas se concentran en valles interandinos y en la vertiente occidental y oriental (1,000 a 3,500 msnm). La siembra se hace al inicio de la temporada de lluvias, pero si hay disponibilidad de riego se puede sembrar en cualquier época del año. Los principales factores que limitan su adaptación a otras latitudes son la susceptibilidad a heladas y el largo periodo (10-12 meses) que requiere para formar raíces. El yacón no tolera heladas, granizadas y sequías. Aparte de ello, el cultivo es rústico y de fácil manejo[8,1].

Yacón

Smallanthus sonchifolius

• Iván Manrique (Peru), International Potato Center (CIP)

Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson] is currently recognized as a crop and a food with high potential. However, until a little over two decades ago yacon had little or no notoriety outside its natural environment in the Andes. This situation began to change when the International Potato Center (CIP) started a yacon research program. One of the main scientific achievements was the scientific validation of traditional knowledge associated with the properties and uses of yacon[1,2,3], which has contributed to generating a market with high growth potential. Common names for yacon include: *llakwash*, *aricoma*, *puche*, *yakuma*, and *arikoachira*[4,5]. The recent expansion of its cultivation in countries in Asia, America and Europe, as well as the high number of patent applications in the world (more than 3,000)[6], constitute a clear indicator of the interest that yacon has aroused in recent years.



Origin

It has been suggested that the yacon has a hybrid origin (allopolyploid) and that the humid and temperate slopes of the Andes (from northern Bolivia to central Peru) were the center of its origin and domestication. In this area, a high diversity of the crop has been found and, in addition, the wild ancestors (*S. riparius* and *S. macroscyphus*) that yacon is believed to have originated from have been identified[7]. Phylogenetic studies are required to more accurately reveal its domestication history. The representation of yacon roots in Moche pottery indicates a wide distribution for at least 1,800 years.

Geographic distribution

The habitat of natural distribution encompasses the northwest of Argentina and the dry inter-Andean valleys and high jungles of Bolivia, Peru, Ecuador, and Colombia. In the last two decades, yacon has begun to be planted for commercial purposes in a wider range of distribution in Peru in the regions of Amazonas, Cajamarca, Huánuco, and Pasco. Outside the Andes, it has spread mainly in Japan, Korea, China, India, Nepal, the Philippines, New Zealand, the Czech Republic, and Brazil[8,2].



Varietal diversity

Although some collecting missions have been carried out in the past to conserve yacon diversity in genebanks, it is necessary to include unexplored areas along the high jungle and Andean communities. The main genebanks are in Peru, Bolivia, and Ecuador. The CIP maintains a collection of 50 accessions of yacon[9,10]. Greater attention is urgently required to the *in situ* conservation of the crop, since the current state of conservation in farmers' fields is unknown.

The diversity of yacon has not been studied much. A study carried out on 211 yacon accessions from six genebanks in Peru has found low diversity in morphological and molecular terms[11]. In another study it has been found that the diversity in the northern zone of Peru is reduced to only seven morphological types[12]. Apart from differences in root pulp color and other morphological characteristics, differences have also been identified in terms of earliness, yield, nutritional value, and ploidy (octoploids and dodecaploids)[13,7,3].



Economic potential

Yacon's potential includes the market for products geared toward diabetics and people who are obese or overweight. The consumption of sugar in the world is more than double the recommended amount, which creates a greater risk of obesity, diabetes, hypertension, and cardiovascular diseases[22]. On the other hand, fiber consumption in many countries does not reach 50% of the recommended daily amount, which increases the risk of colon cancer and cardiovascular diseases[23]. Yacon can become an ally in addressing both problems: by reducing sugar consumption and increasing, at the same time, soluble fiber consumption.

Yacon roots are marketed in supermarkets, health food stores, on the internet, and in social networks, in a fresh form and processed into syrup or flour for the preparation of desserts, yogurts, functional drinks, and nutritional bars[24]. The processed leaves are also marketed in infusions. In 2019, Peruvian yacon exports exceeded 2 million dollars, but the potential for the Andean region is much higher[25].

Climate resilience and adaptation

Yacon is a crop that requires temperate climates. In the Andes, these climates are concentrated in inter-Andean valleys and on the western and eastern slopes (1,000-3,500 masl). Sowing is done at the beginning of the rainy season, but if irrigation is available, it can be sown at any time of the year. The main factors that limit its adaptation to other latitudes are the susceptibility to frost and the long period (10-12 months) that it requires to form roots. Yacon does not tolerate frosts, hailstorms, and droughts. Apart from this, the it's a hardy and easy-to-manage crop[8,1].



Gastronomy

Yacon is traditionally consumed as a fresh 'fruit' and used by farmers to rehydrate themselves during agricultural tasks. Currently yacon has very little presence in gastronomy[26]. However, there are a large number of recipes where yacon is used in the preparation of non-alcoholic beverages, soups, stews, and desserts. Its crunchy structure, sweet flavor, and refreshing effect make yacon a jewel for innovating the preparation of sauces, salads, juices, and desserts[27].

Nutrition

The roots are rich in fructooligosaccharides (FOS), a particular class of carbohydrates with a sweet taste that humans cannot digest and therefore do not raise blood glucose and provide few calories (<2cal/g)[13,14]. FOS are recognized as a type of soluble fiber and also as prebiotics, which means that they stimulate better health and functioning of the intestinal microbiota[14-17].

Scientific evidence has been found showing that the consumption of yacon reduces cholesterol, relieves constipation, helps with weight loss, strengthens the response of the immune system, improves the assimilation of minerals, and prevents colon cancer[18-20]. Yacon is also an excellent source of potassium and various compounds with strong antioxidant activity (2,300-13,600 µm TE)[16], as well as small amounts of micronutrients and vitamins[21].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[13,16,21,22]

FOS (mg)[13]	Total phenolics (mg chlorogenic acid)[21]	Potasium (mg)	Zinc (mg)	Iron (mg)	Vitamin A1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)
3.1 - 8.9	1.29 - 4.85	141-295	0.67	0.3	10	0.11	0.33





VEGETALES

Vegetables

Calabazas

Cucurbita sp.

• Roberto Ugas (Perú), Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Fundación McKnight

Dentro de la agrobiodiversidad andina encontramos el género Cucurbita, cuyas especies eran ampliamente aprovechadas por las poblaciones precolombinas[1]. Se encuentran cuatro especies cultivadas: *Cucurbita maxima* Duchesne, *C. moschata* Duchesne, *C. ficifolia* P.M.Bouche y *C. pepo* L. Crecen en distintos paisajes, desde territorios secos y cálidos hasta ambientes húmedos y fríos. Los sistemas de cultivo van desde los huertos familiares –la chacra campesina donde crecen asociados con maíces y frijoles– hasta monocultivos intensivos para abastecer los mercados nacionales. La especie *C. maxima* se conoce comúnmente como zapallo o *sapallu* en quechua. La especie *C. moschata* es conocida simplemente como calabaza, pero en el Perú es conocida como zapallo criollo, siendo muy representativos los loches. A la especie *C. ficifolia* se le conoce simplemente como calabaza o *chiclayo*, *lacayote*, *lacahuite*, *chiuche*, *sambumba* y *sambos*. *C. pepo* también es conocido como calabaza, pero en el sur del Perú también recibe los nombres *jawinca*, *javinca*, *avinca*, *coacho* y *cushi*[1].

Distribución geográfica

El género *Cucurbita* se distribuye desde los Estados Unidos hasta Argentina[10]. En la región andina, los zapallos y las calabazas se encuentran distribuidas en diferentes ecologías que abarcan desde las tierras bajas hasta los 3,500 msnm. *C. máxima* está adaptaba a las regiones templadas de valles, lomas, quebradas, pampas y valles interandinos desde 0 a 3,500 msnm. *C. moschata* por su parte, predomina en las zonas templadas cálidas entre 0 a 2,300 msnm. *C. ficifolia* es predominantemente andina y está adaptada al clima de los valles interandinos desde los 2,300 hasta 3,500 msnm donde crece frecuentemente en asociación con maíz o en huertos, al igual que *C. Pepo*, que ocupa un área geográfica más restringida[1].





Origen



Cucurbita es un género americano, cuyo probable centro de origen se encuentra en el sur de México y Centroamérica, basados en la abundancia de parientes silvestres y especies cultivadas de esta región[2,3,4]. Sin embargo, también existen muchas referencias que sustentan un origen andino de algunas especies. Por cierto, existe una muy larga historia fascinante de uso que se evidencia en la cerámica e iconografía Moche y Chimú, restos arqueobotánicos y la cultura alimentaria[1].

Diversidad varietal

Existe una diversidad varietal enorme dentro de cada una de las especies[1]. Esta diversidad se conserva parcialmente en los bancos de germoplasma de los programas nacionales y las universidades en la región. Variedades comerciales de *C. maxima* son el zapallo macre, zapallo sambo o crespo y zapallo de carga, además de múltiples variedades locales. La variedad comercial más conocida de *C. moschata* es el zapallo loche. Variedades locales incluyen *shupe*, lagarto, yunga, chuncho y *huicco*[1]. Las especies *C. ficifolia* y *C. pepo* también tienen una amplia diversidad varietal que se expresa en colores y formas de frutos y semillas, además de textura de pulpa.

Una característica por resaltar en los zapallos y calabazas cucurbitáceas es la separación de sexos, con flores hembra y macho separadas y con frecuencia vistosas para favorecer la polinización por insectos[11]. Esta característica favorece la diversificación bajo las prácticas de selección realizadas por los agricultores. Sin embargo, este proceso evolutivo está poco documentado y por lo general existen pocos estudios sobre la dinámica de la conservación *in situ* en los Andes.



Potencial económico

La mayor parte de la producción de zapallos y calabazas en los países andinos se destina a los mercados locales, con la excepción de unas pocas variedades introducidas para la exportación. Presentan un gran potencial económico para promover dietas saludables y su uso en la gastronomía. El crecimiento poblacional, la búsqueda de sabores y aromas de la infancia y la capacidad de conservación poscosecha pueden favorecer la demanda urbana.

Existe la necesidad de avanzar en la documentación y registro de las variedades tradicionales y mejoramiento genético para enfrentar algunos desafíos agronómicos y agroindustriales. La denominación de origen y la indicación geográfica son elementos que pueden dar un valor agregado a las variedades locales. Además, la promoción de las gastronomías regionales seguirá incentivando la conservación in situ de la alta diversidad.

Nutrición

Los zapallos y calabazas poseen un alto valor nutricional, principalmente por ser fuente de betacarotenos y retinol, poderosos antioxidantes e iniciadores de la vitamina A en el organismo[12,13]. Además, contienen vitamina del complejo B y C 12 presentes en la pulpa de color amarillo o naranja oscuro característico de estas especies debido a los carotenoides, luteína y zeaxantinas[14]. Se ha reportado que su consumo contribuye a fortalecer el sistema inmunológico y prevenir afecciones cardiovasculares, pulmonares, prostáticos, y oculares o de la piel[15,16].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco) [17,18,19]

	Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
C. maxima	0.6-0.9	26-34	0.3-0.6	0.1-1.6	0.01-0.03	0.02-0.04	0.40	0.1-7.5
C. moschata	1.4-2.6	32-38	0.33-0.59	0.40	0.05-0.10	0.03-0.08	0.52-0.80	7.4-12.3

Gastronomía

Sopas y cremas, guisos y preparaciones dulces son los platos preferidos para aprovechar zapallos y calabazas. En el Perú destaca el seco de cabrito a la norteña, que para algunos es la expresión máxima de la gastronomía nacional, que lleva zapallo loche rayado en el aderezo. En Ecuador, el sambo es utilizado en la fanesca, plato típico de Semana Santa[20]. En los países andinos, el locro, es un guiso muy tradicional que prepara a base de zapallo[21]. De la misma manera que los sancochados o pucheros, contundentes sopas que combinan varias carnes y verduras.

En cuanto a los dulces destaca el dulce de calabaza horneada con chancaca y los panes de calabaza. Además, entre los postres que llevan zapallo están las mazamorras o *apis* en quechua, y los picarones. Papillas y purés de zapallo son comunes en la alimentación de bebés y personas con problemas de digestión.

Además, los zapallos y calabazas brindan una paleta de opciones para la innovación en la cocina novoandina.

Resiliencia climática y adaptación

Los zapallos y calabazas se adaptan a una gama amplia de climas y paisajes, prefiriendo en muchos casos condiciones cálidas y secas, pero adaptándose también muy bien en regiones húmedas como en los flancos orientales hacia la Amazonía. Existen genotipos resistentes a las sequías, aunque en cultivos comerciales requieren riego. Dado su amplio rango de adaptación y diversidad genética, se considera que los zapallos y las calabazas lograrán adaptarse al cambio climático.



Pumpkins | *Cucurbita* sp.

• Roberto Ugas (Peru), National Agricultural University La Molina (UNALM), McKnight Foundation

Within Andean agrobiodiversity, there are many crops belonging to the genus *Cucurbita*, whose species were widely used by pre-Hispanic populations[1]. There are four cultivated species: *Cucurbita maxima* Duchesne, *C. moschata* Duchesne, *C. ficifolia* P.M.Bouche and *C. pepo* L. They grow in different landscapes, from dry and hot territories to humid and cold environments. The cultivation systems range from family gardens to the larger community farms where they grow in plots alongside corn and beans, as well as in intensive monocultures that supply national markets. The species *C. maxima* is commonly known as *zapallo* or *sapallu* in Quechua. The species *C. moschata* is known simply as *calabaza*, but in Peru it is known as *zapallo criollo*, the *loches* or the loche squash being highly representative. The species *C. ficifolia* is known simply as *calabaza* or *chiclayo*, *lacayote*, *lacahuite*, *chiuche*, *sambumba* and *sambos*. *C. pepo* is also known as *calabaza*, but in southern Peru it is also called *jawinca*, *javinca*, *avinca*, *coacho* and *cushi*[1].



Varietal diversity

There is enormous varietal diversity within each of the species[1]. This diversity is partially conserved in the gene banks of national programs and universities in the region. Commercial varieties of *C. maxima* are *zapallo macre*, *zapallo sambo* or *zapallo crespo*, and *zapallo de carga*, as well as multiple local varieties. The best known commercial variety of *C. moschata* is *zapallo loche*. Local varieties include *shupe*, *lagarto*, *yunga*, *chuncho*, and *huicco*[1]. The species *C. ficifolia* and *C. pepo* also have wide varietal diversity that is expressed in the colors and shapes of fruits and seeds, as well as pulp texture.

A characteristic worth highlighting in cucurbit squashes and pumpkins is the separation of the sexes, with separate female and male flowers that are often eye-catching to attract pollination by insects[11]. This characteristic favors diversification under the selection practices carried out by farmers. However, this evolutionary process is poorly documented and there are generally few studies on the dynamics of *in situ* conservation in the Andes.

Geographic distribution

The genus *Cucurbita* is distributed from the United States to Argentina[10]. In the Andean region, squash and pumpkin are distributed in different ecologies that range from the lowlands to 3,500 masl. *C. Maximum* has adapted to the temperate regions of valleys, hills, streams, pampas and inter-Andean valleys from 0 to 3,500 meters. *C. moschata* predominates in warm temperate zones between 0 to 2,300 meters. *C. ficifolia* is predominantly Andean and has adapted to the climate of the inter-Andean valleys from 2,300 to 3,500 meters, where it frequently is cultivated alongside corn, or in orchards. Similarly, *C. Pepo* grows in the same altitudes, although in more restricted geographical areas[1].





Origin

Cucurbita is an American genus, whose probable center of origin is in southern Mexico and Central America, based on the abundance of wild relatives and cultivated species in this region[2,3,4]. However, there are also many references that support an Andean origin of some species. In fact, there genus has a very old and fascinating use history evidenced by Moche and Chimú ceramics and iconography, archaeobotanical remains and food culture.



Economic potential

Most of the production of squash and pumpkin in the Andean countries is destined for local markets, except for a few varieties introduced for export. They have great economic potential to promote healthy diets and to be used in gastronomy. Population growth, the search for novel flavors and aromas, and postharvest preservation capacity may contribute to growing urban demand.

There is a need to advance with the documentation and registration of traditional varieties and genetic improvement to meet agronomic and agro-industrial challenges. The appellation of origin and the geographical indication are elements that can offer added value to local varieties. In addition, the promotion of regional cuisines will continue to encourage the in situ conservation of high diversity.

Climate resilience and adaptation

Pumpkins and squash adapt to a wide range of climates and landscapes, in many cases preferring hot and dry conditions, but also adapting very well to humid regions such as on the eastern flanks towards the Amazon. There are genotypes resistant to droughts, although in commercial crops they require irrigation. Given their wide range of adaptation and genetic diversity, it is considered that squash and pumpkins will manage to adapt to climate change.

Nutrition

Pumpkins and squash have high nutritional values, mainly because they are a source of beta-carotene and retinol, powerful antioxidants and initiators of vitamin A in the body[12,13]. In addition, they contain complex vitamins B and C 12 present in the yellow or dark orange pulp characteristic of these species due to carotenoids, lutein and zeaxanthins[14]. Its consumption has been reported to help strengthen the immune system and prevent cardiovascular, pulmonary, prostate, and eye or skin conditions[15,16].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[17,18,19]

	Proteínas (g)	Calcium (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
C. maxima	0.6-0.9	26-34	0.3-0.6	0.1-1.6	0.01-0.03	0.02-0.04	0.40	0.1-7.5
C. moschata	1.4-2.6	32-38	0.33-0.59	0.40	0.05-0.10	0.03-0.08	0.52-0.80	7.4-12.3



Gastronomy

In the Andes, squash and pumpkins are used in a wide variety of soups and creams, stews and desserts. In Peru, the seco de cabrito a la norteña stands out as an expression of the national gastronomy, and contains grated zapallo loche in the seasoning. In Ecuador, sambo is used in fanesca, a dish typically consumed during Holy Week[20]. In the Andean countries, locro is a traditional stew that is prepared based on squash[21]. Squash and pumpkins are also a base for stews and nourishing soups that combine various meats and vegetables.

Baked pumpkin with panela and the pumpkin breads are the most noteworthy desserts. Also widely popular are puddings that incorporate squash (or apis in Quechua), and picarones. Squash porridge and purees are common in the diets of babies and people with digestion problems. In addition, squash and pumpkin provide a range of options for innovation in Novo-Andean cuisine.



Berros

Mimulus glabratus, Nasturtium officinale

• Horacio Rodríguez (Ecuador), Centro Internacional de la Papa (CIP)

El berro incluye un amplio grupo de hortalizas verdes, silvestres o cultivadas. Hay muchas especies de berros, por lo que este capítulo se centra en las dos más comunes en los Andes: el berro dulce, amarillo o de flores amarillas (*Mimulus glabratus* Kunth) y el berro común o berro (*Nasturtium officinale* R. Br.). El berro amarillo es una planta silvestre conocida en la región andina como berro andino, *ocoruro*, *okururo*, *oqororo*, *oqoruro*, *jakjoruro*, *jocko ruru*, *ockoru*, *michi michi*, *placa* y *llaka*[1,2,3]. Por otro lado, el berro común es una planta silvestre o cultivada que en los Andes se llama berro de agua, *chijchi*, *occoruro* o *mayu amki*[4,5].

Distribución geográfica

Los berros crecen en todo el continente americano y prosperan en lugares húmedos, como riberas de ríos, arroyos y manantiales, pero no en aguas estancadas[12]. Se desarrollan desde la costa hasta los 4,300 metros de altitud[11]. Los berros andinos semiacuáticos están bien adaptados a ambientes fríos y húmedos y son deliberadamente tolerados como hortalizas silvestres en los agroecosistemas de las tierras altas[13].



Origen

El complejo *M. glabratus* es originario de América y se encuentra en todo el continente, desde Canadá hasta la Patagonia. Su variación genética sugiere que se extendió de norte a sur, con ciertas formas encontradas desde Canadá hasta México y otras formas desde el sur de Estados Unidos hasta Guatemala[6]. En particular, los berros amarillos, en su forma hexaploide (con seis juegos de cromosomas en su núcleo), se encuentran desde Colombia hasta Argentina[6,7]. Así, el berro amarillo es una planta silvestre nativa de los países andinos[8].
Por otro lado, el berro común es originario de Europa y Asia, y en el continente americano ha sido catalogado como "planta exótica naturalizada"[9]. Esta planta ha sido identificada como una especie introducida e invasora en diferentes ecosistemas de Argentina, Chile, Ecuador y Perú[10,11].



Diversidad varietal

Existe una gran diversidad de especies, denominados colectivamente berros en la región andina. En general, se ha reconocido que la diversidad genética y morfológica del grupo andino de *M. glabratus* es alta, aunque no se ha investigado lo suficiente. Taxonómicamente, se reconocen diferentes grupos en función de la ploidía y la distribución ecogeográfica[7].

N. officinale es similar a *Rorippa palustris* y *Rorippa sylvestris*[12]. Las especies están ampliamente adaptadas y se han identificado diferentes variedades[14]. Hasta la fecha, la selección de variedades basada en aspectos agronómicos importantes, como la resistencia a las heladas o las enfermedades, solo se ha realizado a pequeña escala por unos pocos productores. Sin embargo, no se han lanzado variedades mejoradas para la producción comercial[15].



Potencial económico

En la región andina, los berros se recolectan generalmente de arroyos y estanques. Como alimento silvestre, los seres humanos han utilizado berros durante miles de años. En Australia, la producción comercial de berros comunes implica hasta seis cosechas por año, con un rendimiento potencial de 7.5 a 10 toneladas por hectárea[16]. No existen estadísticas oficiales sobre la producción, comercio y consumo del berro común y de flor amarilla en la región andina. A pesar de su excelente potencial nutricional y nutracéutico como hortaliza, no existen programas de investigación y desarrollo enfocados en la producción, mejoramiento o desarrollo de mercados en la región andina[15].

Además de su valor nutricional para el consumo humano, el berro se puede utilizar como pienso y como planta medicinal[5]. También se ha sugerido que M. glabratus tiene potencial para las operaciones de remediación de sistemas acuáticos contaminados[27]. Un número creciente de estudios sugiere que el consumo de berros mejora la salud humana al proporcionar beneficios quimiopreventivos, antioxidantes y antiinflamatorios[15,18]. Se han documentado sus efectos sobre enfermedades cardíacas y hepáticas, problemas renales, retención de orina, bronquitis y anemia[4,16].

Nutrición

Como alimento rico en nutrientes, el berro amarillo o M. glabratus es rico en minerales, incluidos hierro, potasio y calcio, y es rico en fibra y vitaminas A y C[24]. En un estudio reciente que comparó la densidad de nutrientes de 47 alimentos con 17 nutrientes, el berro común o N. officinale ocupaó el primer lugar[24].

El berro tiene propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antibacterianas, antiinflamatorias y cardioprotectoras, y se utiliza como alimento diurético y hepatoprotector[25]. Estas propiedades han sido reconocidas desde hace mucho tiempo por las comunidades andinas[17]. En el caso del berro común, estos efectos terapéuticos se atribuyen a glucosinolatos, isotiocianatos, polifenoles (flavonoides, ácidos fenólicos, proantocianidinas), terpenos (incluidos carotenoides) y vitaminas (B1, B2, B3, B6, E, C)[18].

Atributos nutricionales (per 100 g fresh weight)[13,16,21,22]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
2.2-3.0	1.7-2.3	0.7-0.8	0.16	0.06	0.3	18.7-62.6



Gastronomía

Las hojas frescas de berros se consumen generalmente en ensaladas, aunque también se consumen cocidas en guisos y sopas[8,11]. Se ha informado que el berro se usa en la chicha, una bebida andina popular, y sus semillas se pueden usar para condimentar. Si bien el potencial nutricional y gastronómico del berro aún no se ha desarrollado, un creciente interés por esta verdura puede alentar a más consumidores a consumirlo y a más cocineros andinos a incorporar el berro en sus creaciones especiales.

Adaptación y resiliencia climática

El berro coloniza rápidamente los sitios húmedos, formando comunidades entre los ambientes acuáticos y terrestres, como arroyos, suelos pantanosos y otros cuerpos de agua que se mueven lentamente. Su supervivencia está condicionada a la calidad y nivel del agua, creciendo mejor en profundidades de 5 a 10 centímetros y en condiciones de pH 8 neutro. Es probable que las poblaciones de plantas se vean afectadas por los cambios en los flujos de agua en los Andes a medida que cambia el clima.

Las plantas toleran moderadamente las heladas y se ha informado que sobreviven a temperaturas tan bajas como -15 °C[16]. Los berros no tienen una gran demanda de nutrientes. Sin embargo, absorben nitrógeno y fósforo y se ha considerado su uso para extraer nutrientes de los arroyos. Crecen sobre grava, arena, limo o arcilla, pero no sobre turba ácida o alcalina[14]. En general, el berro como verdura es muy adaptable a las condiciones climáticas cambiantes.



Watercress

Mimulus glabratus, Nasturtium officinale

• Horacio Rodríguez (Ecuador), International Potato Center (CIP)

Watercress includes a wide group of green, wild or cultivated vegetables. There are many species of watercress, so this chapter focuses on the two most common in the Andes: sweet, yellow, or yellow-flowered cress (*Mimulus glabratus* Kunth) and common watercress, or cress (*Nasturtium officinale* R. Br.). The yellow watercress is a wild plant known in the Andean region as *berro andino*, *ocoruro*, *okururo*, *oqororo*, *oqoruro*, *jakjoruro*, *jocko ruru*, *ockoru*, *michi michi*, *placa* and *llaka*[1,2,3]. On the other hand, the common watercress is a wild or cultivated plant that in the Andes is called *berro de agua*, *chijchi*, *occoruro* or *mayu amki*[4,5].

Distribución geográfica

Watercress plants grow throughout the American continent and thrive in humid places, such as the banks of rivers, streams, and springs, but not in stagnant water[12]. They develop from the coast up to 4,300 meters of altitude11. The semiaquatic Andean watercress are well adapted to cold humid environments and purposely tolerated as a wild vegetable in highland agroecosystems[13].



Origin

The *M. glabratus* complex is native to the Americas and is found throughout the continent, from Canada to the Patagonia region. Its genetic variation suggests that it spread north to south, with certain forms found from Canada to Mexico and other forms from the southern United States to Guatemala[6]. In particular, the yellow watercress, in its hexaploid form (with six sets of chromosomes in its nucleus), are found from Colombia to Argentina[6,7]. Thus, the yellow watercress is a native wild plant of the Andean countries[8]. On the other hand, common watercress is native to Europe and Asia, and in the American continent it has been classified as a "naturalized exotic plant"[9]. This plant has been identified as an introduced and invasive species in different ecosystems in Argentina, Chile, Ecuador, and Peru[10,11].

Varietal diversity

There is a great diversity of watercress species, commonly collectively called berros in the Andean region. Overall, the genetic and morphological diversity of the Andean group of *M. glabratus* has been recognized to be high, although not sufficiently researched. Taxonomically, different groups are recognized based on ploidy and ecogeographical distribution[7].

N. officinale is similar to *Rorippa palustris* and *Rorippa sylvestris*[12]. The species are widely adapted and different varieties have been identified[14]. To date, varietal selection based on important agronomic aspects, such as resistance to frost or disease, has only been done on a small scale by a few growers. Yet, there are no released improved varieties for commercial production[15].





Nutrition

As a nutrient-dense food, the yellow watercress or M. glabratus is high in minerals – including iron, potassium and calcium - and is rich in fiber and vitamins A and C[24]. In a recent study that compared the nutrient density of 47 foods for 17 nutrients, common watercress or N. officinale ranked first[24].

Watercress has antioxidant, anticancer, antibacterial, anti-inflammatory and cardioprotective properties, and is used as a diuretic and hepatoprotective food[25]. Such properties have since long been recognized by Andean communities[17]. In the case of common watercress, these therapeutic effects are attributed to glucosinolates, isothiocyanates, polyphenols (flavonoids, phenolic acids, proanthocyanidins), terpenes (including carotenoids) and vitamins (B1, B2, B3, B6, E, C)[18].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[13,16,21,22]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
2.2-3.0	1.7-2.3	0.7-0.8	0.16	0.06	0.3	18.7-62.6



Gastronomy

The fresh leaves of watercress are generally consumed in salads, although they are also consumed cooked in stews and soups[8,11]. Watercress has been reported to be used in chicha, a popular Andean beverage, and its seeds can be used for seasoning. Although the nutritional and gastronomic potential of watercress has yet to be fulfilled, a growing interest in this green vegetable may encourage more consumers to eat it and more Andean chefs to incorporate watercress into their special creations.





Economic potential

In the Andean region the green vegetable is generally gathered from streams and ponds. As a wild food, watercress species have been used by human for thousands of years. In Australia the commercial production of common watercress involves up to 6 harvests per year, with a potential yield of 7.5 to 10 tons per hectare[16]. There are no official statistics on the production, trade and consumption of yellow-flowered and common watercress in the Andean region. Despite its excellent nutritional and nutraceutical potential as a vegetable there are no research and development programs focusing on production, breeding or market development in the Andean region[15].

In addition to its nutritional value for human consumption, watercress can be used as animal feed and as a medicinal plant[5]. It has also been suggested that *M. glabratus* has potential for the remediation operations of contaminated aquatic systems[27]. A growing number of studies suggest that the consumption of watercress improves human health by providing chemo-preventive, antioxidant and anti-inflammatory benefits[15,18]. Its effects on heart and liver disease, kidney problems, urine retention, bronchitis and anemia has been documented[4,16].

Caigua y quishiu

Cyclanthera pedata, c. brachybotrys

• Milka Tello (Perú), Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL)

La caigua [*Cyclanthera pedata* (L.) Schrad.] y *quishiu* [*Cyclanthera brachybotrys* (Poepp. & Endl.)] son dos hortalizas andinas perteneciente a la familia Cucurbitaceae. La caigua –también conocida como o *achoccha* en quechua, *gaywa* en quechua huanuqueño[1], caigua del país[2], *kaika*[3,4], pepino de rellenar, *caiba*[5] o *cachuá*[6]– es una especie domesticada. Mientras que el *quishiu* –también conocida como *kita* caigua o *kita achoccha*, caigua o *achoccha* del monte, caigua o *achoccha cimarrón*, caigua *shiluja* o *shupru*[3,7,8,9,10,11] –es una especie semisilvestre. Ambas son plantas trepadoras, anuales, rústicas, consideradas a la vez hortaliza y planta medicinal. Cronistas e historiadores han referido su presencia e importancia en la dieta de los antiguos peruanos como unas de las pocas verduras nativas cultivadas en los Andes[13,14,2]. Ambas especies se encuentran en huertos, siendo el cultivo de la caigua muy comercial en algunas regiones. Por otro lado, el *quishiu* no se comercializa y es básicamente para el autoconsumo para las familias rurales.

Origen

La cultura Moche a menudo representaba a la caigua en sus cerámicas[15]. También se han encontrado restos de esta especie enterrados en sitios arqueológicos de la costa peruana[16]. En base a hallazgos arqueológicos, lingüísticos, geográficos, la presencia de parientes silvestres, estudios y la diversidad morfológica-genética se ha sugerido que la caigua es de origen andino y, con alta probabilidad, del Perú[20,19;18,17,3]. Por otro lado, la presencia semi silvestre indica claramente que el *quishiu* es de origen andino.



Diversidad varietal

Se reconocen 23 especies del género *Cyclanthera*[28], del cual nueve se han reportado en el Perú[8]. Existe alta diversidad dentro de las especies de *C. pedata* y *C. brachybotrys* con diferencias marcadas en cuanto a la morfología de las hojas y frutos[29,30]. Se ha reportado incompatibilidad genética entre ambas especies[12]. Comercialmente se distinguen algunas variedades de caigua en el Perú: 'italiana', 'serranita', 'costeña', 'criolla', entre otras. Las variedades vernáculamente llamadas 'criolla' en realidad representan un grupo diverso de variedades nativas. En cuanto a *quishiu* también se distinguen diferentes grupos varietales: 'quishiu hembra' o 'mancaron quishiu' y 'quishiu macho' o 'pishco quishiu'. Los recursos genéticos de la caigua y el quishiu se conservan en algunos bancos de germoplasma en la región, principalmente como parte de los programas nacionales de investigación y universidades nacionales[31,32].

Distribución geográfica



En la época inca y preincaica el cultivo de la caigua se extendió por los valles andinos cálidos y templados desde Colombia hasta el noreste de Argentina. Ingresó al viejo mundo a inicios del siglo XVIII aproximadamente, según sustentos en herbarios[21]. Actualmente en el Perú se cultiva hasta los 3,000 msnm en casi todo el territorio nacional[2]. La demanda en los mercados urbanos ha impulsado su expansión. Hoy en día, gracias al amplio rango de condiciones ambientales donde puede crecer[15], se cultiva en todo el mundo[22]: empezando por las regiones montañosas de Sudamérica, América Central y México[27], hasta África, Taiwán, China, Vietnam[23], India, USA, Italia[17] y Turquía[24].

La distribución de quishiu es más restringida y básicamente se limita a la región andina. Ocurre entre 1,800 a 3,500 msnm en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, principalmente en lugares húmedos y de climas templados[25]. En Perú, está presente en las vertientes orientales andinas y la selva alta, y también en valles interandinos como Urubamba y Calca, en el Cusco[27,26,3]. El quishiu se cultiva comúnmente en huertos familiares, pero como especie semi silvestre también se le encuentra en bordes de caminos y hábitat de bosques nublosos montañosos.



Potencial económico

En los países andinos, la caigua tiene un mercado establecido como verdura. Cuenta con una creciente demanda interna y externa por sus atributos funcionales y nutricionales38. Desde el Perú se exporta principalmente en polvo[39,40]. Como región de origen, los países andinos podrían tomar ventaja del producto con mayor inversión en estudios científicos y programas de certificación que sustentan la calidad de este producto único. Opciones incluyen la certificación orgánica, denominación de origen e indicación geográfica.

El *quishiu* destaca por sus atributos potenciales como alimento nativo y medicina. Tiene una excelente aceptación en los mercados locales de la región andina y un potencial enorme para la gastronomía. Sin embargo, se necesitan estudios de la especie, de su cultivo, producción y propiedades nutracéuticas, para ponerla en valor.

Resiliencia climática y adaptación

La caigua ha demostrado un alto grado de adaptación a diferentes hábitats en la región andina y a nivel global[2]. Dada esta plasticidad, se considera que la caigua se adaptará al cambio climático que actualmente está afectando la agricultura andina. El periodo vegetativo es de alrededor de cinco meses, necesitando unos 100 días para iniciar su cosecha y producir durante unos 50 días, logrando así hasta tres cosechas. La caigua requiere mucha agua durante todas las fases de su cultivo, factor que pudiera verse afectado por el cambio climático. Con un rango de adaptación un poco menos amplio, el *quishiu* posiblemente será más sensible a la alteración del clima. Se ha observado que el grupo varietal 'quishiu macho' es más rústico y de gran adaptación a diferentes condiciones ambientales en comparación con los otros grupos varietales de la especie[9].

Nutrición

La caigua un alimento funcional y también medicina natural. Contiene proteínas, fibra, fósforo, calcio, hierro, zinc, vitamina A, B y C[33]. Se han reportado propiedades anti colesterolémicas, antiinflamatorias e hipoglucemiantes[34]. Tiene acción lipotrópica que le concede doble efecto positivo, por un lado, reduce el colesterol LDL y ayuda en el incremento del colesterol HDL, convirtiéndose en un complemento ideal para el tratamiento del hipercolesterolemia[35]. Se conoce muy poco sobre la composición química y el valor nutricional del quishiu. Se ha reportado que contiene: vitamina A y E[36,27]. Al igual que la caigua, es un alimento funcional y planta medicinal. Sus frutos contienen esteroides y alcaloides[11]. En la medicina tradicional es empleada como tónico, para tratar inflamación renal, infección del oído y dolores estomacales[36,11].

Atributos nutricionales de (por 100 g peso fresco)[37,33]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
0.5-1.5	0.1-0.9	0.1-0.2	0.02-0.05	0.02-0.07	0.17-0.30	6.9-11.4



Gastronomía

La caigua y el *quishiu* son verduras consideradas estrellas, por su gran versatilidad para la cocina cacera, tradicional y novoandina. Crudas, son ingredientes para ensaladas fresas. Rellenas de carne, pescado o queso y horneados, son deliciosos. También se consumen las hojas y los brotes como verdura[3], y se prepara jugo de caigua. Desde el año 1800, se ha reportado su uso y consumo relleno con carne picada, convirtiéndose en un plato representativo y tradicional hasta nuestros días: la caigua rellena[5].

Tradicionalmente el *quishiu* se prepara en sopas, guisos, ensaladas, saltados y tortillas. El caldo verde de *quishiu* o el caldo de Judas es un plato tradicional de la provincia de Huamalíes (Huánuco, Perú) y se consume en Semana Santa.



Caigua y quishiu

Cyclanthera pedata, c. brachybotrys

• Milka Tello (Peru), National University Hermilio Valdizán (UNHEVAL)

Caigua [*Cyclanthera pedata* (L.) Schrad.] and *quishiu* [*Cyclanthera brachybotrys* (Poepp. & Endl.)] are two Andean vegetables belonging to the Cucurbitaceae family. Caigua, also known as *achoccha* in Quechua, *gaywa* in Huanuqueño Quechua[1], *caigua del país*[2], *kaika*[3,4], *pepino de rellenar*, *caiba*[5] or *cachuá*[6], is a domesticated species. On the other hand, *quishiu*, also known as *kita caigua* or *kita achoccha*, *caigua* or *achoccha del monte*, *caigua* or *achoccha simaron*, *caigua shiluja* or *shupru*[3,7,8,9,10,11], is a semi-wild species. Both are climbing, annual, and hardy plants, considered both vegetables and medicinal plants. Chroniclers and historians have referred to their presence and importance in the diet of ancient Peruvians as one of the few native vegetables grown in the Andes[13,14,2]. Both species are found in gardens, the cultivation of the caigua being very commercial in some regions. On the other hand, quishiu is not sold and is basically for self-consumption by rural families.

Geographic distribution



In Inca and pre-Inca times, the cultivation of caigua spread through the warm and temperate Andean valleys from Colombia to the northeast of Argentina. It entered the old world at the beginning of the 18th century approximately, according to sustenance in herbariums[21]. In Peru, it is currently cultivated up to 3,000 meters above sea level in almost the entire national territory[2]. Demand in urban markets has driven its expansion.

Today, thanks to the wide range of environmental conditions in which it can grow[15], it is cultivated all over the world[22] beginning with the mountainous regions of South America, Central America, and Mexico[27], to Africa, Taiwan, China, Vietnam[23], India, the United States, Italy[17], and Turkey[24].

The distribution of *quishiu* is more restricted and is basically limited to the Andean region. It occurs between 1,800 and 3,500 meters in Colombia, Ecuador, Peru, and Bolivia, mainly in humid places and temperate climates[25]. In Peru, it is present on the eastern Andean slopes and in the high jungle, and also in inter-Andean valleys such as Urubamba and Calca in Cusco[27,26,3]. *Quishiu* is grown exclusively in home gardens, but as a semi-wild species it is also found on roadsides and mountainous cloud forest habitats.

Origin

The Moche culture often represented caigua in their ceramics[15]. Remains of this species have also been found buried in archaeological sites on the Peruvian coast[16]. Based on archaeological, linguistic, and geographical findings, the presence of wild relatives, studies, and morphological-genetic diversity, it has been suggested that caigua is of Andean origin and, with high probability, from Peru[20,19,18,17,3]. On the other hand, its semi-wild presence clearly indicates that quishiu is of Andean origin.



Varietal diversity

23 species of the genus *Cyclanthera*[28] are recognized, of which nine have been reported in Peru[8]. There is high diversity within the species of *C. pedata* and *C. brachybotrys* with marked differences in terms of the morphology of the leaves and fruit[29,30]. Genetic incompatibility between both species has been reported[12]. Commercially, a few varieties of caigua are distinguished in Peru: *italiana*, *serranita*, *costeña*, *criolla*, among others. Varieties locally called *criolla* represent a diverse group of native varieties. With respect to *quishiu*, different varietal groups are also distinguished: *quishiu hembra* or *mancaron quishiu* and *quishiu macho* or *pishco quishiu*. There is a lack of studies to characterize intraspecific diversity using genetic markers, as well as *in situ* conservation programs. The genetic resources of caigua and quishiu are conserved in some genebanks in the region, mainly as part of national research programs and national universities[31,32].

Nutrition

Caigua is a functional food and a natural medicine. It contains protein, fiber, phosphorus, calcium, iron, zinc, and vitamins A, B, and C[33]. Anti-cholesterol, anti-inflammatory, and hypoglycemic properties have been reported[34]. It has lipotropic action that gives it a doubly positive effect: on the one hand, it reduces LDL cholesterol, while also boosting creation of of HDL cholesterol, making it an ideal complement for the treatment of hypercholesterolemia[35]. Very little is known about the chemical composition and nutritional value of quishiu. It has been reported to contain vitamins A and E[36,27]. Like caigua, it is a functional food and medicinal plant. Its fruits contain steroids and alkaloids[11]. In traditional medicine it is used as a tonic to treat kidney inflammation, ear infections, and stomach pain[36,11].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[37,33]

Protein (g)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
0.5-1.5	0.1-0.9	0.1-0.2	0.02-0.05	0.02-0.07	0.17-0.30	6.9-11.4



Gastronomía

Caigua and *quishiu* are considered prized vegetables, due to their great versatility for home cooking and traditional and Novo-Andean cuisine. Raw, they are tasty ingredients for fresh salads. Stuffed with meat, fish, or cheese and baked, they are delicious. The leaves and shoots are also consumed as vegetables[3], and caigua is consumed in smoothies. Records from 1935[41] show the consumption of caigua in stews, mainly in *locros*, and also raw. Since 1800, there have been reports of its use and consumption stuffed with minced meat, becoming a representative and traditional dish to this day: the caigua rellena (stuffed caigua)[9].Traditionally *quishiu* is prepared in soups, stews, and salads, as well as sauteed and in other similar dishes similar to those prepared with caigua[9] including *ajiaco*, *picantes*, *pebres*, stews, salads, and *tortillas*. *Caldo verde de quishiu* (green quishiu broth) or *caldo de Judas* is a traditional dish from the Huamalíes province (Huánuco, Peru) and is eaten at Easter.





Economic potential

In the Andean countries, caigua has an established market as a vegetable. It has a growing internal and external demand for its functional and nutritional attributes[38]. From Peru, it is exported mainly in powder form[39,40]. As a region of origin, the Andean countries could take advantage of the product with greater investment in scientific studies and certification programs that support the quality of this unique product. Options include organic certification, appellation of origin, and geographical indication.

Quishiu stands out for its potential attributes as a native food and medicine. It has excellent acceptance in the local markets of the Andean region and a huge potential for gastronomy. However, studies of the species, its cultivation, production, and nutraceutical properties are needed to widen its appreciation.

Climate resilience and adaptation

Caigua has shown a high degree of adaptation to different habitats in the Andean region and globally[2]. Given this variation, it is considered that caigua will adapt to the climate change that is currently affecting Andean agriculture. The vegetative period is around five months, requiring 100 days to reach harvest phase and then producing for about 50 days, thus realizing up to three harvests. Caigua requires large quantities of water during all phases of its cultivation, a factor that could be affected by climate change. With a slightly narrower range of adaptation, quishiu will possibly be more sensitive to climate change. The varietal group quishiu macho has been observed to be hardier and highly adaptable to different environmental conditions compared to the other varietal groups of the species[9].

Yuyo

Brassica rapa subesp. *campestris*

• Analí Janampa (Perú), consultura independiente • María Scurrah (Perú), Grupo Yanapai • Jorge Garma (Perú), Universidad para el Desarrollo Andino (UDEA)

Yuyo o *yuyu* significa hierba en quechua y es el nombre de una planta cultivada y silvestre, insumo para platos populares consumidos en ferias por familias rurales y urbanas de los Andes centrales. Se trata de la especie herbácea *Brassica rapa* L. subesp. *campestris*. Pertenece a la familia Brassicaceae y también es conocida comúnmente como mostaza, mostacilla, nabo silvestre o nabo de pampa[1,2]. En quechua también se le conoce como: *qitqa*, *labanus*, *rapush*, *shita*, *ketcla* o *ququchaen*. En España le llaman nabo gallego y en inglés como *field mustard* y *wild turnip*. El plato con el mismo nombre es muy nutritivo, agradable y de fácil acceso para muchas personas. Las hojas se cuecen y se consumen con papas. Son recogidos de campos de papa, maíz, cebada, trigo donde crecen espontáneamente como maleza o acompañante de los cultivos.

Distribución geográfica

Tiene una amplia gama de distribución que va desde el nivel del mar hasta 4,300 msnm, cubriendo los Andes de norte a sur. Está bien adaptado a zonas templadas y frías. Se propaga por semillas que se producen en grandes cantidades[4]. Es probable que además de su dispersión natural también se disperse con el estiércol del ganado.





Origen

El nabo fue alimento de los grupos originarios que poblaron Europa. Su origen se disputa entre Europa y Asia central. Se cultivó por primera vez hace cuatro milenios y, con posterioridad, fue apreciado por griegos y romanos[3]. La planta silvestre que continúa siendo parte de los campos de cultivo de nabo, llegó a América y los Andes posiblemente como contaminante en las semillas de cereales[1]. La especie tiene cientos de años en la región y, al igual que con las habas, se ha vuelto común en el sistema alimentario andino. Por sus características competitivas de generar mucha semilla de germinación y crecimiento rápido, se ha establecido como maleza en los campos de cultivo en los Andes.



Diversidad varietal

Brassica rapa es una especie que crece en formas muy diversas, como hortalizas ampliamente difundidas en diferentes contextos, incluido el nabo (una raíz), repollo napa, *bomdong*, *bok choy* y *rapini*[5,6]. *Brassica rapa* subsp. *oleifera* es una semilla oleaginosa que tiene muchos nombres comunes, como *colza*, *koolzaad* y mostaza de campo. La diversidad genética y varietal de *B. rapa* subsp. *campestris* en la zona andina parece estrecha, aunque existe poca evidencia científica.

Resiliencia climática y adaptación

El yuyo es una planta propia de climas templados, adaptada favorablemente a climas fríos con capacidad de resistir heladas[7]. Esta cualidad es confirmada por los agricultores al considerarla una planta rústica, como menciona la señora María, quien comercializa las hojas en el mercado de Lircay (Huancavelica, Perú): "es una verdura estacionaria que se cosecha de diciembre a marzo, en los meses de lluvia. Es una mala hierba, muy valorada y que consumían los abuelos por su alto valor alimenticio en sopas y segundos"[8]. La *B. rapa* subsp. *campestris* se ha establecido exitosamente a nivel global. Su capacidad de adaptación es muy notoria, factor que favorecerá su mantención bajo escenarios de cambio climático.







Potencial económico

El consumo del yuyo es muy popular, pero su comercialización ocurre a una escala muy modesta. Se calcula que al menos dos millones de peruanos quechua hablantes consumen yuyo antes de la cosecha grande[2]. En décadas pasadas, su consumo urbano era mayor, ya que su expendio se realizaba en calles y mercados, donde también la clase media la consumía. La mejora de las vías de comunicación facilitó el ingreso de otras hortalizas y ocasionó cambios en los patrones de alimentación[13,14].

Mejorando la promoción, comercialización y disponibilidad en fresco en los centros de abastos, cumpliría una función multipropósito. Primero, convirtiéndose en una fuente de ingresos para mujeres de zonas rurales quienes recolectan el yuyo. Segundo, un gran insumo para restaurantes y familias urbanas que requieren de verduras de buen sabor, nutritivas y económicas. Tercero, una opción para los programas de asistencia alimentaria que buscan fomentar una alimentación saludable en base a insumos frescos.

Nutrición

Las *Brassica* como el yuyo contienen altos niveles de vitamina A, B, C, E, K, así como folato, calcio, hierro, potasio y fósforo. Son una buena fuente de fibra dietética y tienen algo que no se encuentra en otras verduras: glucosinolatos. Los glucosinolatos dan un aroma único, un sabor ligeramente picante, además de poseer propiedades anticancerígenas[2]. El yuyo es una excelente fuente vegetal de hierro. Por ello se ha propuesto su promoción para contribuir a una dieta infantil balanceada. Ofrece una opción ampliamente accesible y disponible para la lucha contra las deficiencias nutricionales y en particular la anemia[9,10]. Además, es un alimento disponible durante el periodo de mayor escasez de alimentos en los Andes centrales (enero a abril).

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[2,11,12]

Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)
0.5-1.5	0.1-0.9	0.1-0.2	0.02-0.05	0.02-0.07	0.17-0.30



Gastronomía

El plato simplemente llamado yuyo simboliza la contracultura culinaria de una comida popular tradicional. Es de alto valor nutritivo, gran sabor y fácil de preparar. Sus dos ingredientes centrales son el yuyo, una 'maleza' acompañante recogida de la chacra, y la papa. El yuyo es un componente de algunos platos muy típicos del sur peruano: el tarpuy uchu (Cusco) y picante de yuyo (Apurímac). También se utiliza tradicionalmente para preparar picantes o jauchas, sopas, torrejas y guisos, o revueltas con huevos y otras verduras.

El yuyo también posee un alto potencial para ser elevado a la cocina gourmet para el consumo de toda la población. Es un ingrediente versátil que puede ser utilizado para la preparación de una gran diversidad de entradas y platos principales. ¡Depende de la creatividad del cocinero!

Yuyo

Brassica rapa subesp. *campestris*

• Analí Janampa (Peru), independent consultant • María Scurrah (Peru), Grupo Yanapai • Jorge Garma (Peru), University for Andean Development (UDEA)

***Yuyo* or *yuyu* means herb in Quechua and is the name of both a cultivated and wild plant. The herb is an input for popular dishes consumed at fairs by rural and urban families in the central Andes. Yuyo is part of the herbaceous species *Brassica rapa* L. subsp. *campestris*. It belongs to the Brassicaceae family and is also commonly known as *mostaza*, *mostacilla*, *nabo silvestre* or *nabo de pampa*[1,2]. In Quechua it is also known as *qitqa*, *labanus*, *rapush*, *shita*, *ketcla* or *ququchaen*. In Spain it is known as *nabo gallego* and in English it is named field mustard and wild turnip. A dish is prepared known as *yuyo* or *yuyu*, and is very nutritious, pleasant and easily accessible for many people. The leaves are cooked and eaten with potatoes. They are collected from fields of potatoes, corn, barley, and wheat where the herb grows spontaneously alongside the crops.**



Varietal diversity

B. rapa is a species that grows in very diverse forms, such as leafy vegetables widely spread in different contexts, including turnip (a root), napa cabbage, bomdong, bok choy and rapini[3,6]. *Brassica rapa* subsp. *oleifera* is an oilseed that has many common names, such as rapeseed, koolzaad, and field mustard. The genetic and varietal diversity of B. rapa subsp. campestris in the Andean zone seems narrow, although there is little scientific evidence.

Geographic distribution

Yuyo has a wide range of distribution ranging from sea level to 4,300 meters, covering the Andes from north to south. It is well adapted to temperate and cold zones. It is propagated by seeds that are produced in large quantities[4]. It is probable that in addition to its natural dispersion, it may also be dispersed through livestock manure.





Origin

The turnip was food for the original European populations. Its origin is disputed between Europe and Central Asia. It was first cultivated four millennia ago and later used by the Greeks and Romans[3]. The wild plant that continues to be part of the turnip growing fields reached America and the Andes, possibly as a contaminant in cereal seeds[1]. The species is hundreds of years old in the region and, as with fava beans, it has become common in the Andean food system. Due to its competitive characteristics of generating large amounts of seed along with rapid growth, it has established itself as a weed in crop fields in the Andes.

Nutrition

The *Brassica*, like yuyo, contain high levels of vitamins A, B, C, E, K, as well as folate, calcium, iron, potassium and phosphorus. They are a good source of dietary fiber and have something not found in other vegetables: glucosinolates. Glucosinolates offer a unique aroma, a slightly spicy taste, as well as having anticancer properties[2]. The *yuyo* is an excellent vegetarian source of iron. For this reason, its promotion has been proposed to contribute to a balanced and as a widely accessible and available option for the fight against child and adult nutritional deficiencies, particularly anemia[9,10]. In addition, it is a food available during the period of greatest food shortage in the central Andes (January to April).

Nutritional attributes (100 g of fresh weight)[2,11,12]

Protein (g)	Calcium (mg)	Iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)
0.5-1.5	0.1-0.9	0.1-0.2	0.02-0.05	0.02-0.07	0.17-0.30



Gastronomy

The dish simply called yuyo symbolizes the culinary counterculture of a traditional popular meal. It is highly nutritious, delicious and easy to prepare. Its two main ingredients are the yuyo, an accompanying 'weed' collected from the farm, and the potato. The yuyo is a component of typical dishes of southern Peru: the *tarpuy uchu* (Cusco) and *picante de yuyo* (Apurímac). It is also traditionally used to prepare picantes or *jauchas*, soups, *torrejas* and stews, or scrambled with eggs and other vegetables.

The *yuyo* also has a high potential to become a part of gourmet cuisine and for those who are interested in eating healthy and diverse foods. It is a versatile ingredient that can be used to prepare a wide variety of starters and main dishes, and creative cooks can use yuyo in countless ways.







Economic potential

The consumption of *yuyo* is very popular, but its commercialization occurs on a very modest scale. It is estimated that at least two million Quechua-speaking Peruvians consume yuyo before the main harvest[2]. In past decades, its urban consumption was greater, since it was sold in streets and markets, where the middle class also consumed it. The improvement of transport routes facilitated the entry of other vegetables and caused changes in eating patterns[13,14].

By improving the promotion, marketing and availability of fresh yuyo, rural women could increase their income as they are primarily collectors of the crop. This would also increase the supply of *yuyo* as an ingredient for restaurants and urban families that require tasty, nutritious and inexpensive vegetables. In addition, yuyo could be promoted widely as part of food assistance programs that promote healthy eating based on fresh ingredients.

Climate resilience and adaptation

Yuyu is a plant typical of temperate climates, favorably adapted to cold climates with the ability to withstand frost[7]. This quality is confirmed by farmers who consider it a hardy plant, as mentioned by Mrs. María, who sells the leaves in the Lircay market (Huancavelica, Peru): "it is a seasonal vegetable that is harvested from December to March, in the rainy months. It is a weed, highly valued and consumed by our grandparents for its high nutritional value in soups and main dishes"[8]. The *B. rapa* subsp. *campestris* has been successfully established globally. Its adaptation capacity is very noteworthy, a factor that will favor its survival under climate change scenarios.

Ají y rocoto

Capsicum sp.

• Roberto Ugas (Perú), Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Fundación McKnight

En la fabulosa diversidad geográfica, biológica y cultural de los Andes hay una sensación alimentaria que hace las veces de pasaporte o salvoconducto: el gusto general por la combinación del picante y de los intensos aromas y sabores de los ajíes nativos. Aquí se conserva la mayor diversidad de ajíes cultivados en el mundo[1]. El sabor o pungencia de los ajíes se debe a los capsaicinoides, alcaloides presentes en los ajíes y el rocoto, que dependiendo de sus variedades y dosis, se utilizan en la alimentación, agroindustria, medicina, control de plagas o incluso la defensa personal[2]. Los ajíes y rocotos pertenecen al género *Capsicum* y son parte de la familia de las Solanáceas. Los ajíes son conocidos en los Andes como *uchu* o *uchukuta* en voz quechua o *huayka*, *huaycaña* y *jallpahuayca* en aimara[3]. Se trata de cuatro especies: *Capsicum annuum* L., C. *baccatum* L., C. *chinense* Jacq. y C. *frutescens* L[4]. El rocoto, o *rukutu* en quechua, es la especie *C. pubescens* Ruiz & Pav[5,6].

Distribución geográfica

El género *Capsicum* presenta una amplia distribución geográfica en todo el continente americano. Los ajíes en realidad demuestran una adaptación muy amplia con variedades típicas en el territorio de la costa, sierra y selva. En la región andina, ocurre entre los 600 hasta los 3,000 msnm. Ahí encontramos al rocoto y el ají andino, criollo o largo colorado[12,13]. Los ajíes típicamente se cultivan en huertos familiares y parcelas pequeñas a grandes. Son el ingrediente emblemático de salsas y acompañantes de platos típicos en la gastronomía andina, tanto en Ecuador, Perú, Colombia y Bolivia[13,14].



Origen

El uso del ají se remonta a los primeros humanos que llegaron a los Andes centrales, como se muestra en los restos arqueológicos encontrados en la cueva de Guitarreros en Áncash, con una datación anterior a 8,000 a.C.[7,8]. Asimismo, se encontró en Huaca Prieta, al norte de Trujillo, semillas de un *Capsicum* que parece ser rocoto en las etapas iniciales de domesticación y de una antigüedad de más de 10,000 años[9]. Estos pequeños frutos han sido representados por casi todas las culturas prehispánicas, como la Chavín[10,11], y considerados como ídolos en el imperio incaico. Por su parte, en la época de la conquista, los españoles lo llamaron: pimiento de las indias y describían que era uno de los principales ingredientes en la comida de los indígenas[3].



• **Cerámica Nasca. Museo Amano, Lima ••** Nasca ceramic. Amano Museum, Lima.

Diversidad varietal

Los ajíes y rocotos presentan una alta variabilidad genética debido al largo proceso de selección llevado a cabo por el hombre[15], en función de las características morfológicas y sensoriales de los frutos (tamaño, forma, color, sabor, aroma y pungencia)[16]. Cabe señalar que el grado de diversidad genética de las especies domesticadas está directamente relacionado con el tiempo que han sido cultivadas, la heterogeneidad de la topografía, suelos y climas, y la cultura alimentaria.

Análisis moleculares demuestran una variación genética significativa, tanto entre especies domesticadas, como dentro de cada una de ellas[17,18]. La especie *C. annuum* presenta la mayor variabilidad genética en el mundo, seguida por *C. chinense*[19]. Asimismo, existen diferencias de C. baccatum del este y oeste de América del Sur, hallándose una gran capacidad de adaptación a las diversas regiones en las que se desarrollan, que van desde la región altoandina hasta la selva amazónica[20].

Se han implementado bancos de germoplasma bajo la dirección de las instituciones gubernamentales responsables de la conservación de recursos genéticos en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú[5,6,21]. En Bolivia y el Perú también se han implementado varios proyectos de conservación *in situ* de ajíes y rocoto. Sin embargo, hace falta un sistema ágil de monitoreo de su estado de conservación.





Potencial económico

El principal potencial económico que tiene el ají es el gastronómico, ya que se está abriendo un nicho muy interesante por sus sabores exóticos y en particular por lo picante. Existe un mercado creciente en la región, además de Estados Unidos y Europa por productos de origen con identidad, denominación de origen o indicación geográfica. Esta tendencia alimentaria puede impulsar el comercio de los ajíes de la región andina transformados en salsas y cremas adaptadas a los gustos mundiales. La investigación y la conquista de nuevos mercados deben ayudar a retribuir mejor a las familias de la pequeña agricultura que han conservado este legado genético y cultural.

La investigación científica puede ayudar en la comprensión de la diversidad genética de los ajíes para evaluar nuevos métodos que contribuyan a seleccionar variedades adaptadas a las cambiantes condiciones de consumo o perfiles de pungencia y de compuestos aromáticos que sirvan como huellas bioquímicas para diferenciarlos y promoverlos mejor[31]. Tareas pendientes para el mercado interno en la región incluyen la promoción del consumo de ajíes nativos y diversos, y avanzar hacia la producción de más ajíes orgánicos.

Resiliencia climática y adaptación

La muy amplia diversidad de ajíes en el Perú, y el hecho de que lamentablemente los mercados nacionales prefieran muy pocos, nos muestra el potencial de la investigación para entender esta diversidad de la mano de las familias rurales que la conservan y encontrar tipos adaptados a nuevos climas y necesidades. Dentro del acervo genético existen variedades muy rústicas[22,23]. Los ajíes prefieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, sueltos, bien aireados y con buen drenaje. Presentan mediana tolerancia a la salinidad y las sequías[21].

Nutrición

El ají y el rocoto brindan un aporte nutraceútico importante por el contenido de vitamina A y provitamina A (α-caroteno, β-caroteno y criptoxantina), así como también de vitamina C, flavonoides y capsaicinoides[24]. Sin embargo, por lo general su aporte nutricional es modesto por las cantidades relativamente pequeños que se suelen ingerir.

En la medicina tradicional andina, el ají tiene varias aplicaciones. Entre ellas resalta su uso regionalmente difundido para tratar el reumatismo[25,26]. Los ajíes poseen capsaicinoides: capsaicina y dihidrocapsaicina. En el campo de la medicina moderna, la capsaicina es utilizada como analgésico para el tratamiento del dolor en afecciones como la artritis reumatoide y diversos tipos de neuralgias[12,24,27]. También como anticancerígeno[28] y fuente oxidante[29].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[30]

	Proteínas (g)	Hierro (mg)	Vitamina A (µg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
Ají amarillo	0.9	0.90	445	0.06	0.58	1.25	60.0
Ají dulce	0.9	0.38	22	0.04	0.17	0.89	98.1
Ají verde	2.5	1.30	382	-	0.11	1.47	48.5
Rocoto	1.2	0.50	35	0.01	0.14	1.15	14.9

Gastronomía

Las variedades de ajíes picantes y dulces son en conjunto, la especie o condimento más comercializada en el mundo. El ají es consumido de diversas formas, fresco o procesado, ya sea deshidratado, ahumado, congelado, enlatado, encurtido o como ingrediente principal de salsas. Es el principal ingrediente de aderezos y adobos, por lo que se le considera el ADN o la esencia de nuestra comida regional[7]. Además de ser un acompañante esencial de platos fuertes y sopas, por lo que existen refranes populares como: "comidita mala con ají resbala"[32].

Actualmente, son parte fundamental de gastronomías de gran fama como las del Perú, México, China, India, Corea o Tailandia. Para la cocina novoandina el ají y el rocoto son ingredientes fundamentales para recrear sabores clásicos, pero también para la innovación gastronómica.



Ajíes and rocoto

Capsicum sp.

• Roberto Ugas (Peru), National Agricultural University La Molina (UNALM), McKnight Foundation

In the geographical, biological and cultural diversity of the Andes there is a key plant group that is a unifying ingredient across the entire region: the general penchant for the combination of spices and the intense aromas and flavors of native chili peppers. The greatest diversity of chili peppers grown in the world is preserved in the Andes[1]. The flavor or pungency of chili peppers is due to capsaicinoids, alkaloids present in chili peppers and hot peppers, which, depending on their varieties and doses, are used in food, agribusiness, medicine, pest control or even in personal defense[2]. Chili peppers and rocoto peppers belong to the genus *Capsicum* and are part of the Solanaceae family. Chili peppers are known in the Andes as *uchu* or *uchukuta* in Quechua or *huayka*, *huaycaña* and *jallpahuayca* in Aymara[3]. There are four species: *Capsicum annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq. and *C. frutescens* L.[4] The *rocoto*, or *rukutu* in Quechua, is the species *C. pubescens* Ruiz & Pav.[5,6]

Varietal diversity

Chili and rocoto peppers present great genetic variability due to the long selection process during many years of cultivation[15]. The variations include many differences of the morphological and sensory characteristics of the fruits (size, shape, color, flavor, aroma and pungency)[16]. It should be noted that the degree of genetic diversity of domesticated species is directly related to the length of time they have been cultivated, the heterogeneity of topography, soils and climates, and food culture.

Molecular analyses show significant genetic variation both between domesticated species and within each species[17,18]. The species *C. annuum* presents the greatest genetic variability in the world, followed by *C. Chinense*[19]. Likewise, there are differences of *C. baccatum* across the east and west of South America. These peppers possess a great capacity for adaptation to the various regions in which they grow, ranging from the Andean region to the Amazon rainforest[20].



Germplasm banks have been implemented under the direction of government institutions responsible for the conservation of genetic resources in Bolivia, Colombia, Ecuador, and Peru[5,6,21]. In Bolivia and Peru, several in situ conservation projects for chili and rocoto peppers have also been implemented. However, a system for monitoring the state of pepper conservation is needed.

Distribución geográfica

The genus *Capsicum* has a wide geographic distribution throughout the American continent. Chili peppers show a capacity to adapt to varying environments, with different varieties grown in the coast, mountains, and jungle. In the Andean region, the rocoto and the Andean, creole and long red peppers grow between 600 to 3,000 meters above sea level[12,13]. Chili peppers are typically grown in home vegetable gardens and plots of varying size. They are the emblematic ingredient of sauces and accompaniments to typical dishes in Andean gastronomy in Ecuador, Peru, Colombia, and Bolivia[13,14].



Origin

The use of chili pepper dates to the first humans who arrived in the central Andes, demonstrated in the archaeological remains found in the Guitarreros cave in Áncash dating to 8,000 BC[7,8]. Likewise, Capsicum seeds were recently found in Huaca Prieta, north of Trujillo, which appear to be hot peppers in the initial stages of domestication that are more than 10,000 years old[9]. These small fruits have been represented by almost all pre-Hispanic cultures, including the Chavín[10,11], and revered by the Inca empire. At the time of the conquest, the Spanish called it Indian pepper and noted it was one of the main ingredients of indigenous food[3].



• **Cerámica Nasca. Museo Amano, Lima** •• Nasca ceramic. Amano Museum, Lima.

Nutrition

Chili and rocoto peppers provide an important nutraceutical contribution due to the content of vitamin A and provitamin A (α-carotene, β-carotene and cryptoxanthin), as well as vitamin C, flavonoids and capsaicinoids[24]. However, their nutritional contribution is generally modest due to the relatively small amounts that are usually ingested.

In traditional Andean medicine, the chili pepper has several applications. Their use is widespread in the treatment of rheumatism[25,26]. Chili peppers contain capsaicinoids: capsaicin and dihydrocapsaicin. In the field of modern medicine, capsaicin is used as an analgesic for the treatment of pain in conditions such as rheumatoid arthritis and various types of neuralgia[12,24,27]. Capsaicin is also used as an anticancer treatment[28] and source of oxidants[29].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[30]

	Protein (g)	Iron (mg)	Vitamin A (µg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
Ají amarillo	0.9	0.90	445	0.06	0.58	1.25	60.0
Ají dulce	0.9	0.38	22	0.04	0.17	0.89	98.1
Ají verde	2.5	1.30	382	-	0.11	1.47	48.5
Rocoto	1.2	0.50	35	0.01	0.14	1.15	14.9



Gastronomy

The varieties of hot and sweet chili peppers are the most commercialized condiments in the world. The chili is consumed in various ways: fresh or processed, either dehydrated, smoked, frozen, canned, pickled or as the main ingredients of sauces. They are the primary ingredient in dressings and marinades and considered essential to Andean regional cuisine[7]. In addition to being an central ingredient in dishes and soups, there are popular sayings such as: "it's easier to eat bad food if you eat it with chili"[32].

Currently, peppers are a fundamental part of famous gastronomies such as those of Peru, Mexico, China, India, Korea, or Thailand. For Novo-Andean cuisine, chili and rocoto peppers are fundamental ingredients to recreate classic flavors, but also for gastronomic innovation.



Climate resilience and adaptability

Even though national markets prefer a limited number of peppers, the very broad diversity of chili peppers in Peru indicates the potential of research to understand this diversity and find types adapted to new climates and needs. Within the gene pool there are very hardy varieties and those family farmers that cultivate them will be key to understanding their potential[22,23]. Chili peppers prefer deep soils, rich in organic matter, that are loose, well aerated, and well drained. They have a medium tolerance to salinity and droughts[21].



Economic potential

Chili peppers primary use is for gastronomy, since a very interesting niche is opening for its exotic flavors and spicy properties. There is a growing economic market potential in the region, as well as in the United States and Europe, for products of origin with identity, appellation of origin or geographical indication. This food trend can boost the trade of chili peppers from the Andean region where they can be transformed into sauces and creams adapted to global preferences. Research is needed into ways that new market access can reward the small-scale farmer families that have conserved this genetic and cultural legacy.

Scientific research can help in understanding the genetic diversity of chili peppers and to evaluate new methods of variety selection. This will help identify and develop varieties that can adapt to new consumption or profiles of pungency and aromatic compounds that serve as biochemical fingerprints so new varieties may be promoted[31]. New goals for market development in the region include promoting the consumption of native and diverse chili peppers, and the production of more organic chili peppers.



HIERBAS

Herbs

Huacatay y chincho

Tagetes minuta, T. elliptica

• Horacio Rodríguez (Ecuador), Centro Internacional de la Papa (CIP)

El huacatay (*Tagetes minuta* L.) y el chincho (*Tagetes elliptica* Sm.) son especies aromáticas para sazonar diferentes platillos tradicionales andinos[1], además de otros usos medicinales e industriales[2]. Mientras que el huacatay es una planta anual semidomesticada que en ocasiones se cultiva, el chincho es una planta perenne silvestre que normalmente es recolectada[1]. El uso de huacatay y chincho como uno de los ingredientes de la pachamanca es particularmente extendido[1].
***Tagetes minuta* se conoce comúnmente como anisillo, chiquilla, chinchilla, amores secos, chil chil, floramar, suico, manzanilla silvestre o *quenchiué* (Argentina); *wacataya* o *chiqchipa* (Bolivia); *quinchihue* (Chile); *asnayuyo* (Ecuador); y huacataya o huacatay (Perú)[1,2]. Por otro lado, algunos nombres comunes de *Tagetes elliptica* son *mariasacha*, culantrillo serrano, chinche y chincho (Perú).**

Distribución geográfica

El huacatay tiene una distribución muy amplia desde Argentina hasta Ecuador[2]. Es cultivada en la sierra, costa y Amazonía de Perú, además de las Yungas y valles interandinos de Bolivia, tanto en biohuertos, como en parcelas pequeñas y hasta escala comercial. Fue introducido desde Los Andes a prácticamente todo el mundo, donde crece de forma silvestre[2]. Sus semillas se dispersan a través del pelo de animales y la ropa de personas, lo que la hace una maleza persistente. Últimamente se ha promovido su cultivo a nivel comercial en varios países[5], siendo algunos de los principales productores Brasil5 y la India[6]. El chincho crece abundantemente en los valles andinos de Perú desde los flancos occidentales hasta la selva alta desde los 1,000 hasta 4,500 m sobre nivel del mar[7,3].



Diversidad varietal

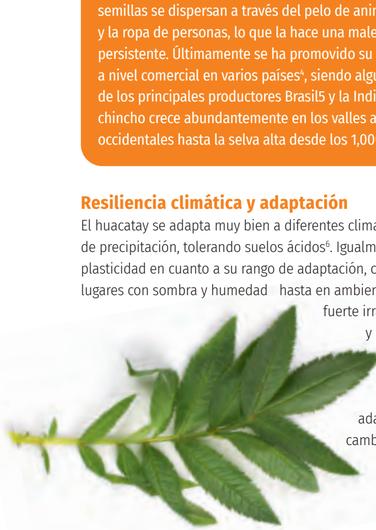
Las especies del género *Tagetes* son plantas herbáceas anuales de la familia Asteraceae, uno de los mayores grupos taxonómicos que incluye a más de 23,000 especies[4]. Hay nueve especies de Tagetes que son nativas de Perú[8]. Hay un gran número de variedades de huacatay y chincho que se diferencian por el hábito de la planta, forma de la hoja e intensidad aromática.

Origen

El huacatay es originario de las zonas templadas y de montaña de Sudamérica, particularmente de Argentina, Bolivia, Chile y Perú[1,2]. El Chaco paraguayo también es uno de sus centros de origen[2].
El chincho es una planta silvestre nativa de Perú[3]. Se han realizado pocos estudios sobre el origen de ambas especies con base en la genética, la etnobotánica y/o la arqueobotánica.

Resiliencia climática y adaptación

El huacatay se adapta muy bien a diferentes climas y alturas, así como a distintos rangos de precipitación, tolerando suelos ácidos[6]. Igualmente, el chincho demuestra mucha plasticidad en cuanto a su rango de adaptación, creciendo en lugares con sombra y humedad hasta en ambientes secos con fuerte irradiación. Por ello, y por su rusticidad en general, es probable que el huacatay y el chincho lograrán adaptarse a las condiciones de cambio climático.







Potencial económico

El huacatay tiene potencial económico para consumo humano, como planta ornamental, en la biomedicina, y la industria alimenticia como saborizante de productos lácteos y bebidas. Diferentes investigaciones han evaluado su uso como antimicrobiano, nematicida, acaricida, bactericida, insecticida y fungicida[19,18,17,4]. Los aceites esenciales se utilizan en la perfumería y la aromaterapia[19]. Además, se considera que tiene propiedades medicinales como digestivo, carminativo y antiabortivo[20].

El chincho se usa en la medicina tradicional como calmante de molestias asociadas a la menstruación y en infusiones para aliviar la gripe y la bronquitis. Su aceite esencial ha mostrado actividad antibacteriana y también actúa contra algunos hongos. Se utiliza como repelente de plagas y para producir biocidas artesanales[21,20,19]. Adicionalmente, el extracto de hojas ha mostrado un potencial para controlar la salmonelosis en algunos animales menores, como cuyes, por lo que podría convertirse en un insumo natural importante en la veterinaria[12]. Finalmente, algunas investigaciones recientes han estado orientadas al uso de aceite de chincho para conservar carne de cerdo[17] y alpaca[18].

Nutrición

El huacatay y el chincho son plantas aromáticas y saborizantes con alto contenido de aceites esenciales que son muy valorados en la preparación de salsas, aderezos, guisos y bebidas, así como en la medicina tradicional. Por su ingesta en cantidades pequeñas, el huacatay y el chincho no aportan de forma significativa a la nutrición humana. Sin embargo, cumplen un papel potencialmente importante por sus compuestos funcionales y efectos antimicrobianos[9,10,11]. El contenido de aceite esencial fluctúa según ambiente, genotipo y manejo[12,13]. Los aceites esenciales contienen limoneno, ocimeno, dihidrotagetona, tagetones y tagetenones en cantidades variables[14,10]. Algunas investigaciones han estado orientadas a resaltar sus propiedades antioxidantes[10,3], aunque todavía es necesario realizar más estudios para llegar a resultados contundentes en este sentido.

Atributos funcionales de *Tagetes minuta*[16,15,14,12,9]

Aceite esencial (% en base seca)	Componentes del aceite esencial (%)		
	Limoneno	Ocimeno	Dihidrotagetona
0.1-2.1	3.5 - 10	13 - 34	2 - 63



• La pachamanca, uno de los platos bandera de los Andes peruanos, utiliza un aderezo de chincho y huacatay. •• Pachamanka, one of the flagship dishes of the Peruvian Andes, uses a dressing of chincho and huacatay.

Gastronomía

En Perú, el huacatay se utiliza como condimento en la preparación de anticuchos, aderezo para el pollo a la brasa y salsas como la crema de ocopa y el qapchi ayacuchano[21]. Junto al chincho, el huacatay es una de las especies aromáticas indispensables para preparar la pachamanca[21]. En Bolivia se utiliza en algunas variantes de la llajua y para preparar el queso humacha. También se utiliza para preparar postres, tés y bebidas refrescantes, como bebidas de cola[5]. El chincho se usa principalmente en la pachamanca, aunque también puede reemplazar al huacatay en salsas y otras preparaciones[21]. Se utiliza además para preparar el platillo huachano pollo en punto de cuy[21]. En Cusco se utiliza también comúnmente para sazonar el cuy al horno y a la huatia. Para la cocina novoandina, ambas especies tienen un alto potencial para lograr aromas y sabores altamente distintivos.



Huacatay and chincho

Tagetes minuta, T. elliptica

• Horacio Rodríguez (Ecuador), International Potato Center (CIP)

Huacatay (*Tagetes minuta* L.) and chincho (*Tagetes elliptica* Sm.) are aromatic species used to season different traditional Andean dishes[1], as well as for other medicinal and industrial uses[2]. While huacatay is a semi-domesticated annual plant that is occasionally cultivated, chincho is a wild perennial that is normally gathered[1]. The use of huacatay and chincho as ingredients in the pachamanca is particularly widespread[1]. *Tagetes minuta* is commonly known as *anisillo*, *chiquilla*, *chinchilla*, *amores secos*, *chil chil*, floramar, suico, *manzanilla silvestre*, or *quenchiué* (Argentina); *wacataya* or *chiqchipa* (Bolivia); *quinchihue* (Chile); *asnayuyo* (Ecuador); and *huacataya* or *huacatay* (Peru)[1,2]. On the other hand, some common names for *Tagetes elliptica* are *mariasacha*, *culantrillo serrano*, *chinche*, and *chincho* (Peru).

Geographic distribution

Huacatay has a very wide distribution from Argentina to Ecuador[2]. It is cultivated in the highlands, on the coast, and in the Peruvian Amazon, in addition to the Yungas and inter-Andean valleys of Bolivia, in organic gardens, as well as on small plots and even on a commercial scale. It was introduced from the Andes to practically the entire world, where it grows wild[2]. Its seeds spread through animal hair and people's clothing, making it a persistent weed. Lately, its cultivation has been promoted commercially in several countries[4], some of the main producers being Brazil5 and India[6]. Chincho grows abundantly in the Andean valleys of Peru from the western flanks to the high jungle from 1,000 to 4,500 masl[2,3].

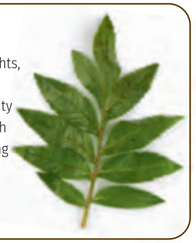


Origin

Huacatay is native to the temperate and mountain areas of South America, particularly of Argentina, Bolivia, Chile, and Peru[1,2]. The Paraguayan Chaco is also one of its centers of origin[2]. Chincho is a wild plant native to Peru[3]. Few studies have been carried out based on genetics, ethnobotany, and/or archaeo-botany on the origin of either species.

Climate resilience and adaptation

Huacatay adapts very well to different climates and heights, as well as to different ranges of precipitation, tolerating acidic soils[6]. Likewise, the chincho shows a lot of plasticity in terms of its range of adaptation, growing in places with shade and humidity even in dry environments with strong irradiation. For this reason, and due to their hardiness in general, it is probable that huacatay and chincho will be able to adapt to the conditions of climate change.





Nutrition

Huacatay and chincho are aromatic and seasoning plants with a high content of essential oils that are well valued in the preparation of sauces, dressings, stews, and beverages, as well as in traditional medicine. Due to their intake in small amounts, huacatay and chincho do not contribute significantly to human nutrition. However, they play a potentially important role due to their functional compounds and antimicrobial effects[9,10,11]. In essential oil content it fluctuates according to environment, genotype, and management[12,13]. The essential oils contain limonene, ocimene, dihydrotagetone, taggetons, and taggetenons in variable amounts[14,10]. Some research has been aimed at highlighting their antioxidant properties[10,3], although more studies still need to be carried out to reach conclusive results in this regard.

Functional attributes of *Tagetes minuta*[16,15,14,12,9]

Essential oil (% of dried plant)	Components of essential oil (%)		
	Limonene	Ocimene	Dihidrotagetone
0.1-2.1	3.5 - 10	13 - 34	2 - 63



Gastronomy

In Peru, Huacatay is used as a condiment in the preparation of anticuchos, in seasoning for grilled chicken, and in sauces such as ocopa sauce and qapchi ayacuchano[21]. Along with chincho, huacatay is one of the essential aromatic species for preparing pachamanca[21]. In Bolivia, it is used in some variants of the llajua and to prepare humacha cheese. It is also used to prepare desserts, teas, and refreshing beverages, such as cola drinks[5]. Chincho is used mainly in pachamanca, although it can also replace huacatay in sauces and other recipes[21]. It is also used to prepare the Huachano dish pollo en punto de cuy[21]. In Cusco, it is also commonly used to season roasted guinea pig and in huatia. For Novo Andean cuisine, both species have a high potential to achieve highly distinctive aromas and flavors.



Varietal diversity

Species of the genus *Tagetes* are annual herbaceous plants from the Asteraceae family, one of the largest taxonomic groups that includes more than 23,000 species[4]. There are nine species of Tagetes that are native to Peru[8]. There are a large number of varieties of huacatay and chincho that differ in plant habit, leaf shape, and aromatic intensity.



Economic potential

Huacatay has economic potential for human consumption, as an ornamental plant, in biomedicine, and in the food industry as a flavoring for dairy products and beverages. Various investigations have evaluated its use as an antimicrobial, nematicide, acaricide, bactericide, insecticide, and fungicide[19,18,17,4]. Essential oils are used in perfumery and aromatherapy[19]. In addition, it is considered to have medicinal properties such as digestive, carminative, and anti-abortive[20].

Chincho is used in traditional medicine as a reliever of the discomfort associated with menstruation and in infusions to relieve the flu and bronchitis. Its essential oil has shown antibacterial activity and also acts against some fungi. It is used as a pest repellent and to produce artisanal biocides[21,20,19]. Additionally, the leaf extract has shown a potential to control salmonellosis in some smaller animals, such as guinea pigs, so it could become an important natural ingredient in veterinary medicine[12]. Finally, some recent research has been aimed at the use of chincho oil to preserve pork[17] and alpaca meat[18].

Muña

Minthostachys mollis

• Milka Tello (Perú), Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL)

De las numerosas plantas aromáticas y medicinales nativas de la región, destaca la muña, por el uso alimenticio, medicinal y cultural para el poblador andino[29]. Dentro del género Minthostachys, se han identificado 24 especies según Schmidt-Lebuhn, distribuidas en Sudamérica[2,26,27,28]: Argentina (1 sp.), Ecuador (4 sp.), Perú (6 sp.), Bolivia (9 sp.), Colombia (2 sp.) y Venezuela (2 sp.). Las diversas especies del género *Minthsotachys*, incluido *Minthostachys mollis* (Beth.) Griseb, *M. setosa* (Biq) Epling, *M. tomentosa* (Benth.) Epling y *M. verticillata* (Griseb.) Epling, conocidos comúnmente como muña desde Venezuela hasta Argentina. Sinónimos incluyen *tipu* y *poleo* en Ecuador, orégano en Colombia y Venezuela, *koa* en Bolivia y menta peperina en Argentina[4,14,21,25]. La especie *Minthostachys mollis*, en la época preínca, fue considerada como planta sagrada después de la coca[9,10,17], su importancia en la civilización andina está vigente hasta nuestros días.

Distribución geográfica

La distribución geográfica de *Minthostachys*, género de arbustos nativos de Sudamérica, está determinada por tres factores: altitud, temperatura y humedad, características que ofrecen los variados pisos altitudinales de los Andes entre los 2500 hasta 4000 msnm[27,28,29]. La especie *Minthostachys mollis*, es ampliamente distribuida en los diferentes países indicados, excepto en Argentina.





Diversidad varietal

El centro de la diversidad morfológica se encuentra en Perú y Bolivia[27]. Cada especie presenta diferentes variedades, especialmente las especies ampliamente distribuidas. Por ejemplo, *M. mollis* muestra gran variabilidad y se reconocen tres variedades: *M. mollis* var. *mollis*; *M. mollis* var. *hybrida* Schmidt-Lebuhn, y *M. mollis* var. *mandoniana* (Briq.) Schmidt-Lebuhn[27]. Cada una de ellas con características morfológicas diferentes, en la forma de sus hojas y en micro características de las semillas.

Los agricultores en la Región Huánuco (Perú), diferencian a estas variedades en relación a la coloración y aroma del follaje, clasificándolas en muña hembra o *yuraq muña*=muña blanca (*M. mollis* var. *mollis* y M. *mollis* var. *mandoniana*) y muña macho o *yana muña*=muña negra (*M. mollis* var. *mollis* y *M. mollis* var. *hybrida*). Se ha podido distinguir entre las diferentes poblaciones una gama de aromas, desde suaves hasta intensos, similares a la menta y alguno más aromáticos parecido al aroma del toronjil[30].

Resiliencia climática y adaptación

El impacto de la variabilidad climática mundial, se evidencia en la región andina por el aumento de temperatura y los cambios en la temporalidad de las precipitaciones. Sin embargo, la plasticidad entre y dentro de las diferentes variedades de *Minthotachys mollis*, permite la adaptación a diferentes condiciones ambientales y altitudes. Se ha observado que varias poblaciones naturales de muña han sido afectadas en su supervivencia, especialmente *M. mollis* var. *mandoniana*; mientras que otras han mostrado mayor adaptación a los escenarios de cambio.

Agricultores que se dedican a la recolección de esta planta manifiestan que, antes ellos caminaban entre 10 a 15 minutos de sus casas, encontrando abundantes poblaciones naturales. Actualmente, esta especie se encuentra en lugares alejados a mayor altitud, por lo que muchas familias, han tomado la decisión de cultivarla en sus huertas o cerca de su casa.



Potencial económico

En el mercado nacional, la muña es comercializada en estado fresco y seco; en mezclas o planta sola, tradicionalmente en puestos de venta de hierberos. Por otro lado, los productos procesados, se expenden en tiendas naturistas bajo diversas presentaciones: aceite esencial, filtrantes, cápsulas, jarabes, jabones, harina, elíxir, bebidas, macerados y cremas. Actualmente, se exporta harina deshidratados, aceite, entre otras presentaciones a Europa y Estados Unidos.

El aceite esencial adquiere importancia y valor económico. Actualmente se conocen múltiples usos, en base a ensayos en el biocontrol de insectos picadores chupadores[13], y de ectoparásitos de animales[5,33,20]. Además de poseer usos antibacterianos[1,3,12,19] y antimicóticos[3,24], la muña, es eficaz para curar la gastritis[1,3,7,8,12,19,22]. Sin embargo, falta mayor inversión en el biodescubrimiento para potenciar los mercados de alto valor. Cabe resaltar que esta especie es utilizada en la conservación de la papa en almacén, biocontrol de plagas de cultivos, y en la etnoveterinaria[4,24,33].

Origen

El centro de origen es un tema aún por definir, basándonos en las investigaciones sobre el número de especies del género *Minthostachys*, así como sus endemismos y antecedentes históricos, evidencia que la muña es de origen andino, probablemente oriundo de Perú y Bolivia[29]. Durante miles de años ha mantenido su denominación que proviene el vocablo quechua "*munay*", que significa querer o amar[32]. Esto se evidenció en una escritura de Julián Herrera, ideogramas de significado estable donde está representado la muna-muña[18].

Nutrición

La "muña" es principalmente una planta aromática, saborizante y medicinal. Su ingesta en cantidades pequeñas no aporta directamente a la nutrición. Sin embargo, cumple un rol importante de forma indirecta, como suplemento a la alimentación. Concentra aceites esenciales en sus hojas con efectos antibacterianos y digestivos[16,17]. Estudios bioquímicos confirman el valor funcional que los pobladores de la región andina reconocen hace siglos[7,18,28], al contener niveles apreciables de micronutrientes como calcio y hierro: 2237 y 22.4 mg por 100 g de hoja seca respectivamente[11]. Se ingiere frecuentemente en infusiones por sus propiedades curativas, analgésicas, antiespasmódicas, antisépticas y enfermedades respiratorias[33,4]. También es utilizado en tratamientos odontológico causado por bacterias[15,3].

Atributos funcionales de aceite esencial

Pulegona (%)	Mentona (%)	Limoneno (%)	Mentol (%)
25.5-63.7	3.1-36.6	0.1-1.58	0.01-1.9



Gastronomía

En lo culinario, es considerada condimento y especie que permite jugar de forma singular con el sabor y la fragancia de entradas, platos de fondo, postres, macerados, cocteles. Tradicionalmente usada para darle un sabor especial e inconfundible a los caldos, sopas y guisos de habas o carne, tiene todo el potencial la innovación en la cocina novoandina. Uno de los platos más ancestrales que consistía en cocinar con piedras calientes era el "yacu- chupe", antepasado del "caldo verde", cuyo ingrediente importante era la muña, siendo aún un plato representativo de toda la sierra del Perú[6,33].



Muña

Minthostachys mollis

• Milka Tello (Peru), National University Hermilio Valdizán (UNHEVAL)

Of the numerous aromatic and medicinal plants native to the region, muña stands out, due to its nutritional, medicinal, and cultural use for the Andean population[29]. According to Schmidt-Lebuhn, 24 species have been identified within the genus *Minthostachys*, distributed in South America[2,26,27,28]: Argentina (1 sp.), Ecuador (4 sp.), Peru (6 sp.), Bolivia (9 sp.), Colombia (2 sp.), and Venezuela (2 sp.). The various species of the genus *Minthsotachys*, including *Minthostachys mollis* (Beth.) Griseb, *M. setosa* (Biq) Epling, *M. tomentosa* (Benth.) Epling, and *M. verticillata* (Griseb.) Epling, are known commonly as "muña" from Venezuela to Argentina. Synonyms include *tipu* and *poleo* in Ecuador, *oregano* in Colombia and Venezuela, *koa* in Bolivia, and *menta peperina* in Argentina[4,14,21,25]. The species, *Minthostachys mollis*, was considered a sacred plant during the Incan era and before, and after coca[9,10,17], to this day it is very important in Andean civilization.

Climate resilience and adaptation

The impact of global climate variability is evidenced in the Andean region by the increase in temperature and changes in the timing of rainfall. However, the plasticity between and within the different varieties of *Minthotachys mollis* allows adaptation to different environmental conditions and altitudes. It has been observed that several natural populations of muña have been affected in their survival, especially *M. mollis* var. *mandonian*, while others have shown greater adaptation to the scenarios of change.

Farmers who are dedicated to the collection of this plant state that before, they use to walk between 10 to 15 minutes from their homes, finding abundant natural populations. Currently, this species is found in remote places at higher altitudes, so many families have made the decision to grow it in their vegetable gardens or near their home.

Varietal diversity

The center of morphological diversity is found in Peru and Bolivia[27]. Each species presents different varieties, especially the widely distributed species. For example, the species *M. mollis* shows great variability. Three varieties are recognized *M. mollis* var. *mollis*; *M. mollis* var. *hybrida* Schmidt-Lebuhn, and *M. mollis* var. *mandoniana* (Briq.) Schmidt-Lebuhn27, each of them with different morphological characteristics, in the shape of its leaves and in the micro characteristics of the seeds.

Farmers in the Huánuco Region (Peru) differentiate these varieties in relation to the coloration and aroma of the foliage, classifying them as female muña or *yuraq muña* = white muña (*M. mollis* var. *Mollis* and *M. mollis* var. *Mandoniana*) and male muña or *yana muña* = black muña (*M. mollis* var. *mollis* and *M. mollis* var. *hybrida*). Between the different populations it has been possible to distinguish a range of scents, from mild to strong, similar to mint and some more aromatic similar to the aroma of lemon balm[30].

Geographic distribution

The geographic distribution of *Minthostachys*, a genus of shrubs native to South America, is determined by three factors: altitude, temperature and humidity, characteristics offered by the varied altitude levels of the Andes between 2,500 and 4,000 masl[27,28,29]. The *Minthostachys mollis* species is widely distributed in the different countries previously indicated, except in Argentina.



Origin

The center of origin is a subject yet to be defined. Based on research on the number of species of the genus Minthostachys, as well as their endemisms and historical antecedents, there is evidence that muña is of Andean origin, probably native to Peru and Bolivia[29], as for thousands of years it has maintained its name, since the Incan era. It comes from the Quechua word munay, which means to love[32]. This is evidenced in a document written by Julián Herrera about ideograms with stable meaning where muña is represented.[18].



Nutrition

Muña is mainly an aromatic, flavoring, and medicinal plant. Its consumption in small amounts does not directly contribute to nutrition. However, it plays an important role indirectly, as a supplement to food. It concentrates essential oils in its leaves that have antibacterial and digestive effects[16,17]. Biochemical studies confirm the functional value that the inhabitants of the Andean region have recognized centuries ago[7,18,28], as it contains appreciable levels of micronutrients such as calcium and iron: 22.37 and 22.4 mg per 100g of dry leaf respectively[11]. It is frequently ingested in infusions due to its properties for healing as an analgesic, antispasmodic, antiseptic, and for respiratory diseases[33,4]. It is also used in dental treatments of conditions caused by bacteria[15,3].

Essential oil functional attributes

Pulegone (%)	Menthone (%)	Limonene (%)	Menthol (%)
25.5-63.7	3.1-36.6	0.1-1.58	0.01-1.9



Gastronomy

In the culinary arena, it is considered as a condiment and a species that allows one to play in a unique way with the flavor and fragrance of appetizers, main dishes, desserts, macerates and cocktails. Traditionally, it is used to give a special and unmistakable flavor to broths, soups, and bean or meat stews, and it has the potential for innovation in Novo Andean cuisine. One of the most ancient dishes that consisted of cooking with hot stones was yacu-chupe, the predecessor of caldo verde, an important ingredient of which was muña, which is still a representative dish of the entire Peruvian highlands[6,33].





Economic potential

In the national market, muña is sold in a fresh and dry state; in mixtures or the plant alone, traditionally at herbal medicine stalls. On the other hand, processed products are sold in health food stores in various presentations: essential oil, tea bags, capsules, syrups, soaps, flour, elixir, drinks, macerates, and creams. Currently, dehydrated flour and oil, among other presentations, is exported to Europe and the United States.

The essential oil is gaining importance and economic value. Currently, multiple uses are known, based on tests in the biocontrol of biting and blood-sucking insects[13], and of animal ectoparasites[5,13,20]. In addition to having antibacterial[1,3,12,19] and antifungal uses[3,24], muña is effective in curing gastritis[1,3,7,8,12,19,22]. However, more investment in biodiscovery is lacking to encourage high-value markets. It should be noted that this species is used in the conservation of potatoes in storage, biocontrol of crop pests, and in ethnoveterinary practice[4,24,33].

Marmaquilla

Ageratina azangaroensis

• Edgar Olivera (Perú), Grupo Yanapai

La marmaquilla o *Ageratina azangaroensis* (Sch.Bip. ex Wedd.) R. King & H. Rob. es una hierba que se utiliza para condimentar algunos platos típicos andinos. Es un ingrediente esencial de la pachamanca (olla de tierra), plato icónico del centro de Perú cuyo proceso ancestral tiene como característica principal la cocción de los alimentos mediante el contacto con piedras calientes en un hoyo cavado en la tierra[1]. La marmaquilla es una hierba silvestre que pertenece a la familia de las Asteraceae. Tiene un agradable aroma y crece en los valles interandinos desde Colombia hasta el norte de Argentina[2,3]. También es conocida como *maramanqui*, malva, *wanusacha*, *manka paki*, *wallmi wallmi* o *warmi warmi*[4,5]. En la medicina tradicional es conocida por sus propiedades antinflamatorias de las vías urinarias riñón y la próstata[6], y antibacterianas frente a heridas infectadas. También es utilizada para problemas estomacales al tener un efecto antiespasmódico[7].

Distribución geográfica

Es un arbusto nativo de Sudamérica y su distribución geográfica cubre los Andes desde Colombia hasta Argentina con mayor abundancia en algunas regiones de Perú y Bolivia. Se ha reportado en un amplio rango altitudinal que va desde los 1,700 hasta los 4,150 msnm[2,3]. En el Perú, se distribuye mayormente en los valles interandinos de los departamentos de Áncash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Lima, Pasco, Junín y Puno[10,3].





Resiliencia climática y adaptación

La marmaquilla está adaptada a los climas fríos y templados de los Andes, adaptándose mejor en suelos areno-arcillosos en laderas abiertas. Es susceptible a los eventos climáticos extremos, especialmente las granizadas intensas, por lo general es muy rústico. Se ha reportado ataques del coleóptero del género *Epicauta*[6]. Sin embargo, se considera una especie de adaptación amplia que logrará migrar y mantenerse bajo el escenario del cambio climático.



Origen

El género *Ageratina* contiene más de 330 especies, siendo muchas de ellas arbustos perennes. Mas de 150 especies son nativas de México y en el Perú se presentan 30 especies[8]. *A. azangaroensis* es una planta nativa de origen andino y de ciclo de vida perenne. Crece hasta más de un metro y medio de altura, se desarrolla entre los bosquetes y matorrales, y florece entre los meses de febrero a marzo[9]. Sus usos etnobotánicos sugieren una larga historia de uso en la cocina y medicina tradicional andina. La evidencia filogenética y arqueológica de su origen es muy escasa.



Potencial económico

El potencial económico de marmaquilla radica en su uso en la gastronomía andina. Actualmente se está revalorizando gracias a la promoción en las ferias gastronómicas, por lo que su demanda ha aumentado. En consecuencia, ha ocasionado una excesiva utilización y depredación en algunas regiones. Por ello, se hace necesario implementar planes para su manejo y extracción sostenible, así como explorar la posibilidad de propagación y repoblamiento.

Su procesamiento en porciones secas para el uso en la pachamanca a la olla requiere de investigación. Nace la necesidad de estudios fitoquímicos específicos de esta especie con la finalidad de determinar y caracterizar los compuestos aromáticos y funcionales. Estudios previos realizados en el género Ageratina para el sector farmacéutico y alimentario pueden servir de ejemplo.

Diversidad varietal

Los agricultores de los Andes centrales del Perú, en las regiones de Huancavelica y Junín, manifiestan que existen dos clases de marmaquilla: una de raíz negra y otra de raíz blanca. Ambas son usadas para darle el aroma característico a la pachamanca. Asimismo, en el mundo andino las plantas comúnmente son clasificadas por su dualidad. Según el conocimiento local la marmaquilla de raíz negra es macho y la de raíz blanca es hembra. No se reportan diferencias en cuando a su intensidad aromática.

Nutrición

La marmaquilla generalmente no es ingerida de forma directa y como especie aromática no aporte directamente a la nutrición humana. Básicamente, sus finos aromas se impregnan en los otros alimentos –tubérculos y carnes– por medio de vaporización. Los compuestos bioquímicos de la marmaquilla y sus funciones en la alimentación aún no se han caracterizado. Sin embargo, se sabe que las especies del género *Ageratina* se caracterizan por poseer una gran variedad de metabolitos secundarios: benzofuranos, monoterpenos (derivados del timol), diterpenos del tipo kaurano, sesquiterpenos que se encuentran como compuestos acíclicos, lactonas, ésteres del ácido angélico, así como crómenos y múltiples flavonoides[11,12].



©Andina

Gastronomía

La marmaquilla es una hierba de aroma singular y fino. Los tallos y hojas de la planta son utilizados tradicionalmente para cubrir a la pachamanca y así traspasar el aroma característico. Aún no se ha explorado nuevas alternativas de uso de la marmaquilla en la cocina novoandina. Sin duda los chefs en la región andina encontrarán innovaciones y opciones creativas para ampliar las formas de utilización en la cocina.



Marmaquilla

Ageratina azangaroensis

• Edgar Olivera (Peru), Grupo Yanapai

Marmaquilla or *Ageratina azangaroensis* (Sch.Bip. Ex Wedd.) R. King & H. Rob, is an herb used to season typical Andean dishes. It is an essential seasoning ingredient of pachamanca, an iconic dish from central Peru, in which food is cooked in an ancestral process using hot stones to heat an earthen oven in the ground[1]. Marmaquilla is a wild herb that belongs to the Asteraceae family. It has a pleasant aroma and it grows in the inter-Andean valleys from Colombia to the north of Argentina[2,3]. It is also known as *maramanqui*, *malva*, *wanusacha*, *manka paki*, *wallmi wallmi* or *warmi warmi*[4,5]. In traditional medicine, it is known for its anti-inflammatory properties for the urinary tract, kidney and prostate[6], and antibacterial properties for infected wounds. It is also used for stomach problems as it has an antispasmodic effect[7].

Origin

The genus Ageratina contains more than 330 species, many of them evergreen shrubs. More than 150 species are native to Mexico and 30 species are found in Peru[8]. *Ageratina azangaroensis* is a native plant of Andean origin with a perennial life cycle. It grows to more than a meter and a half in height, growing in bushes and woodlands, and blooms between the months of February to March[9]. Its ethno-botanical uses suggest a long history of use in traditional Andean cuisine and medicine. The phylogenetic and archaeological evidence of its origin is scarce.

Geographic distribution

Marmaquilla is a native shrub of South America and its geographical distribution covers the Andes from Colombia to Argentina with greater abundance in some regions of Peru and Bolivia. It has been reported in a wide altitudinal range that ranges from 1,700 to 4,150 meters above sea level[2,3]. In Peru, it is found mainly in the inter-Andean valleys of the departments of Áncash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Lima, Pasco, Junín and Puno[10,3].



Climate resilience and adaptability

Marmaquilla is adapted to the cold and temperate climates of the Andes, adapting better to sandy-clay soils on open slopes. It is susceptible to extreme weather events, especially heavy hailstorms. It is generally very hardy. Attacks of the beetle of the genus *Epicauta*[6] have been reported. However, it is considered a species with broad adaptation that will manage to migrate and survive under possible future climate change scenarios.







Economic potential

The economic potential of marmaquilla lies in its use in Andean gastronomy. It is becoming more highly valued thanks to promotion at gastronomic fairs, thereby increasing its demand as a seasoning. Consequently, this has caused excessive use and over-harvesting in some regions. Therefore, it is necessary to implement plans for its sustainable management and extraction, as well as to explore the possibility of propagation and repopulation.

The processing into dry portions for use in pachamanca requires research. There is a need for specific phytochemical studies of this species to determine and characterize aromatic and functional compounds. Previous studies carried out in the genus Ageratina for the pharmaceutical and food sector can serve as an example.

Nutrition

Marmaquilla is generally not ingested directly and as an aromatic species it does not directly contribute to human nutrition. Its fine aromas flavor other foods – tubers and meats – by means of vaporization. The biochemical compounds of marmaquilla and their functions in food have not yet been characterized. However, it is known that species of the genus *Ageratina* are characterized by having a great variety of secondary metabolites: benzofurans, monoterpenes (thymol derivatives), kauran-type diterpenes, sesquiterpenes found as acyclic compounds, lactones, and angelic acid esters, as well as chromenes and multiple flavonoids[11,12].



Gastronomy

Marmaquilla is an herb with a unique and fine aroma. The stems and leaves of the plant are traditionally used to cover the pachamanca and thus transfer its characteristic aroma. New alternatives for the use of marmaquilla in Novo-Andean cuisine have not yet been explored. Chefs in the Andean region will innovate and create many new uses in appealing dishes to celebrate the regional agrobiodiversity.



Varietal diversity

Farmers in the central Andes of Peru in the regions of Huancavelica and Junín state that there are two kinds of marmaquilla: one with a black root and the other with a white root. Both are used to give pachamanca its characteristic aroma. Likewise, in the Andean world, plants are commonly classified by their duality. According to local knowledge, the black-rooted marmaquilla is male and the white-rooted marmaquilla is female. No differences are reported regarding their aromatic intensity.





FRUTAS

Fruits

Aguaymanto

Physalis peruviana

• Miguel A. Valderrama (Perú), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) • Víctor Manuel Núñez (Colombia), AGROSAVIA

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una solanácea consumida desde épocas preíncas en la región andina. También conocida como uchuva, uvilla, capulí, tomatillo, motojabobo o embolsado en la región andina y como *cape gooseberry* o *golden berry* en inglés, se destaca como fruta exótica de exportación a nivel mundial[3]. Su plasticidad fenotípica, atributos nutraceúticos y versatilidad en la gastronomía, han favorecido su difusión, cultivo y consumo fuera de la región andina, convirtiéndolo en una alternativa para el fomento de dietas saludables además de producción y exportación para los países andinos.

Distribución geográfica

El aguaymanto actualmente crece y es cultivado a escala multiregional en casi todos los países sudamericanos[3]. Su presencia es más evidente en las cuencas y valles interandinos de la vertiente oriental, entre 1,500 y 3,100 msnm, con alta luminosidad y temperaturas medias, aunque su cultivo se ha extendido a zonas más bajas y cálidas[12,11]. Las zonas referentes de mayor producción en la región andina son: Boyacá en Colombia, Cajamarca en Perú e Imbabura en Ecuador. Su rusticidad y condición de cultivo emergente; han favorecido su dispersión y adaptación en otros continentes. Hoy se cultiva en más de 40 países, tropicales y sub tropicales[4].



Origen

De las 75 a 90 especies del género *Physalis*, solo una es reportada para Mesoamérica y el resto pertenece a la región andina[2,5]. Aunque estudios genéticos sobre *P. peruviana*, proponen un centro de origen y domesticación andino compartido entre Perú, Ecuador y Colombia[3,4,5] la evidencia arqueobotánica –consistente en restos de semillas y polen, contenidos en coprolitos humanos, hallados en asentamientos pre incas de la costa central peruana (2780-1500 a.C.)– afianzan la hipótesis de una ascendencia e irradiación de la especie con base en Perú[8,9,7]. En otros países andinos, los registros arqueológicos de la planta son más tardíos (400-1500 d.C.)[10].

Diversidad varietal

De la especie *P. peruviana* se conocen ecotipos, con caracteres diferenciales como: tamaño, color y sabor del fruto; forma del cáliz y hábito de crecimiento[13,14]. La mayor variabilidad genética de aguaymanto, se halla en los andes centrales y septentrionales, en estado silvestre y semicultivado, a partir de la cual se obtuvieron los ecotipos comerciales del mundo[3]. La mayor colección de germoplasma de *P. peruviana* se halla en Colombia[18]. Hasta la fecha no se han realizado estudios sobre el estado de conservación *in situ* de poblaciones en bajo manejo de agricultores o estado silvestre.

Perú no tiene registros de variedades comerciales registradas, pero estudios de caracterización morfológica y agronómica reportan hasta seis ecotipos diferentes[17,16]. Es probable que haya mucha más diversidad, pero faltan estudios científicos al respecto. Además del ecotipo "Colombia", seleccionado por productores, en dicho país generaron las variedades comerciales "Corpoica Andina" y "Corpoica Dorada"[18]. Otros ecotipos ampliamente difundidos a nivel comercial son "Kenia" y "Sudáfrica". En Bulgaria, obtuvieron dos variedades comerciales "Plovdiv" y "Obrazec"[13].





Potencial económico

A raíz de su enorme potencial económico inicia su transición de planta asilvestrada y semi cultivada a cultivo comercial intensivo. Dicho proceso inicia en 1985 en Colombia[22] y en 1999 en Perú. Actualmente el aguaymanto es una fruta exótica exportable, sus precios competitivos y atributos nutricionales sobresalientes, además de una fuente de generación de empleo[13,14] (promedio de 520 jornales / ha).

Colombia lidera la producción y exportación mundial del aguaymanto. En el 2019, sus exportaciones alcanzaron US$ 35.6 millones[27] equivalentes a 8,287 toneladas. El mismo año, Perú comercializó 345 toneladas, el 85% como fruta deshidratada; 7% como producto fresco, 5% como pulpa congelada y el 3% en polvo; exportándose a treinta países de Europa, Asia, Sudamérica y Norteamérica involucrando al menos 10 empresas comercializadoras[33]. Una tendencia comercial se evidencia en Ecuador, Chile y Brasil. Existe aún muy potencial para ir mejorando el potencial mediante procesos de innovación que dan ventaja al hecho que el cultivo es oriundo de los Andes; por ejemplo con la indicación geográfica o denominación de origen.

Nutrición

El aguaymanto es un alimento nutraceútico, funcional y fuente importante de proteínas, minerales (fósforo, hierro, zinc); y vitaminas A, complejo B y C[25,24]. Contiene bioflavonoides con atributos antivirales, anticancerígenos, antiinflamatorios, antihistamínicos y antioxidantes. La baya deshidratada tiene un alto contenido de pectina: característica que regula la digestión y reduce los niveles de colesterol y azúcar en la sangre[26,27]. Es una fuente más rica en trans-resveratrol que el vino tinto[18]. El aceite crudo de las semillas contiene catorce ácidos grasos esenciales. Predomina el ácido linoleico que previene enfermedades cardiovasculares, arterioesclerosis e hipertensión[8]. El aporte potencial de los frutos de aguaymanto en nutrientes, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante a la dieta y salud humana es importante[23,29].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[20, 23,29]

Proteínas (g)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	B-caroteno (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina C (mg)
0.26-1.9	38.0-46.8	1.0-10.7	0.4-3.6	0.8-2.6	0.36-0.44	11.0-43.3



Gastronomía

En la actualidad, el aguaymanto es uno de los insumos más representativos de la cocina novandina. La calidad nutricional y versatilidad culinaria favorecen su uso en diversas preparaciones, desde el consumo como fruta fresca hasta estilizados platos gourmet. Su sabor intenso y energético, lo convierten en un ingrediente distintivo en la elaboración de postres, licores, pastelería, panadería, confitería; y un excelente complemento en ensaladas y platos de cocina caliente[34]. Como fruto deshidratado o en pulpa congelada es utiliza y consumido en snacks, chocolates, néctar, cereales, barras y bebidas energéticas[35].

Resiliencia climática y adaptación

Su plasticidad fenotípica y rusticidad hacen del aguaymanto, un cultivo con gran potencial para adaptarse a la heterogeneidad ambiental y el cambio climático[21,20]. El comportamiento agronómico se optimiza entre los 1,800 y 2,800 msnm[11]; pero hay ecotipos que se adaptan en zonas bajas (84 msnm)[22] y otros que producen bien a mayor altura (3,500 msnm). Esta capacidad de adaptación estriba en su particular morfofisiología que la protege de cambios bruscos de temperatura, radiación UV y tolerar moderadamente la salinidad y el estrés hídrico[23]. El aguaymanto es sensible a heladas y exceso de agua. Es pertinente la colección, conservación, caracterización y evaluación de materiales nativos y silvestres de *P. peruviana*, como estrategia frente al cambio climático.



Aguaymanto

Physalis peruviana

• Miguel A. Valderrama (Peru), National Institute of Agicultural Innovation (INIA) • Víctor Manuel Núñez (Colombia), AGROSAVIA

Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) is a Solanaceae that has been consumed since pre-Inca times in the Andean region. Also known as *uchuva*, *uvilla*, *capulí*, *tomatillo*, *motojabobo* or *embolsado* in the Andes and as Cape Gooseberry or Golden Berry in English, it stands out as an exotic fruit for export worldwide[3]. Its phenotypic plasticity, nutraceutical attributes, and versatility in gastronomy have favored its diffusion, cultivation, and consumption outside the Andean region, making it an alternative for the promotion of healthy diets, as well as production and export for the Andean countries.

Origin

Of the 75 to 90 species of the genus *Physalis*, only one is reported for Mesoamerica and the rest belong to the Andean region[2,5]. Although genetic studies on P. peruviana propose a center of Andean origin and domestication shared between Peru, Ecuador, and Colombia[3,4,5], the archaeobotanical evidence – consisting of remains of seeds and pollen, contained in human coprolites found in pre-Inca settlements of the Peruvian central coast (2780-1500 BC) – confirm the hypothesis of an ancestry and diffusion of the species based on Peru[8,9,7]. In other Andean countries, the archaeological records of the plant are from later (400-1500 AD)[10].

Geographic distribution

Aguaymanto currently grows and is cultivated on a multiregional scale in almost all South American countries[3]. Its presence is more evident in the inter-Andean basins and valleys of the eastern slope, at altitudes between 1,500 and 3,100 masl, and in places with high luminosity and medium temperatures, although its cultivation has spread to lower and warmer areas[12,11]. The reference areas with the highest production in the Andean region are: Boyacá in Colombia, Cajamarca in Peru, and Imbabura in Ecuador. Its hardiness and emergent cultivation condition, has favored its dispersal to and adaptation on other continents. Today it is cultivated in more than 40 countries, tropical and sub-tropical[4].



Varietal diversity

Ecotypes of the *P. peruviana* species are known, with differential characters such as: size, color, and flavor of the fruit; calyx shape; and growth habits[13,14]. The greatest genetic variability of aguaymanto is found in the central and northern Andes, in the wild and semi-cultivated state, from which the commercial ecotypes of the world were obtained[3]. The largest collection of *P. peruviana* germplasm is found in Colombia[18]. To date, no studies have been conducted on the *in situ* conservation status of populations under farmer management or in the wild.

Peru does not have records of registered commercial varieties, but morphological and agronomic characterization studies report up to six different ecotypes[17,16]. There is probably much more diversity, but scientific studies on this are lacking. In addition to the ecotype "Colombia", selected by producers in that country, it generated the commercial varieties *Corpoica Andina* and *Corpoica Dorada*[18]. Other ecotypes widely distributed commercially are Kenia and Sudáfrica. In Bulgaria, they bred two commercial varieties, *Plovdiv* and *Obrazec*[13].





Nutrition

Aguaymanto is a nutraceutical, functional food and an important source of protein; minerals (phosphorus, iron, zinc); and vitamins A, B complex, and C[25,24]. It contains bioflavonoids with antiviral, anticancer, anti-inflammatory, antihistamine, and antioxidant attributes. The dehydrated berry has high pectin content – a characteristic that regulates digestion and reduces cholesterol and sugar levels in the blood[26,27]. It is a richer source of trans-resveratrol than red wine[18]. The crude oil from the seeds contains fourteen essential fatty acids. Linoleic acid predominates, preventing cardiovascular diseases, arteriosclerosis, and hypertension[8]. The potential contribution of aguaymanto fruit in nutrients, bioactive compounds, and antioxidant capacity to the diet and human health is important[23,29].

Nutritional composition (per 100 g of fresh weight)[20, 23,29]

Protein (g)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)	B-carotene (mg)	Vitamin A (mg)	Vitamin C (mg)
0.26-1.9	38.0-46.8	1.0-10.7	0.4-3.6	0.8-2.6	0.36-0.44	11.0-43.3



Gastronomy

Currently, aguaymanto is one of the most representative ingredients of Novo-Andean cuisine. Its nutritional quality and culinary versatility favor its use in various preparations, from consumption as fresh fruit to stylish gourmet dishes. Its intense and energetic flavor make it a distinctive ingredient in the preparation of desserts, liqueurs, pastries, baked products, and confection, and an excellent complement to salads and main dishes[34]. As a dehydrated fruit or in frozen pulp, it is used and consumed in snacks, chocolates, nectar, cereals, bars, and energy drinks[35].





Economic potential

Due to its enormous economic potential, aguaymanto is beginning its transition from a feral and semi-cultivated plant to intensive commercial cultivation. This process began in 1985 in Colombia[22] and in 1999 in Peru. Currently, aguaymanto is an exportable exotic fruit, its competitive prices and nutritional attributes are outstanding, in addition to being an important source of job creation[13,14] (average 520 day days of work/ha).

Colombia leads the world production and export of aguaymanto. In 2019, its exports reached US$35.6 million[27], equivalent to 8,287 metric tons. The same year, Peru sold 345 tons (85% as dehydrated fruit, 7% as fresh product, 5% as frozen pulp, and 3% as powder), exporting to thirty countries in Europe, Asia, South America, and North America, and involving at least 10 trading companies[33]. A commercial trend is evident in Ecuador, Chile, and Brazil. There is still a lot of potential to improve its production through innovation processes that give advantage to the fact that the crop is native to the Andes, for example with the geographical indication or designation of origin.

Climate resilience and adaptation

Its phenotypic plasticity and hardiness make aguaymanto a crop with great potential to adapt to environmental heterogeneity and climate change[21,20]. Agronomic behavior is optimized between 1,800 and 2,800 masl[11], but there are ecotypes that adapt to low areas (84 masl)[22] and others that produce well at higher altitudes (3,500 masl). This capacity for adaptation is based on its particular morpho-physiology that protects it from sudden changes in temperature and from UV radiation, and allows it to moderately tolerate salinity and water stress[23]. Aguaymanto is sensitive to frost and excess water. As a strategy against climate change, we consider the collection, conservation, characterization, and evaluation of native and wild materials of *P. peruviana* as pertinent.

Capulí

Prunus serotina

• Merelyn Valdivia-Díaz (Perú) • Diana V. Casas (Perú), consulturas independientes

Capulí es el nombre común del árbol y frutos de *Prunus serotina* subsp. *capuli* en los Andes centrales, incluyendo Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, así como en México. El fruto también se conoce como guinda o *murmuntu* en Perú y cereza negra en Estados Unidos y Canadá. El fruto crece en un árbol que pertenece a la familia de las Rosaceae, género *Prunus*[1]. La piel del fruto es lisa, de color rojo negruzco y encierra una pulpa jugosa de sabor agridulce. En los Andes, el capulí crece de forma silvestre o semicultivada y se considera un árbol sagrado para la fertilidad[2]. Tiene muchos usos y se cultiva como árbol frutal, con fines medicinales, maderables y como protección contra el viento y las heladas. Se adapta fácilmente en diversos ambientes[3], incluidos aquellos con suelos pobres.

Distribución geográfica

De forma natural, el árbol de cerezo (*Prunus serotina* Ehrh.) se extiende desde Estados Unidos hasta Guatemala a lo largo de las cordilleras occidentales, orientales y neovolcánicas. Sin embargo, la especie se ha adaptado a diversos ambientes en los países donde ha sido introducida, como Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, el norte de la India, el sur de Brasil[8] y veinte países de Europa, donde se considera especie invasora[24]. Se adapta bien a climas templados-fríos y subtropicales[4,8,9]. Su distribución en el Perú es un buen ejemplo de su capacidad de adaptación, ya que el Capulí se encuentra desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm, a través de valles secos, bosques, riberas de ríos y matorrales. El capulí crece en la mayoría de los ecosistemas[1,10].





Origen

El capulí es un árbol originario del este de Canadá y del noreste de los Estados Unidos. Se extendió gradualmente hacia el sur tras el final del periodo mesozoico por efecto del movimiento glacial de la Edad de Hielo[4]. Posteriormente fue introducido en Sudamérica en el siglo XVII, donde actualmente se considera una especie naturalizada en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia[5,6,7].

Resiliencia y adaptación al clima

La población andina reconoce ampliamente los múltiples beneficios que proveen los árboles de capulí, razón por la cual son ampliamente cultivados y conservados alrededor de sus campos de cultivo. Las raíces profundas del árbol ayudan a la conservación del suelo, mientras que los parches de bosque pueden crear un microclima. Por ello, los agricultores utilizan el capulí como cortavientos y cercos vivos, evitando la erosión del suelo y las heladas. El capulí también se utiliza como elemento de distracción para las aves que se alimentan del maíz[24].

El capulí es intolerante a la sombra y tiene efectos restauradores, como la recuperación de tierras degradadas o lugares abandonados[14,15]. La especie representa un gran potencial para la agrosilvicultura y los sistemas de producción agroecológicos integrados que pueden apoyar la adaptación al clima. Además, puede utilizarse como injerto base para proporcionar resistencia a otros frutales en condiciones extremas[15].



Diversidad varietal

Prunus serotina comprende cinco subespecies (*capuli*, *eximia*, *hirsuta*, *serotina* y *virens*), cuya identificación taxonómica y distribución geográfica fue propuesta por McVaugh en 1951[11]. Las subespecies tienen sutiles diferencias morfológicas y taxonómicas confirmadas por marcadores moleculares[6,7,12]. En la región andina central, las dos subespecies *capuli* y *serotina* son dominantes[1,13].



Potencial económico

A pesar de la versatilidad y el considerable potencial económico del capulí, su producción y consumo se limitan aún en gran medida a los sistemas de producción de subsistencia y tradicionales[3]. En la actualidad, la fruta se encuentra principalmente como un producto muy estacional en los mercados rurales andinos y en las ciudades intermedias.
La mejora de las cadenas de valor y el acceso a mercados urbanos más grandes requerirá una innovación considerable en todo el proceso, desde los sistemas de producción hasta la manipulación posterior a la cosecha. La estacionalidad de la producción de fruta es un reto, pero no es imposible de manejar, como demuestra la producción de cerezas en países con entornos de días largos. En general, el capulí se ha considerado por su potencial económico frutícola, su uso como madera noble para muebles y artesanía, así como para combustible. También apoya actualmente las economías rurales[11].

Nutrición

El capulí es reconocido por su valor nutricional. Diversos estudios bioquímicos han demostrado que los frutos son bajos en grasa y ricos en calcio, hierro, fósforo, vitaminas A, B1, B2, B5 y alto contenido en antocianinas. Sus semillas son ricas en ácido oleico[11,16-18]. Por ello, sus frutos tienen múltiples propiedades para la salud, como beneficios anticancerígenos, antiinflamatorios, sedantes y cardiorreguladores[11,17-22].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[17,25]

Proteínas (g)	Grasa (mg)	Antocianinas (mg)	Calcio (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina A (mg)
0.7-1.3	0.4	16.2	24.0-26.0	1.1-1.5	36-45



Gastronomía

El fruto se consume fresco y es uno de los preferidos en la cocina novoandina para preparar tartas, mermeladas, jaleas y guisos[27,28]. Debe estar completamente maduro o de lo contrario tendrá un sabor amargo. La infusión de las ramitas se utiliza como bebida[29]. El extracto de la corteza se utiliza comercialmente como saborizante en refrescos, dulces, jarabes y productos de panadería[30]. También puede utilizarse para la elaboración y preparación de licores. Los frutos se maceran en alcohol y se consumen como bebidas tradicionales durante las fiestas de Cusco, Ayacucho y Huaral en el Perú[23].



Capulí

Prunus serotina

• Merelyn Valdivia-Díaz (Peru) • Diana V. Casas (Peru), independent consultants

Capulí is the common name of the tree and fruit of *Prunus serotina* subsp. *capuli* in the central Andes, including Bolivia, Colombia, Ecuador, and Peru, as well as in Mexico. The fruit is also known as *guinda* or *murmuntu* in Peru and black cherry in the United States and Canada. The fruit grows on a tree that belongs to the Rosaceae family, genus *Prunus*[1]. The skin of the fruit is smooth, blackish red in color, and it contains a juicy pulp with a bittersweet flavor. In the Andes, capulí grows wild or semi-cultivated and is considered a sacred tree for fertility[2]. It has many uses and is cultivated as a fruit tree, for medicinal and timber purposes, and as protection against wind and frost. It adapts easily to a variety of environments[3], including those with poor soil.

Geographic distribution

The cherry tree (*Prunus serotina* Ehrh.) naturally extends from the United States to Guatemala along the western, eastern, and neo-volcanic mountain ranges. However, the species has adapted to various environments in the countries where it has been introduced, such as Colombia, Ecuador, Bolivia, Peru, northern India, southern Brazil[8], and twenty European countries, where it is considered an invasive species[24]. It adapts well to temperate-cold and subtropical climates[4,8,9].Its distribution in Peru is a good example of its adaptability, since capulí is found from sea level up to 4,000 meters in altitude, throughout dry valleys, forests, riverbanks, and scrub. Capulí grows in most ecosystems[1,10].



Resilience and adaptation to climate

The Andean population widely recognizes the multiple benefits that capulí trees provide, which is why they are widely cultivated and conserved around their fields. The tree's deep roots help soil conservation, while patches of forest can create a microclimate. Therefore, farmers use the capulí as windbreaks and living fences, avoiding soil erosion and frost. Capulí is also used as a distraction element for birds that eat corn[24].

Capulí is intolerant to shade and has restorative effects, facilitating the recovery of degraded lands or abandoned places[14,15]. The species represents great potential for agroforestry and integrated agroecological production systems that can support climate adaptation. In addition, it can be used as a base graft to provide resistance to other fruit trees in extreme conditions[15].



Origin

The capulí is a tree native to eastern Canada and the northeastern United States. It gradually spread southward after the end of the Mesozoic period as a result of the glacial movement of the Ice Age[4]. It was later introduced in South America in the seventeenth century, where it is now considered a naturalized species in Colombia, Ecuador, Peru, and Bolivia[5,6,7].



Economic potential

Despite the versatility and considerable economic potential of capuli, its production and consumption are still largely limited to subsistence and traditional production systems[3]. Currently, the fruit is mainly found as a very seasonal product in rural Andean markets and in medium-sized cities. Improving value chains and access to larger urban markets will require considerable innovation throughout the entire process, from production systems to post-harvest handling. The seasonality of fruit production is challenging, but not impossible to manage, as demonstrated by cherry production in countries with long days. In general, capulí has been considered for the economic potential of its fruit, its use as noble wood for furniture and crafts, as well as for fuel. It also currently supports rural economies[31].

Nutrition

Capulí is recognized for its nutritional value. Various biochemical studies have shown that the fruits are low in fat and rich in calcium, iron, phosphorus, vitamins A, B1, B2, and B5, and are high in anthocyanins. Its seeds are rich in oleic acid[11,16-18]. For this reason, its fruit has multiple health properties, such as anticancer, anti-inflammatory, sedative, and cardioregulatory benefits[11,17-22].

Nutritional attributes (per 100 g fresh fruit)[17,25]

Proteina (g)	Fat (mg)	Anthocyanins (mg)	Calcium (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin A (mg)
0.7-1.3	0.4	16.2	24.0-26.0	1.1-1.5	36-45



Gastronomy

The fruit is consumed fresh and is one of the favorites in Novo-Andean cuisine for preparing cakes, jams, jellies, and stews[27,28]. It must be fully ripe or else it will taste bitter. Tea made from the twigs is used as a beverage[29]. Extract from the bark is used commercially as a flavoring in soft drinks, sweets, syrups, and bakery products[30]. It can also be used for the production and preparation of liqueurs. The fruit is macerated in alcohol and consumed as a traditional drink at festivals of Cusco, Ayacucho, and Huaral in Peru[23].



Varietal diversity

Prunus serotina comprises five subspecies (*capuli*, *eximia*, *hirsuta*, *serotina* and *virens*), whose taxonomic identification and geographic distribution was proposed by McVaugh in 1951[11]. The subspecies have subtle morphological and taxonomic differences confirmed by molecular markers[6,7,12]. In the central Andean region, the two subspecies capuli and serotina are dominant[1,13].



Chirimoya

Annona cherimola

• Xavier Scheldeman (Bélgica), Jardín Botánico de Meise

La chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) es probablemente la más sabrosa de todas las especies de *Annona*, que incluyen a la guanábana (*Annona muricata*) y el ananá (*Annona squamosa*), ambas cultivadas a nivel mundial. La chirimoya a menudo se conoce como la "reina de las frutas subtropicales"[1]. A pesar de su reconocido sabor y aclamado potencial de mercado, el cultivo comercial de chirimoya a nivel mundial todavía es limitado ya que, hasta ahora, las frutas no han logrado ingresar al mercado global de productos básicos de frutas subtropicales. Sin embargo, son una especie frutal muy apreciada en los países andinos, así como en España, hogar de la mayor superficie de plantaciones comerciales de chirimoya.

Distribución geográfica

El cultivo de chirimoya a pequeña escala se produce en climas subtropicales desde México hasta Chile, y las frutas están presentes en los mercados locales de Ecuador, Perú y Bolivia. En la actualidad, las únicas plantaciones significativas se encuentran en España, el mayor productor de chirimoya del mundo, y Chile, con áreas más pequeñas presentes en Estados Unidos, Brasil, Portugal (Madeira) e Italia. Fuera de Europa y América, el cultivo de chirimoya es aún más limitado y está disperso en muchos países, incluidos Etiopía, Sudáfrica, Tailandia, Indonesia, Australia y Nueva Zelanda.



Diversidad varietal

Debido a la polinización cruzada en la naturaleza, la chirimoya varía mucho con respecto a los rasgos y la calidad. El cultivo comercial de chirimoya utiliza la propagación vegetativa, o injerto, para homogeneizar la calidad del cultivo. Sin embargo, en los Andes, la chirimoya todavía se propaga a menudo por semilla, a menudo de forma natural, lo que da como resultado una alta variabilidad de rasgos y una calidad variable de la fruta (por ejemplo, número de semillas). En el Perú, los productores del valle de Cumbe, Lima; unieron sus fuerzas para registrar una variedad superior local como una marca colectiva llamada 'Cumbe', ahora ampliamente reconocida por su alta calidad y, por lo tanto, obteniendo precios minoristas significativamente superiores a los de tipos de chirimoya no seleccionados[7]. En España, la variedad "Fino de Jete" ocupa el 95% de la superficie cultivada de chirimoya.



Origen

Los árboles de chirimoya están muy extendidos por los valles interandinos más secos de Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, y a menudo forman densos bosques. Un análisis de diversidad basado en marcadores moleculares en la región andina reveló que la mayor diversidad genética se concentra en el sur de Ecuador y el norte de Perú. La ocurrencia de poblaciones silvestres combinada con evidencia arqueológica[3] y la presencia de alta diversidad fenotípica[4] apuntan hacia un origen andino. Sin embargo, estudios moleculares recientes que abarcan tanto Centroamérica como Sudamérica[5] sugieren que la chirimoya fue dispersada desde Mesoamérica hasta los Andes por comerciantes marítimos en la época precolombina, hace unos 4,000 años.

Los Andes proporcionaron condiciones climáticas óptimas y sistemas agrícolas innovadores que fomentaron el cultivo y la diferenciación de la especie. Sin embargo, se necesitan más estudios e investigaciones moleculares para resolver la intrigante cuestión de su origen.



• **Pieza lítica Chavín. Museo Amano, Lima ••** Lithic piece from Chavin. Amano Museum, Lima.



Potencial económico

La chirimoya a menudo se considera un cultivo infrautilizado, con un potencial económico sin explotar. En la última década, el área de cultivo comercial no ha aumentado significativamente en ninguna de las áreas de cultivo, y se requerirá un esfuerzo para expandir su potencial económico.

En el sur de España se encuentran alrededor de 3,000 hectáreas de plantaciones, con una superficie en producción constante durante los últimos 10 años, que arrojaron 43,000 toneladas de fruta en 2018 y generaron 57 millones de euros[13]. Perú aumentó con éxito la productividad de la chirimoya con solo un aumento limitado en el área, lo que resultó en 25,000 toneladas en 3,600 hectáreas en 2017 en comparación con 13,000 toneladas en 2,600 hectáreas diez años antes[14,15].

En América Latina, la chirimoya es un cultivo de contexto dual, cultivado por agricultores de subsistencia y pequeños agricultores (recolectados en la naturaleza o cultivados en huertos familiares o patios traseros) o en condiciones de granjas comerciales (caracterizadas por cultivares mejorados, riego y organización comercial). El desarrollo de la chirimoya como cultivo generador de ingresos debe centrarse en ambos sectores y satisfacer sus respectivas necesidades, donde incluso aumentos limitados en los niveles de insumos y la mejora de la tecnología pueden aumentar los rendimientos. Las mejoras en la cadena de valor beneficiarían particularmente a los agricultores de subsistencia[6,16].

Nutrición

La composición nutricional[10] de la chirimoya es la típica de una fruta dulce con alto contenido en carbohidratos (y calorías) y baja acidez. Su contenido de vitamina A es modesto, pero es una excelente fuente de vitamina B (tiamina, riboflavina, niacina) y puede aportar casi la mitad de la ingesta diaria recomendada de vitamina B6. Las frutas también muestran niveles significativos de potasio, hierro y magnesio. Las semillas de chirimoya son una fuente importante de acetogeninas, un tipo de alcaloide con propiedades antimicrobianas, antitumorales, cardiotónicas e insecticidas utilizadas en las ciencias farmacéuticas[4].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[10,11,12]

Hierro (g)	Magnesio (mg)	Potasio (mg)	Vitamina C (mg)	Zinc (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Vitamina B6 (mg)
0.3-0.8	16.0-17.0	269-287	5.0-16.8	0.1-0.2	0.1-0.2	0.6-1.0	0.2-0.3

Adaptación y resiliencia climática

Estudios en Ecuador[8] han demostrado que las chirimoyas ocurren en áreas situadas dentro de un rango de temperatura anual promedio limitado (18-21 °C) con temperaturas mínimas que oscilan entre 10-12 °C y temperaturas máximas que oscilan entre 26.5-30 °C. Las cifras de precipitación anual para las mismas áreas oscilan entre 650 y 1,250 milímetros. La temperatura es el factor más limitante en la definición de ambientes óptimos para el cultivo de chirimoya.

El estrecho rango de temperatura óptima para el cultivo de la chirimoya hace que el cultivo sea susceptible al cambio climático, con temperaturas superiores a 30 °C que suelen provocar problemas de polinización y reducción de la producción de frutos. Por otro lado, se prevé que varias áreas geográficas nuevas se volverán adecuadas para la chirimoya a mediados de siglo, como en los altos Andes alrededor del lago Titicaca, lo que muestra el potencial para aumentar el cultivo de chirimoya en la región[9].

Gastronomía

La chirimoya es una fruta climatérica que adquiere sabor y dulzura a medida que madura, debido a un rápido aumento de la respiración y la tasa de biosíntesis de etileno. Después de la cosecha, madura rápidamente y es muy perecedero. La chirimoya es principalmente una fruta de postre que se consume fresca. Las frutas, dulces y jugosas, se abren y se comen con una cuchara. La pulpa blanca y cremosa tiene un fuerte aroma. Debido a sus características enzimáticas, la chirimoya no puede someterse a procesos térmicos y su procesamiento debe utilizar refrigeración o congelación. Las frutas se utilizan para hacer helados, batidos o sorbetes.



Cherimoya

Annona cherimola

• Xavier Scheldeman (Belgium), Meise Botanic Garden

The semi-deciduous fruit tree cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) is likely the most palatable of all Annona species, including the more globally grown soursop (*Annona muricata*) and sugar apple (*Annona squamosa*). Cherimoya is often referred to as the "queen of subtropical fruits"[1]. Despite this praised flavor and acclaimed market potential, commercial cherimoya cultivation at the global level is still limited as cherimoya fruits have, so far, failed to enter the global subtropical fruit commodity market. They are however a much-appreciated fruit species in the Andean countries as well as in Spain, home of the largest area of commercial cherimoya plantations.

Geographic distribution

Small-scale cherimoya cultivation occurs in subtropical climates from Mexico to Chile, with fruits being present in local markets in Ecuador, Peru and Bolivia. At present, the only significant plantations are found in Spain, the world's largest cherimoya producer, and Chile, with smaller areas present in the US, Brazil, Portugal (Madeira) and Italy. Outside Europe and the Americas, cherimoya cultivation is even more limited and scattered in many countries, including Ethiopia, South Africa, Thailand, Indonesia, Australia and New Zealand.



Origin

Cherimoya trees are widespread over the drier inter-Andean valleys of Ecuador, Peru, Bolivia and Chile, often forming dense forest stands. A molecular marker-based diversity analysis in the Andean region revealed the highest genetic diversity to be concentrated in southern Ecuador and northern Peru. The occurrence of wild populations combined with archaeological evidence[3] and the presence of high phenotypic diversity[4] all pointed towards an Andean origin. Recent molecular studies covering both Central and South America[5], however, suggest that cherimoya was dispersed from Mesoamerica to the Andes by sea traders in pre-Columbian times, around 4,000 years ago. The Andes provided optimal climatic conditions and innovative agricultural systems that fostered the cultivation and differentiation of cherimoya. Further molecular studies and research are required to settle the intriguing question of cherimoya's origin.



Varietal diversity

Due to cross pollination in nature, cherimoya varies greatly with respect to traits and quality. Commercial cherimoya cultivation uses vegetative propagation, or grafting, to homogenize crop quality. In the Andes however, cherimoya is still often propagated by seed, often naturally, resulting in high trait variability and variable fruit quality (e.g., seed number). In Peru, growers in the Cumbe valley, Lima, joined forces to register a local superior variety as a collective brand called 'Cumbe', now widely recognized for its high quality, and thus earning retail prices significantly above those of unselected cherimoya fruit types[7]. In Spain, the variety 'Fino de Jete' occupies 95% of cultivated cherimoya area.

Nutrition

The nutritional composition[10] of cherimoya fruits is that of a typical sweet fruit with a high content of carbohydrates (and calories) and low acidity. Its vitamin A content is modest, but it is an excellent source of vitamin B (thiamine, riboflavin, niacin) and one fruit can deliver nearly half of the recommended daily intake of vitamin B6. Fruits also show significant levels of potassium, iron and magnesium. Cherimoya seeds are an important source of acetogenins, a type of alkaloid, all of which show antimicrobial, antitumor, cardiotonic and insecticidal activities used in pharmaceutical sciences[4].

Nutrition highlights (per 100 g fresh weight)[10,11,12]

Iron (g)	Magnesium (mg)	Potasium (mg)	Vitamin C (mg)	Zinc (mg)	Riboflavin (mg)	Niacin (mg)	Vitamin B6 (mg)
0.3-0.8	16.0-17.0	269-287	5.0-16.8	0.1-0.2	0.1-0.2	0.6-1.0	0.2-0.3



Gastronomy

Cherimoya, like avocado, is a climacteric fruit, gaining flavor and sweetness as it ripens due to a rapid increase in respiration and ethylene biosynthesis rate. After harvesting it ripens rapidly and is highly perishable. Cherimoya is primarily a dessert fruit, consumed fresh. The sweet, juicy fruits are cut open and eaten with a spoon. The white, creamy flesh has a strong aroma reminiscent of a mixture of strawberry, banana and pineapple. Due to its enzymatic characteristics, cherimoya fruits cannot be submitted to thermal processes and its processing should utilize refrigerating or freezing. Fruits are used for making ice cream, milkshakes or sorbets.



Climate resilience and adaptation

Studies in Ecuador[8] have shown cherimoyas to occur in areas situated within a limited average annual temperature range (18-21°C) with minimum temperatures ranging 10-12°C and maximum temperatures ranging 26.5-30°C. Annual precipitation figures for the same areas range 650-1,250 millimeters. Temperature is the more limiting factor in defining optimal environments for cherimoya cultivation. The narrow optimal temperature range for cherimoya cultivation makes the crop susceptible to climate change, with temperatures above 30°C usually resulting in pollination problems and reduction in fruit production. On the other hand, several new geographic areas are predicted to become suitable for cherimoya by mid-century, such as in the high Andes around Lake Titicaca, showing the potential for increasing cherimoya cultivation in the region[9].



Economic potential

Cherimoya is often acclaimed to be an underutilized crop with untapped economic potential. Yet, in the last decade commercial cultivation area has not increased significantly in any of the cultivation areas, and effort will be required to expand its economic potential.

In southern Spain around 3,000 hectares of plantations are found with a constant area in production over the past 10 years, yielding 43,000 tons of fruit in 2018 and generating 57 million euros[13]. Peru successfully increased cherimoya productivity with only a limited increase in area, resulting in 25,000 tons on 3,600 hectares in 2017 compared to 13,000 tons on 2,600 hectares ten years earlier[14,15].

In Latin America cherimoya is a dual context crop, grown under subsistence farmer and smallholder conditions (picked in the wild or grown in home gardens or backyards) or under commercial farm conditions (characterized by improved cultivars, irrigation and commercial organization). Development of cherimoya as an income-generating crop must focus on both sectors and cater to their respective needs, where even limited increases in input levels and technology improvement can increase yields. Improvements in the value chain would particularly benefit subsistence farmers[6,16].

Lúcuma

Pouteria lucuma

• Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Margaret M. Zeigler (USA), consultora independiente

La deliciosa fruta llamada lúcuma (*Pouteria lucuma* [R et. Pav] O. Kze) es parte de la familia Sapotaceae, compuesta por árboles y arbustos tropicales de hoja perenne. Debido a su alto contenido de almidón y materia seca, su textura harinosa y un sabor único, se la ha denominado "el oro de los Incas"[1]. Durante la última década, se ha desarrollado lentamente un mercado de exportación para la pulpa congelada[1]. Los huertos de lúcuma tradicionalmente juegan un papel importante en las granjas familiares diversificadas de los Andes. Los árboles proporcionan frutos para la alimentación y piensos, y también sirven como cortavientos y sombra para el ganado. La madera de árbol se utiliza para productos de madera densos. Los árboles miden de 3 a 15 metros de altura, tienen una copa densa y redondeada y pelos aterciopelados en las ramas jóvenes[1]. El fruto mide 4-10 cm de largo, con pulpa de color amarillo anaranjado brillante, firme, seca y harinosa, con pulpa dulce[2]. Los árboles comienzan a producir frutos después de 4 años y proporcionan alrededor de 200 a 400 frutos por árbol durante todo el año[1]. El control efectivo de malezas, el acolchado y la poda ayudan a que los árboles jóvenes se establezcan bien y mejoran el rendimiento de la fruta[3].

Distribución geográfica

Reportado por los colonizadores europeos en Ecuador en 1531, el árbol frutal de lúcuma se cultivó en Ecuador, la costa y el Altiplano del Perú y en el Altiplano occidental de Chile en el siglo XIV[1]. Hoy en día, la lúcuma se cultiva ampliamente desde el desierto costero occidental, los bosques nubosos orientales hasta los altos Andes hasta una altitud de 2,800 msnm. Perú es actualmente el principal productor de lúcuma (88% de la producción mundial), seguido de Chile (12%)[1].





Origen

Basado en evidencia arqueobotánica, el origen de Lúcuma se remonta al año 8,000 a.C.[4]. Una variedad de hallazgos y representaciones arqueológicas proporcionan evidencia de la importancia de la fruta en los sistemas alimentarios precolombinos[5-8]. En particular, aparecen múltiples representaciones de lúcuma en la cerámica mochica[9,10]. Falta información filogenética y los registros lingüísticos se limitan a unos pocos nombres vernáculos como hicoma o rocoma que actualmente no se utilizan[8].



• Pieza Mochica. Museo Amano, Lima •• Mochica ceramic. Amano Museum, Lima.

Diversidad varietal

Estudios en valles andinos específicos del Perú han documentado una amplia gama de variedades de lúcuma con diferencias en cuanto al tamaño y la forma del árbol, la forma de las hojas, la morfología de los frutos y las semillas[3,11]. Falta una evaluación regional de la diversidad varietal de lúcuma. Las variedades comerciales son básicamente variedades locales de élite que mantienen estas características a través de la propagación vegetativa.



Potencial económico

La lúcuma ha ganado una creciente popularidad en el mercado internacional y se espera que la demanda internacional aumente considerablemente en el futuro debido a sus propiedades como alimento funcional y sus componentes bioactivos[19]. En 2019, las exportaciones de lúcuma peruana alcanzaron las 651 toneladas por un valor de US$ 3 millones, lo que representó un incremento del 25% en volumen y 17% en valor, en comparación con el año anterior[20].

La fruta se comercializa cada vez más como un complemento en polvo, en el creciente mercado de la salud y la nutrición. Se utiliza como edulcorante natural en productos horneados, jugos y batidos, ya que tiene un índice glucémico más bajo que el azúcar. El puré y pulpa de lúcuma se envasa al vacío y se congela rápidamente y se mantiene estable durante dos años sin cambios significativos en la calidad[1,16].

Los extractos de semillas de lúcuma también podrían ser útiles para la preparación de suplementos nutricionales y tratamientos para la piel en lugar de eliminarse como desecho agrícola[21]. Se necesita más investigación sobre casi todos los aspectos de la lúcuma para avanzar en su potencial económico completo, que van desde el cribado nutracéutico, la fisiología del cultivo hasta el manejo poscosecha[1].

Nutrición

Las frutas de lúcuma son altamente nutritivas e importantes para la seguridad alimentaria durante los períodos de escasez en algunas regiones específicas de los Andes[13]. La lúcuma tiene un alto contenido calórico y cuando se seca, la fruta se puede almacenar durante años[12]. El color brillante de la pulpa de lúcuma indica un alto contenido de betacaroteno, un precursor de la vitamina A, crucial para la salud de la piel y los ojos[14]. De hecho, la pulpa del mesocarpio consta de casi un 38.3% de sólidos y es rica en carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Particularmente, la lúcuma contiene altas concentraciones de β-caroteno, niacina (vitamina B3) y hierro[1]. Además, contiene un alto contenido fenólico y otros compuestos bioactivos que pueden ofrecer protección contra las enfermedades cardiovasculares y la diabetes[15].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[1,16-19]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	β caroteno (µg)	Vitamina A (µg)	Vitamina C (mg)	Niacina (mg)
1.5-2.3	0.4-0.8	1750	292	0.8	2.0



Gastronomía

La lúcuma se consume fresca y es popular para acompañar otros alimentos. Su sabor único es difícil de describir, pero la fruta combina extraordinariamente bien con los productos lácteos y el chocolate. La pulpa se utiliza comúnmente para procesar helados, yogur, pastelería fina y conservas. Son populares los postres con manjar de lúcuma (leche azucarada con puré de lúcuma) y cheesecake de lúcuma. Las opciones para innovar con lúcuma en la cocina novoandina son ilimitadas.

Adaptación y resiliencia climática

La planta de lúcuma crece bien en áreas secas, frescas y montañosas y se ha adaptado a suelos arenosos y rocosos[12]. Tolera lluvias estacionales, pero no ambientes extremadamente húmedos ni heladas. Cuando se seleccionan y propagan variedades de élite y los agricultores reciben capacitación, los huertos de lúcuma pueden ser altamente productivos[3]. La mayor parte de la producción comercial tiene lugar en los valles secos de las laderas andinas occidentales del Perú. Se prevé que estas áreas carecerán de agua en el futuro a medida que se acelere la desglaciación.



Lucuma

Pouteria lucuma

• Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP) • Margaret M. Zeigler (USA), independent consultant

The delightful fruit called lucuma (*Pouteria lucuma* [R et. Pav] O. Kze) is part of the Sapotaceae family of tropical evergreen flowering trees and shrubs. As a starchy fruit containing high dry matter, with a mealy texture and a unique flavor, it has been referred to as 'the gold of the Incas[1]. During the last decade, an export market has slowly developed for frozen pulp[1]. Lucuma orchards traditionally play an important role in diversified family farms in the Andes. Trees provide fruit for food and feed, and also serve as windbreaks and shade for livestock. Tree timber is used for dense wood products. Trees range from 3 to 15 meters in height, have a dense, rounded crown and velvety hairs on young branches[1]. The fruit is 4-10 cm long, with bright yellow-orange flesh that is firm, dry and mealy with sweet pulp[2]. Trees begin to produce fruit after 4 years and provide around 200-400 fruits per tree, year-round[1]. Effective weed control, mulching and pruning helps the young trees become well established and improves fruit yield[3].

Geographic distribution

Reported by European colonizers in Ecuador in 1531, the lúcuma fruit tree was cultivated in Ecuador, coastal and highland Peru and in the highlands of western Chile in the 14th century[1]. Today lúcuma is widely grown all the way from the western coastal desert, eastern cloud forests to the high Andes up to an altitude of 2,800 meters. Peru is the currently the primary producer of lúcuma (88% of world production), followed by Chile (12%)[1].







Origin

Lúcuma's origin has been dated as far back as 8,000 B.C. based on archaeobotanical evidence[4]. A range of archeological findings and depictions provide evidence of the fruit's significance in pre-Columbian food systems[5-8]. Notably, multiple representations of lúcuma appear in Moche pottery[9,10]. Phylogenetic information is lacking, and linguistic registers are restricted to a few vernacular names like hicoma or rocoma that are currently not in use[8].

Varietal diversity

Studies in specific Andean valleys of Peru have documented a wide range of lúcuma varieties with differences concerning the size and shape of tree, leaf shape, fruit and seed morphology[3,11]. A regional assessment of the varietal diversity of lúcuma is lacking. Commercial varieties are basically elite landraces maintaining these characteristics through vegetative propagation.

Nutrition

Lúcuma fruits are highly nutritious and important for food security during lean periods in some specific regions of the Andes[13]. Lúcuma has a high caloric content and when dried, the fruit can be stored for years[12]. The bright color of lúcuma's pulp indicates a high content of beta-carotene, a precursor of vitamin A, crucial for skin and eye health[14]. Indeed, its mesocarp pulp consists of nearly 38.3% solids and is rich in carbohydrates, protein, fiber, vitamins, and minerals. Particularly, lúcuma contains high concentrations of β-carotene, niacin (vitamin B3) and iron[1]. It contains high phenolic content and other bioactive compounds that may offer protection against cardiovascular diseases and diabetes[15].

Nutrition highlights (per 100 g fresh weight)[1,16-19]

Protein (g)	Iron (mg)	β carotene (µg)	Vitamin A (µg)	Vitamin C (mg)	Niacin (mg)
1.5-2.3	0.4-0.8	1750	292	0.8	2.0





Gastronomy

Lucuma is eaten fresh and is popular for flavoring other foods. Its unique flavor is difficult to describe, but the fruit combines extraordinarily well with milk products and chocolate. The pulp is commonly used to process ice cream, yogurt, fine pastry and preserves. The desserts manjar de lúcuma (sweetened milk with lúcuma purée) and lúcuma cheesecake are popular. Options to innovate with lúcuma in the novo-Andean cuisine are unlimited.



Economic potential

Lucuma has won increased popularity in the international market, and international demand is expected to increase greatly in the future due to its properties as a functional food and bioactive components[19]. In 2019 Peruvian lucuma exports reached 651 tons for a value of US$ 3 million, which represented an increase of 25% in volume and 17% in value, compared to the previous year[20].

The fruit is increasingly marketed as a supplemental powder in the growing health and nutrition market. It is used as a natural sweetener in baked goods, juices and smoothies, as it has a lower glycemic index than sugar. Puree and pulp of lúcuma is vacuum-packed and quick frozen and stays stable for 2 years without significant changes in quality[1,16].

Lucuma seed extracts could also be useful for the preparation of nutritional supplements and skin treatments rather than discarded as agricultural waste[21]. More research is needed on nearly all aspects of the lúcuma fruit to advance its full economic potential, ranging from nutraceutical screening, crop physiology to post-harvest handling[1].

Climate resilience and adaptation

The lúcuma plant grows well in dry, cool, highland areas and has adapted to sandy and rocky soils[12]. It tolerates seasonal rains, but not extremely humid environments nor frost. When elite varieties are selected and propagated and farmers receive training, lúcuma orchards can be highly productive[3]. Most commercial production takes place in the dry valleys of Peru's western Andean slopes. These areas are foreseen to lack water in the future as deglaciation accelerates.

Tumbo

Passiflora tripartita var. *mollissima*

• John A. Ocampo (Colombia), Universidad Nacional de Colombia

El tumbo [*Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Kunth) Holm-Nielsen & Jørgensen] es una de las especies frutales de la familia Passifloraceae[1]. Conocida en los países andinos bajo los nombres de: curuba de Castilla, *puro puro*, *tumbes*, *parcha*, *tacso* o *taxo*, curuba quiteña, o *poroksa* (quechua), en Estados Unidos, Australia y Nueva Zelandia ha sido introducida como *banana passion fruit* o *banana poka*[2].

Distribución geográfica

Se distribuye naturalmente en Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela[1,2]. La especie está adaptada a ecosistemas altoandinos desde los 2,200 hasta los 4,100 msnm en las zonas cercanas a los páramos o punas[1,4]. Tradicionalmente se cultiva en los huertos o patios de las casas. Se ha introducido a otros países como África, Asia, Oceanía, Europa y América central y norte, adoptado como planta ornamental y cultivada, aunque en Australia, Nueva Zelandia y Hawái ha invadido bosques nativos5. Actualmente, se cultiva comercialmente en Colombia, Bolivia, Chile y Costa Rica, donde sus frutos son apetecidos por su sabor y aroma[7,8].





Origen

Pertenece a la supersección *Tacsonia* del género *Passiflora* L., incluye 64 especies, de las cuales 22 son reportadas con fruto comestible[1]. Descrita por los exploradores Humboldt y Bonpland en 1767[3], su consumo se remonta antes del descubrimiento de América. Eran los pobladores originarios quienes consumían los frutos de las plantas que se encontraban en forma silvestre[2].

El centro de origen abarca los países de los Andes tropicales, donde los agricultores adoptaron y domesticaron esta especie principalmente por sus propiedades comestibles[1,2,4]. Estudios sugieren que los centros de diversificación se localizan en Colombia, Ecuador y Perú[5]. La especie puede ser confundida por sus parientes silvestres, las curubas indias (*P. tarminiana* Coppens & Barney) y de monte (*P. mixta* L.), por poseer características morfológicas similares y ocasionalmente también recibir la denominación de tumbo[5]. Los primeros reportes del tumbo como planta cultivada en huertos caseros, se remontan a inicios de 1900 en el Altiplano cundiboyancense a 2,600 msnm en la cordillera Oriental de Colombia y los cultivos comerciales se inician en la década de 1950[4,6].

Diversidad varietal

Es una de las tres variedades botánicas de la especie *Passiflora tripartita* (var. *mollissima*, *azuayensis* y *tripartita*), presentan una variación morfológica esencialmente en el color de la flor y fruto[1,4]. Existen algunos bancos de germoplasma en los programas nacionales de investigación agraria de la región andina, pero existe un déficit en cuanto a estudios de conservación *in situ*.

En Colombia, se han desarrollado varios cultivares (Ruizquin 1 y 2) con alto rendimiento derivados de *P. tripartita* var. *mollissima*, a través de propagación *in vitro* con buena aceptación por parte del mercado nacional[9]. Asimismo, por medio de hibridaciones entre *P. tripartita* var. *mollissima* X *P. mixta*, se ha obtenido el cultivar "Momix" con excelente rendimiento y buen tamaño de fruto[10]. En otros países donde es comercializado, los productores seleccionan las mejores frutas para sembrarlas en el siguiente ciclo bajo un método de selección masal[5,8].



Potencial económico

El tumbo presenta un gran potencial económico por sus propiedades nutricionales, así como su sabor distintivo. Actualmente ya es un cultivo generador de empleos rurales que promueve la economía rural en Colombia y Ecuador. En Colombia se estima que el área de producción nacional es de 1,800 hectáreas, reportándose rendimientos que no superan las 12 toneladas por hectárea. Por ello los productores han introducido nuevas técnicas agronómicas para mejorar la producción[8].

En Perú y Bolivia los productores generalmente poseen cultivos en huertos caseros, con niveles modestos de producción, expendiendo la fruta cosechada en mercados locales[19]. El nivel de inversión en la promoción e innovación del tumbo puede expandirse para que esta fruta andina puede ganar mayor importancia en los mercados urbanos y la agroindustria. Es necesario mayor promoción, uso y conservación de este recurso propio de los Andes tropicales[1,11], con la finalidad de promover un mayor consumo que beneficie directamente a los pequeños agricultores mediante mercados inclusivos.

Resiliencia climática y adaptación

La adaptación a un amplio rango altitudinal sugiere que el tumbo tiene tolerancia a condiciones adversas como el estrés hídrico, suelos salinos, granizo y bajas temperaturas[5]. Esta capacidad de adaptación a diferentes zonas agroecológicas a lo largo de la cordillera de los Andes es reflejo de la alta variabilidad en la especie[1,5,11]. Asimismo, puede adaptarse a ecosistemas perturbados como bordes de caminos y cultivos, además de zonas de recuperación de bosques[11]. Esta capacidad de resiliencia frente al clima y tolerancia al frío, le confiere el uso potencial como portainjertos para otras pasifloras cultivadas, como la granadilla[5].

Nutrición

El tumbo presenta un importante valor nutricional y antioxidante para el consumo humano. Es fuente de vitaminas, minerales y aporta cantidades moderadas de carbohidratos y fibras[7,12,13,14]. La pulpa y semilla presentan propiedad antioxidante atribuida a la presencia de fenoles y flavonoides primordiales para la salud humana[12,15,16]. La composición química de las semillas resalta los ácidos oleico, linoleico, palmítico y esteárico, así como compuestos con potencial para el desarrollo de nanoemulsiones, esenciales para resolver la dificultad de penetración de los medicamentos en el organismo[17].

Dentro de la medicina tradicional, el fruto injerido en ayunas ayuda a prevenir enfermedades del sistema digestivo, endocrino y urinario[19,20,21,22]. Las hojas son empleadas como recurso forrajero, así mismo, al ser hervidas son utilizadas en compresas para el dolor de cabeza[19,20] y empleadas para el aislamiento de la pasiflorina en la industria farmacéutica como un sedante natural para combatir la ansiedad, estrés y nerviosismo[5,20]. En algunas regiones se utiliza el zumo para cuajar quesos.

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[7,12,13,14,17,18]

Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (µg)	Vitamina B1 (µg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
0.4-2.1	4-37	0.28-0.40	0.02	0.02-0.11	2.5-4.6	40.5-159.9

Gastronomía

El consumo del tumbo es principalmente en fresco, en preparaciones para bebidas refrescantes, cócteles, esponjados, sorbetes, helados, mermeladas, postres y en mezclas con yogures y vino[2,7,8]. Asimismo, los frutos son usados como ingrediente para la preparación de guisos y salsas en la cocina novoandina. En la región costera del Perú, el zumo se emplea como salsa acompañante del cebiche y base para el marinado del pescado[19]. En Colombia, la pulpa y semilla se usan como salsa en aderezo para carnes blancas y también en albóndigas de carne roja. Sin duda, el tumbo ofrece muchas posibilidades para la innovación gastronómica.



Tumbo

Passiflora tripartita var. *mollissima*

• John A. Ocampo (Colombia), National University of Colombia

Tumbo [*Passiflora tripartita* var. *mollissima* (Kunth) Holm-Nielsen & Jørgensen] is one of the fruit species of the Passifloraceae family[1]. Known in the Andean countries by the names *curuba de Castilla*, *puro puro*, *tumbes*, *parcha*, *tacso* or *taxo*, *curuba Quito*, or *poroksa* (Quechua). In the United States, Australia, and New Zealand it has been introduced as banana passion fruit or *banana poka*[2].

Geographic distribution

It is naturally distributed in Bolivia, Peru, Ecuador, Colombia, and Venezuela[1,2]. The species has adapted to high Andean ecosystems from 2,200 to 4,100 masl in areas near the moors or high plateaus[1,4]. It is traditionally grown in home orchards or patios. It has been introduced to other regions such as Africa, Asia, Oceania, Europe, and Central and North America, adopted as an ornamental and cultivated plant, although in Australia, New Zealand, and Hawaii it has invaded native forests[5]. Currently, it is cultivated commercially in Colombia, Bolivia, Chile, and Costa Rica, where its fruits are desired for their flavor and aroma[7,8].



Origin

Tumbo belongs to the *Tacsonia* supersection of the genus *Passiflora* L., and includes 64 species, of which 22 are reported with edible fruit[1]. Described by the explorers Humboldt and Bonpland in 1767[3], its consumption dates back to before the discovery of America. The original inhabitants were the ones who consumed the fruits of the plants that were found in the wild[2].

The center of origin encompasses the countries of the tropical Andes, where farmers adopted and domesticated this species mainly for its edible properties[1,2,4]. Studies suggest that the centers of diversification are located in Colombia, Ecuador, and Peru[5]. The species can be confused with its wild relatives, the *curubas indias* (*P. tarminiana* Coppens & Barney) and *curubas de monte* (*P. mixta* L.), because they have similar morphological characteristics and occasionally also receive the designation of tumbo[5]. The first reports of tumbo as a plant grown in home gardens date back to the early 1900s in the Cundi-Boyancense altiplano at 2,600 masl in the Eastern Cordillera of Colombia, and commercial crops began in the 1950s[4,6].



Varietal diversity

It is one of the three botanical varieties of the *Passiflora tripartita* species (var. *mollissima*, *azuayensis* and *tripartita*); they present a morphological variation essentially in the color of the flower and fruit[1,4]. There are some in germplasm banks in the national agricultural research programs of the Andean region, but there is a deficit in terms of *in situ* conservation studies.

In Colombia, several cultivars (Ruizquin 1 and 2) have been developed with high yield derived from *P. tripartita* var. *mollissima*, through in vitro propagation with good acceptance by the national market[9]. Likewise, by means of hybridizations between *P. tripartita* var. *mollissima* X *P. mixta*, the cultivar "Momix" has been obtained with excellent yield and good fruit size[10]. In other countries where it is commercialized, producers select the best fruits to plant them in the next cycle under a mass selection method[5,8].

Nutrition

The tumbo has an important nutritional and antioxidant value for human consumption; it is a source of vitamins and minerals, and provides moderate amounts of carbohydrates and fiber[7,12,13,14]. The pulp and seeds have antioxidant properties attributed to the presence of phenols and flavonoids that are essential for human health[2,15,16]. The chemical composition of the seeds stand out for their oleic, linoleic, palmitic, and stearic acids, as well as compounds with potential for the development of nanoemulsions, essential to solve the difficulty of penetration of medications in the body[17].

Within traditional medicine, the fruit ingested on an empty stomach helps prevent diseases of the digestive, endocrine, and urinary systems[19,20,21,22]. The leaves are used as a forage resource, likewise, when boiled, they are used in compresses for headaches[19,20], as well as for the isolation of pasiflorin in the pharmaceutical industry as a natural sedative to combat anxiety, stress, and nervousness[5,20]. In some regions, the juice is used to curdle cheese.

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[7,12,13,14,17,18]

Protein (g)	Calcio (mg)	Iron (µg)	Vitamin B1 (µg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
0.4-2.1	4-37	0.28-0.40	0.02	0.02-0.11	2.5-4.6	40.5-159.9



Gastronomy

The consumption of tumbo is mainly fresh, in preparations for refreshing drinks, cocktails, sponges, sorbets, ice creams, jams, desserts, and in mixtures with yogurts and wine[2,7,8]. Likewise, the fruit is used as an ingredient for the preparation of stews and sauces in Novo-Andean cuisine. In the coastal region of Peru, the juice is used as an accompanying sauce for ceviche and as a base for marinating fish[19]. In Colombia, the pulp and seeds are used as a sauce in a dressing for white meats and also in meatballs. Undoubtedly, the tumbo offers many possibilities for gastronomic innovation.



Climate resilience and adaptation

The adaptation to a wide altitudinal range suggests that tumbo has tolerance to adverse conditions such as water stress, saline soils, hail, and low temperatures[5]. This ability to adapt to different agro-ecological zones along the Andes mountain range is a reflection of the high variability in the species[1,5,11]. It can also adapt to disturbed ecosystems such as the edges of roads and crops, as well as forest recovery areas[11]. This resilience capacity against the weather and tolerance to cold, gives it the potential to be used as rootstocks for other cultivated passion flowers, such as granadilla[5].



Economic potential

Tumbo has great economic potential due to its nutritional properties, as well as its distinctive flavor. Currently, it is already a crop that generates rural jobs that promote the rural economy in Colombia and Ecuador. In Colombia it is estimated that the national production area is 1,800 hectares, reporting yields that do not exceed 12 tons per hectare. For this reason, producers have introduced new agronomic techniques to improve production[8].

In Peru and Bolivia, producers generally grow crops in home gardens, with modest levels of production, selling the harvested fruit in local markets[19]. The level of investment in the promotion and innovation of tumbo could be expanded so that this Andean fruit can gain greater importance in urban markets and agribusiness. Increased promotion, use, and conservation of this resource of the tropical Andes is necessary[1,11], in order to promote higher consumption that directly benefits small farmers through inclusive markets.

Tin tin

Passiflora pinnatistipula

• John A. Ocampo (Colombia), Universidad Nacional de Colombia

El tin tin (*Passiflora pinnatistipula* Cav.) pertenece la familia Passifloraceae y es una de las frutas andinas de altura[1,2]. En la región andina también es conocida como *curuba* redonda, *gulupa*, *quirubina*, *churilla* y *puru puru*[2,3]. Es una fruta que básicamente se restringe al uso directo en la alimentación rural con poca presencia en los mercados. La planta de tin tin es una liana tomentosa[4]. La pulpa es escasa con agradable sabor, ligeramente ácido, de color amarillo pálido y numerosas semillas[1,5].

Distribución geográfica

La distribución natural del tin tin es reportada desde Colombia hasta Bolivia entre los 2,500 a 3,800 msnm en las zonas cercanas a los páramos o punas[1,2], y en el norte de Chile como una planta introducida. La especie está adaptada a temperaturas medias entre 15 a 22 °C, pero tolera temperaturas de hasta 0°C.





Origen

La planta de tintin fue descrita en Talcahuano (Chile) por el naturalista español Antonio José de Cavanilles en 1799[5], aparentemente de una planta cultivada, la cual llamó su atención por poseer un fruto comestible. Taxonómicamente la especie pertenece a la sección *Insignes* de la sección *Tacsonia* y del subgénero *Passiflora*[6].

Esta especie es cultivada principalmente por las comunidades campesinas en huertos caseros para uso familiar y por sus frutos comestibles con agradable sabor y aroma[2,7]. No existe información filogenética o arqueobotánica sobre su origen. Un dato interesante es que existe varias comunidades y parajes en los Andes peruanos con el nombre Tin Tin o Tintiniyoc, en referencia a la abundancia ancestral de la especie en dichos lugares.

Diversidad varietal

Por su amplia distribución geográfica, el tin tin presenta alta variabilidad morfológica, tanto en la tonalidad de sus flores rosadas como en sus frutos maduros, desde amarillos hasta verde amarillos. Asimismo, el tamaño y forma de los frutos varía entre ovoides, redondos o subglobosos[1,5,6]. Esta especie puede hibridarse naturalmente con *P. tripartita* var. *mollissima* (tumbo o curuba) formando el híbrido *Passiflora* x *rosea*, el cual presenta un efecto maternal y las plantas son estériles por la anormalidad en las estructuras reproductivas[1,5].

Los estudios dirigidos al aprovechamiento de la variabilidad del tin tin aún son escasos. Se debe considerar la tolerancia que presenta frente a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), una enfermedad que afecta a las otras especies cultivadas relacionadas[8].

Una investigacion reciente que evaluó cruzamientos de *P. tripartita* var. *mollissima*, P. tripartita var. tripartita, *P. cumbalensis* y *P. mixta* con polen de *P. pinanatistipula*[8] obtuvo híbridos con mayor vigor y una mejor calidad de jugo, además del incremento en el tamaño de los frutos mientras heredaron la resistencia a la antracnosis[8].

Resiliencia climática y adaptación

El amplio rango altitudinal de crecimiento de tin tin y su capacidad de adaptación a diferentes zonas agroecológicas es reflejo de la alta plasticidad de la especie para responder a factores bióticos y abióticos[1,2,5]. Esta adaptación a condiciones adversas sugiere una tolerancia al estrés hídrico, suelos salinos y granizo a bajas temperaturas[2,3]. La capacidad de resiliencia a condiciones extremas resalta el potencial de esta especie como un recurso genético importante para el uso como portainjertos para otras pasifloras cultivadas[1,6].



Potencial económico

El tin tin presenta un alto potencial como fruta exótica por su sabor distintivo. Podría convertirse en un cultivo con alta demanda en mercados nacionales e internacionales[6,13]. Sin embargo, es necesario incidir en el desarrollo de investigaciones relacionadas a la composición nutricional con la finalidad de revalorar y promover su conservación a través del manejo sostenible. Como otras pasifloráceas tiene potencial para su procesamiento en jugos y helados, además de innovaciones en la gastronomía novoandina. Con las cadenas inclusivas se podría generar ingresos para las familias campesinas[2,7,13].



Gastronomía

El uso tradicional del tin tin es en forma de fruta fresca que se consume al instante. La pulpa también es empleada para preparar jugos, postres y helados[2,4,7]. Aún tiene poco uso en la cocina urbana o en la gastronomía. Sin embargo, tiene todo el potencial por su agradable aroma y sabor exótico. Puede ser un ingrediente para diferenciar a los ceviches y tiraditos, preparar salsas que acompañan a carnes y pesca y, por supuesto, como insumo en la repostería.

Nutrición

Los frutos del tin tin son consumidos principalmente como fruta fresca y en preparaciones de bebidas refrescantes como jugos y mezclado con leche. Como todas las frutas de pasifloráceas, se considera que el tin tin es una excelente fuente de algunos macro y micronutrientes (calcio, hierro) y vitaminas (A, C). También es rica en antioxidantes y fibra, y tiene un índice glucémico bajo[9,10]. Sin embargo, existe un vacío en cuanto al estudio de la composición química y nutricional de la especie.

Comparada con otras 115 muestras de la diversidad de frutas de pasifloráceas, se ha encontrado que el tin tin contiene un alto contenido de vitexina: un glucósido de apigenina flavona[11]. Las semillas presentan un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados y un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados[12]. Por otro lado, en la medicina tradicional, los zarcillos son utilizados en infusión para controlar la tos y la pulpa como laxante[5,7].



Tin tin

Passiflora pinnatistipula

• John A. Ocampo (Colombia), National University of Colombia

Tin tin (*Passiflora pinnatistipula* Cav.) belongs to the Passifloraceae family and is one of the high altitude Andean fruits[1,2]. In the Andean region it is also known as round *curuba*, *gulupa*, *quirubina*, *churilla*, and *puru puru*[2,3]. It is a fruit that is basically restricted to direct consumption in rural areas with little presence in the markets. The tin tin plant is a tomentosa liana (woody vine)[4]. The pulp is sparse with a pleasant flavor, slightly acidic, pale yellow in color, and with numerous seeds[1,5].

Geographic distribution

The natural distribution of tin tin is reported from Colombia to Bolivia at between 2,500 to 3,800 meters above sea level in areas near the moors or high plateaus[1,2], and in northern Chile as an introduced plant. The species has adapted to average temperatures between 15 to 22° C, but tolerates temperatures as low as 0° C.





Origin

The tintin plant was described in Talcahuano (Chile) by the Spanish naturalist Antonio José de Cavanilles in 1799[5], apparently from a cultivated plant, which caught his attention because it had an edible fruit. Taxonomically, the species belongs to the Insignes section of the Tacsonia section and to the subgenus *Passiflora*[6].

This species is cultivated mainly by rural communities in home orchards for family use and for its edible fruits with a pleasant flavor and aroma[2,7]. There is no phylogenetic or archaeobotanical information on its origin. An interesting fact is that there are several communities and places in the Peruvian Andes with the name Tin Tin or *Tintiniyoc*, in reference to the ancestral abundance of the species in these places.



Varietal diversity

Due to its wide geographic distribution, tin tin presents high morphological variability, both in the hue of its pink flowers as well as in its ripe fruits, from yellow to green-yellow. Likewise, the size and shape of the fruits vary between ovoid, round, or subglobose[1,5,6]. This species can naturally hybridize with *P. tripartita* var. *mollissima* (*tumbo* or *curuba*) forming the *Passiflora* x *rosea* hybrid, which has a maternal effect, and the plants are sterile due to the abnormality in the reproductive structures[1,5].

Studies aimed at exploiting the variability of tin tin are still scarce. The tolerance it presents against anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), a disease that affects other related cultivated species[8], must be considered. A recent investigation that evaluated crosses of *P. tripartita* var. *mollissima*, *P. tripartita* var. *tripartita*, *P. cumbalensis*, and *P. mixta* with pollen from *P. pinanatistipula*[8] obtained hybrids with greater vigor and juice of a better quality, in addition to the increase in the size of the fruits while they inherited resistance to anthracnose[8].

Climate resilience and adaptation

The wide altitudinal range of tin tin growth and its ability to adapt to different agro-ecological zones is a reflection of the high coping capacity of the species to respond to biotic and abiotic factors[1,2,5]. This adaptation to adverse conditions suggests a tolerance to water stress, saline soils, and hail at low temperatures[2,3]. The capacity for resilience to extreme conditions highlights the potential of this species as an important genetic resource for use as rootstock for other cultivated passion flowers[1,6].

Gastronomy

The traditional use of tin tin is in the form of fresh fruit that is consumed immediately. The pulp is also used to prepare juices, desserts, and ice cream[2,4,7]. It is still rarely used in urban cooking or gastronomy, however, it has potential due to its pleasant aroma and exotic flavor. It could be an ingredient used to flavor ceviches and tiraditos, to prepare sauces that accompany meats and fish, and, of course, as an ingredient in pastries.



Nutrition

Tin tin is mainly consumed as fresh fruit and in refreshing drink preparations such as juices and mixed with milk. Like all passionflower fruits, tin tin is considered an excellent source of some macro and micronutrients (calcium, iron) and vitamins (A, C). It is also rich in antioxidants and fiber, and has a low glycemic index[9,10]. However, there is a lack of research of the chemical and nutritional composition of the species.

Compared with 115 other samples from the diversity of passionflower fruits, tin tin has been found to contain a high content of vitexin, a glucoside of apigenin flavone[11]. The seeds have a high percentage of unsaturated fatty acids and a low percentage of saturated fatty acids[12]. On the other hand, in traditional medicine, the tendrils are used in infusions to control cough and the pulp is used as a laxative[5,7].



Economic potential

Tin tin has high potential as an exotic fruit due to its distinctive flavor. It could become a crop with high demand in national and international markets[6,13]. However, the development of research related to nutritional composition is necessary in order to reassess and promote its conservation through sustainable management. Like other passionflowers, it has potential for being processed into juice and ice cream, as well as for innovations in Novo-Andean gastronomy. With inclusive chains, it could generate income for rural families[2,7,13].

Tomate de árbol

Solanum betaceum

• Marcelo Tacán (Ecuador) • César Tapia (Ecuador) • Álvaro Monteros-Altamirano (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) es un árbol pequeño, de rápido crecimiento, cultivado por sus frutos comestibles. Es muy popular en la región andina, sobre todo en Ecuador y Colombia, donde se produce en pequeña escala[1,2,3]. También es conocido como chilto o tomate de campo en Argentina y Bolivia, sacha tomate o berenjena en Perú, yunca tomate en Colombia, y tamarillo o *tree tomato* en los Estados Unidos[4]. Se trata de una fruta comestible que se pueden consumir cruda, principalmente para preparar jugos, procesados o cocidos[5,6]. Su cultivo es una alternativa para la diversificación de la agricultura andina y los mercados de alimentos saludables a nivel nacional e internacional[6,7,8,9].

Origen

El tomate de árbol tiene su centro de origen en la zona andina, extendiéndose por Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador, Chile y Bolivia hasta el noroeste de Argentina[5,10,13]. Se ha sugerido que es de domesticación relativamente reciente. Hay reportes de parientes silvestres en el sur de Bolivia, noreste de Argentina, Colombia y Ecuador[5,11]. La especie también tiene algunas representaciones en la cerámica precolombina, lo que demuestra su importancia ancestral[14].



Distribución geográfica



En la zona andina, el tomate de árbol se desarrolla bien entre los 1,200 y 3,200 msnm en climas subtropicales de valles interandinos. La producción tradicional se da en pequeños huertos para consumo local[15]. La planta prospera en condiciones con precipitaciones anuales entre 600 y 3,000 mm, y temperaturas anuales promedio de entre 15 y 20 °C. En Ecuador se cultiva en las provincias Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Azuay. En Colombia se da mayormente en Cundinamarca, Tolima, Antioquia, Huila y Boyacá. En el Perú ocurre mayormente en la sierra norte y los flancos orientales de los Andes hacia la Amazonía.

La especie se ha dispersado desde los Andes al mundo desde el siglo XIX[5,12]. Se ha introducido en muchas áreas subtropicales de todo el globo. A finales del siglo XIX, llegó a Sudáfrica, India, Hong Kong, China, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda[5]. También se encuentra adaptada a las condiciones del sudeste de Asia, este de África y el sur de Europa[10]. Actualmente es un cultivo de importancia comercial en las zonas altas de América Central y en Nueva Zelanda. La producción comercial se viene desarrollando en Colombia, Ecuador, Sudáfrica, India y Nueva Zelanda[16].

Resiliencia climática y adaptación

Es una solanácea de rápido crecimiento que se adapta a una diversidad de diferentes ambientes[10]. Se ha mostrado que es una especie resiliente a varios factores marginales incluyendo a la alta salinidad[24]. Sin embargo, es intolerante a las heladas y al estrés por sequías. Se considera una especie con un alto potencial de adaptación a las condiciones del cambio climático, principalmente por su diversidad genética y la facilidad de cultivo en diferentes ambientes.

Diversidad varietal

Existe una gran diversidad varietal de la especie. El color de la epidermis del fruto puede variar de amarillo a morado, y ocasionalmente tiene rayas longitudinales verdes o moradas[5,17,18]. El banco de germoplasma de INIAP-Ecuador, INIA-Perú y AGROSAVIA-Colombia conservan 188, 193 y 228 accesiones, respectivamente. Son las colecciones más relevantes de Sudamérica.

Existen pocos estudios sobre la diversidad y caracterización de los recursos genéticos de tomate de árbol[19]. Asimismo, se han dedicado pocos trabajos a la conservación *in situ* y al mejoramiento genético[20,21]. Aunque las accesiones de tomate de árbol se han agrupado por el color de fruto, principalmente en grupos de cultivares naranja, rojo y morado[3,6,22], para los agricultores, comerciantes y consumidores, otras características, como la forma de la fruta (ovoide, elíptica y esférica) también son importantes[23].



Potencial económico

El tomate de árbol tiene un alto potencial debido a sus propiedades nutricionales, sabor singular y alta productividad. Se caracteriza por tener una producción continua a lo largo de todo el año en zonas propicias. En Ecuador y Colombia al 2017, se registró una producción de 29,000 y 76,006 toneladas respectivamente. Las exportaciones de esta fruta desde la zona andina se enfocan principalmente a los mercados de China, Estados Unidos de Norte América, Europa, Emiratos Árabes y Hong Kong[25,26]. También existe un enorme potencial para promover su consumo interno, sobre todo en Perú y Bolivia donde no es muy común encontrarlo en los mercados urbanos.

Nutrición

El tomate de árbol es una fruta que proporciona beneficios nutricionales debido al aporte de fibra dietética, hierro, potasio, magnesio, fósforo, vitaminas A, B, C y E, y aminoácidos libres[25,26,27]. Se le atribuye aportes en la prevención de enfermedades degenerativas, cardiovasculares y cáncer[28,29,30], Posee una alta capacidad antioxidante, concentraciones elevadas de polifenoles y betacarotenos. Asimismo, se reportan propiedades antiinflamatorias y alergénicas[31].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[3,12,13,32,33,34]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
1.5-2.5	0.4-2.3	0.32-1.48	0.05-0.10	0.03-0.04	1.1-1.2	19.7-57.8



Gastronomía

Es una fruta versátil que comúnmente se utiliza en la preparación de jugos, batidos, helados, así como también en la elaboración de conservas con almíbar. También se la puede disfrutar directamente como fruta fresca[37]. Además, se lo utiliza en ensaladas de frutas, jaleas, mermeladas y una variedad de dulces. En platos principales es utilizado en salsas para adicionar a las carnes o pescados. Se trata de un cultivo andino con un alto potencial de innovación en la cocina novoandina.



Tree tomato

Solanum betaceum

• Marcelo Tacán (Ecuador) • César Tapia (Ecuador) • Álvaro Monteros-Altamirano (Ecuador), National Institute of Agricultural Research (INIAP)

The tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) is a small, fast-growing tree cultivated for its edible fruit. It is very popular in the Andean region, especially in Ecuador and Colombia, where it is produced on a small scale[1,2,3]. It is also known as *chilto* or *tomate de campo* in Argentina and Bolivia, *sacha* tomato or *berenjena* in Peru, *yunca* tomate in Colombia, and *tamarillo* or tree tomato in the United States[4]. It is an edible fruit that can be consumed raw, mainly to prepare juice, either processed or cooked[5,6]. Its cultivation is an alternative for the diversification of Andean agriculture and healthy food markets at the national and international levels[6,7,8,9].



Origin

The center of origin of the tree tomato is in the Andean zone, spreading through Venezuela, Colombia, Peru, Ecuador, Chile, and Bolivia to the northwest of Argentina[5,10,13]. It has been suggested that it is of relatively recent domestication. There are reports of wild relatives in southern Bolivia, northeastern Argentina, Colombia, and Ecuador[5,11]. The species also has some representations in pre-Columbian ceramics, which shows its ancestral importance[14].

Geographical distribution



In the Andean zone, the tree tomato grows well between 1,200 and 3,200 masl in subtropical climates of inter-Andean valleys. Traditional production occurs in small gardens for local consumption[15]. The plant thrives in conditions with annual rainfall between 600 and 3,000 mm, and average annual temperatures between 15 and 20° C. In Ecuador it is grown in the Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, and Azuay provinces. In Colombia it occurs mainly in Cundinamarca, Tolima, Antioquia, Huila, and Boyacá. In Peru it occurs mainly in the northern highlands and the eastern flanks of the Andes towards the Amazon.

The species has spread from the Andes to the world since the 19th century[6,12]. It has been introduced in many subtropical areas around the globe. At the end of the 19th century, it reached South Africa, India, Hong Kong, China, the United States, Australia, and New Zealand[5]. It is also adapted to the conditions of Southeast Asia, East Africa, and southern Europe[10]. It is currently a commercially important crop in the highlands of Central America and New Zealand. Commercial production has been developing in Colombia, Ecuador, South Africa, India, and New Zealand[16].



Climate resilience and adaptation

It is a fast-growing solanaceae that adapts to a variety of different environments[10]. It has been shown to be a species resilient to several marginal factors including high salinity[24]. However, it is intolerant to frost and stress from drought. It is considered to be a species with a high potential for adaptation to the conditions of climate change, mainly due to its genetic diversity and the ease of cultivation in different environments.



Economic potential

The tree tomato has a high potential due to its nutritional properties, unique flavor, and high productivity. It is characterized by having a continuous production throughout the year in favorable areas. As of 2017, in Ecuador and Colombia, a production of 29,000 and 76,006 tons was registered respectively. Exports of this fruit from the Andean zone are mainly focused on the markets of China, the United States of America, Europe, the United Arab Emirates, and Hong Kong[35,36]. There is also enormous potential to promote its domestic consumption, especially in Peru and Bolivia where it is not very commonly found in urban markets.

Nutrition

The tree tomato is a fruit that provides nutritional benefits due to the contribution of dietary fiber, iron, potassium; magnesium; phosphorus; vitamins A, B, C, and E; and free amino acids[25,26,27]. Contributions are attributed to it for the prevention of degenerative and cardiovascular diseases and cancer[28,29,30]. It has a high antioxidant capacity, and high concentrations of polyphenols and beta-carotenes. Likewise, anti-inflammatory and anti-allergenic properties are also reported[31].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[3,12,13,32,33,34]

Protein (g)	Iron (mg)	Vitamin A (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
1.5-2.5	0.4-2.3	0.32-1.48	0.05-0.10	0.03-0.04	1.1-1.2	19.7-57.8



Gastronomy

It is a versatile fruit that is often used in the preparation of juices, smoothies, and ice cream, as well as in the preparation of preserves with syrup. It can also be consumed directly as fresh fruit[37]. In addition, it is used in fruit salads, jellies, jams, and a variety of sweets. In main dishes, it is used in sauces to add to meat or fish. It is an Andean crop with a high potential for innovation in Novo-Andean cuisine.

Varietal diversity

There is great varietal diversity of the species. The color of the epidermis of the fruit can vary from yellow to purple, and it occasionally has green or purple longitudinal stripes[5,17,18]. The germplasm banks of INIAP-Ecuador, INIA-Peru, and AGROSAVIA-Colombia preserve 188, 193, and 228 accessions, respectively. They are the most relevant collections in South America. There are few studies on the diversity and characterization of tree tomato genetic resources[19]. Likewise, little work has been devoted to in situ conservation and genetic improvement[20,21]. Although tree tomato accessions have been grouped by fruit color, mainly in groups of orange, red, and purple cultivars[3,6,22], for farmers, traders, and consumers, other characteristics, such as the shape of the fruit (ovoid, elliptical, and spherical) are also important[23].



Sanky

Corryocactus brevistylus

• Miguel Gonzalez (Bolivia), Centro Internacional de la Papa (CIP)

El sanki o *Corryocactus brevistylus* Schum. (K. Schum. ex Vaupel) Britton & Rose, es un cactus de porte alto y de frutos comestibles grandes y jugosos. Se desarrolla en zonas agrestes, muchas veces en laderas, lugares pedregosos, en suelos arenosos con poca humedad. Los tallos del sanky alcanzan de 2 a 5 metros de altura con espinas de hasta 24 cm de largo. Sus flores son muy llamativas, de colores intensos que varían desde el amarillo al rojo, sus frutos se encuentran maduros entre los meses de febrero y abril, y son recolectados para su consumo en fresco[1]. El nombre sanki es común en Perú y Bolivia, de origen aimara, aunque se pronuncia diferente en diferentes lugares: *sancayo*, *sancallo* o *sank'ayu*[2,3,4]. La especie es conocida también como cardón verde, *tacaysiña* o *guacaya* en Chile. Se trata de una fruta poca conocida fuera de su zona de cultivo, pero con un potencial enorme por su tamaño, sabor singular y efecto refrescante.



Origen

Se trata de una especie semi domesticada de origen andino que ocurre silvestremente en el sur de Perú, Bolivia y norte de Chile. Existe poca evidencia histórica o genética sobre el origen de la especie, pero es evidente que es manejada por las comunidades altoandinas desde hace siglos. Anecdóticamente se ha difundido la historia que el sanki fue utilizado como fruta energizante por los *chasquis* o mensajeros del Inca que recorrían la red vial andina.

• **Vaso ceremonial Tiahuanaco. Museo Amano, Lima ••** Ceremonial vessel. Amano Museum, Lima.

Distribución geográfica

C. brevistylus tiene una amplia distribución en la región andina desde el norte de Chile, sur de Perú y la región andina de Bolivia[5,6]. Crece entre los 2,800 hasta 4,000 msnm formando grandes rodales en su hábitat natural[4]. Crece en laderas de cerros, lugares pedregosos, arenosos y rocosos, con poca agua o humedad[7,8]. Comúnmente son usados como cerco vivo para impedir el ingreso de ganado. En el Perú se distribuye en los Andes secos en las regiones de Huancavelica, Ayacucho, Arequipa, Moquegua y Tacna. En Bolivia en valles de las provincias Aroma, Luribay, Inquisivi. En Chile es muy abundante en los Andes de Iquique (quebrada de Chusmiza, Mamiña y Chiapa) y la Chapiquiña-Belén[9,10].





Diversidad varietal

No existen estudios sobre la diversidad intraespecífica de C. brevistylus y básicamente la conservación ocurre *in situ*. Son escasas las colectas de este cactus en los bancos de germoplasma de la región. La reproducción es por medio de semillas que se desprenden del fruto cuando está maduro y son dispersadas por la fauna silvestre de la zona. Otra vía es a través de propagación vegetativa, mediante división de plantas y cladodios, formando rodales de relativamente alta densidad poblacional[1,11].



Potencial económico

El sanki puede lograr su primera cosecha en menos de dos años desde el inicio de su plantación y su rendimiento por hectárea puede llegar a las 20 o 30 toneladas. Es utilizado como fuente de ácido cítrico en algunas industrias, como insumo para la elaboración de jugos, mermeladas, jaleas, licores y helados[17]. También se ha utilizado para la elaboración de champú. Existe un gran potencial para promover el consumo interno en Perú, Bolivia y Chile y eventualmente para promover la exportación. Para ello se requiere mayor inversión en la caracterización de su contenido nutricional y compuestos funcionales, así como su manejo agronómico y poscosecha.

Nutrición

El sanki es consumido principalmente como fruta fresca y en jugos. Se han realizado muy pocos estudios sobre la composición química y nutricional de la especie. Se reporta que la pulpa de sanki tiene un alto contenido de vitamina C[12,16]. La fruta contiene proteínas, potasio, calcio, fosforo, polifenoles[3], azúcares reductores, lactonas, triterpenos-esteroides y muscílagos[12]. También contiene antioxidantes y antocianidinas[13]. El sanki tiene capacidad gastroprotectora[10,12] y se reporta la presencia de varios compuestos bioactivos, así como propiedades medicinales[10]. Se consume por la mañana, con el estómago vacío, para tratar problemas de vesícula, dolor de estómago, hígado, cálculos renales y como laxante[14,15].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[12,16]

Proteínas (g)	Hierro (mg)	Vitamina C (mg)
0.8-1.3	0.16	53.8-57.1



Gastronomía

Los frutos de esta especie son consumidos en estado fresco por los pobladores, en jugos y en refrescos hervidos[5,6,18]. En la cocina novoandina puede tener muchas aplicaciones, como en postres, cócteles, pastelería, ensaladas o pastelería. Es un ingrediente perfecto para la innovación creativa en la cocina saludable.

Resiliencia climática y adaptación

El sanki se desarrolla óptimamente en ambientes de clima seco a semiárido donde las precipitaciones varían entre los 200 y 650 mm anuales. Se trata de una especie tolerante a sequías y variaciones extremas entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Es probable que el sanki pueda adaptarse a los efectos del cambio climático y ser un aliado para la adaptación, sobre todo en las zonas de los flancos occidentales de los Andes centrales que en el futuro carecerán de agua por el proceso de deglaciación.



Sanky

Corryocactus brevistylus

• Miguel Gonzalez (Bolivia), International Potato Center

Sanki or *Corryocactus brevistylus* Schum. (K. Schum. Ex Vaupel) Britton & Rose is a tall cactus with large and juicy edible fruit. It develops in wild areas, often on hillsides and rocky places, in sandy soil with little humidity. Sanki stems reach 2 to 5 meters in height with thorns of up to 24 cm long. Its flowers are very eye-catching, with intense colors that vary from yellow to red; its fruit ripens between the months of February and April, and is harvested for fresh consumption[1]. The name *sanki*, of Aymara origin, is common in Peru and Bolivia, although it is pronounced differently in different places: *sancayo*, *sancallo*, or *sank'ayu*[2,3,4]. The species is also called *cardón verde*, *tacaysiña*, or *guacaya* in Chile. It is a fruit little known outside of the area where it is cultivated, but with enormous potential due to its size, unique flavor, and refreshing effect.

Origin

Sanki is a semi-domesticated species of Andean origin that occurs in the wild in southern Peru, Bolivia, and northern Chile. There is little historical or genetic evidence about the origin of the species, but it is evident that it has been managed by the Andean communities for centuries. Anecdotally, the story has spread that sanki was used as an energizing fruit by the *chasquis* or messengers of the Inca who ran along the Andean Road network.

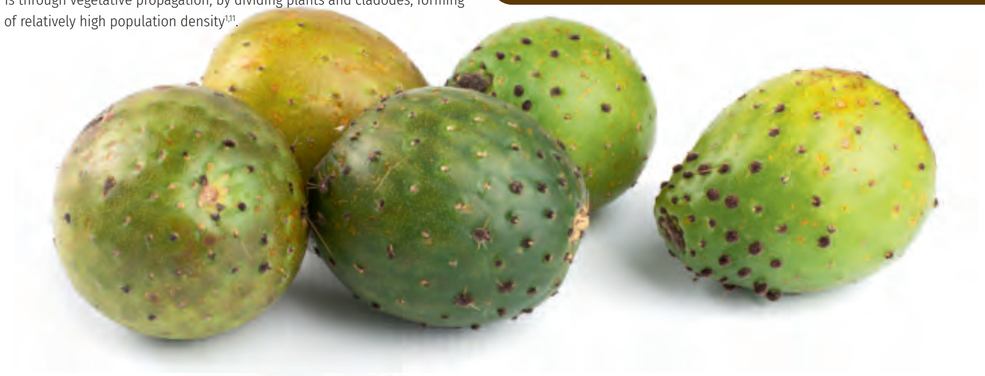
Varietal diversity

There are no studies on the intraspecific diversity of *C. brevistylus* and the conservation basically occurs *in situ*. The collections of this cactus are rarely found in the germplasm banks of the region. Reproduction is by means of seeds that are detached from the fruit when it is ripe and are dispersed by the wild fauna of the area. Another means of reproduction is through vegetative propagation, by dividing plants and cladodes, forming small groups of relatively high population density[3,11].

Geographic distribution

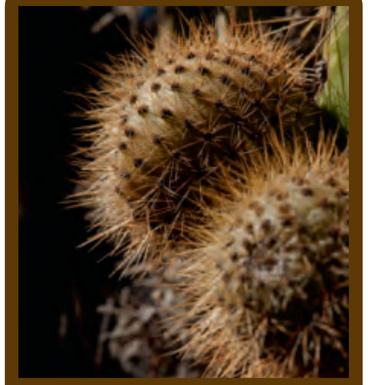
C. brevistylus has a wide distribution in the Andean region from northern Chile, to southern Peru and the Andean region of Bolivia[5,6]. It grows between 2,800 and 4,000 meters above sea level, forming large stands in its natural habitat.4 It grows on hillsides, in stony, sandy, and rocky places, with little water or humidity[7,8]. It is commonly used as a living fence to prevent entry to inhabited areas of livestock. In Peru, it is distributed in the dry Andes in the regions of Huancavelica, Ayacucho, Arequipa, Moquegua, and Tacna. In Bolivia, it is in the valleys of the Aroma, Luribay, and Inquisivi provinces. In Chile, it is very abundant in the Andes of Iquique (Chusmiza, Mamiña, and Chiapa valleys) and Chapiquiña-Belén[9,10].





Climate resilience and adaptation

Sanki develops optimally in dry to semi-arid climates where rainfall varies between 200 and 650 mm per year. It is a species that is tolerant to droughts and extreme variations between day and night temperatures. It is likely that sanki can adapt to the effects of climate change and be used in an adaptation strategy, especially in the areas of the western flanks of the central Andes that will lack water due to the future deglaciation process.



Economic potential

Sanki can achieve its first harvest in less than two years from planting, and its yield per hectare can reach 20 or 30 metric tons. It is used as a source of citric acid as an ingredient for the production of juices, jams, jellies, liqueurs, and ice cream[17]. It has also been used to make shampoo. There is great potential to promote domestic consumption in Peru, Bolivia, and Chile and eventually to promote its export. Greater investment is required to understand the characterization of its nutritional content and functional compounds, as well as investing in its agronomic and postharvest management.

Gastronomy

The fruit of this species is consumed fresh by the Andean communities, in juices and boiled beverages[5,6,18]. In Novo-Andean cuisine, it can have many uses, such as in desserts, cocktails, pastries, or salads. It is a perfect ingredient for creative innovation in healthy cuisine.

Nutrition

Sanki is consumed mainly as fresh fruit and in juices. Very few studies have been carried out on the chemical and nutritional composition of the species. Sanki pulp is reported to be high in vitamin C[12,16]. The fruit contains protein, potassium, calcium, phosphorus, and polyphenols[3], reducing sugars, lactones, triterpene-steroids, and muscilage[12]. It also contains antioxidants and anthocyanidins[13]. Sanki has a gastroprotective capacity[10,12] and the presence of several bioactive compounds has been reported, as well as medicinal properties[10]. Traditionally it is consumed in the morning on an empty stomach to treat gallbladder problems, stomach pain, the liver, kidney stones, and as a laxative[14,15].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[12,16]

Protein (g)	Iron (mg)	Vitamin C (mg)
0.8-1.3	0.16	53.8-57.1



Sauco

Sambucus peruviana

• Stef de Haan (Perú), Vaibhav Chaudhary (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), consultora independiente

El sauco (*Sambucus peruviana* Kunth), perteneciente a la familia de las Adoxaceae, es una especie arbórea que se cultiva frecuentemente en los valles interandinos de la región[1-3]. Es más conocida como sauco, pero también se han reportado otros nombres comunes como *kjola* o *qola qola* en el idioma aimara, *rayan*, arrayán, *layan*, *ramrash*, *yalan* y *chiwillu* en quechua, y *elderberry* en inglés[4-5]. Además, recibe diversos nombres según el lugar o similitud a otras especies: uvas de la sierra, uvilla del diablo, *pochko uvas* o pintura de novia[6]. Es común verlo crecer en sistemas agroforestales asociado con especies arbustivas, en los bordes de las chacras y canales, como cerco vivo y en huertos familiares. Tiene usos muy diversos, ya sea como parte de la dieta local, medicina tradicional, forraje, material de construcción o barreras protectoras rompeviento[7]. En la alimentación humana, los frutos se consumen frecuentemente procesados artesanalmente como mermeladas, jarabes o almíbares. El sauco es rico en antocianinas con propiedades nutraceúticas[8].



Origen

El género *Sambucus* presenta alrededor de 30 especies distribuidas en las regiones temperadas y subtropicales a nivel mundial[9-10]. Se ha asumido comúnmente que la especie *S. peruviana* es de origen sudamericano. Sin embargo, la ausencia de poblaciones silvestres y el dato de que las poblaciones de *Sambucus* reportadas en el Perú mayormente son cultivadas[11] –además de revisiones taxonómicas[12]– han generado debate sobre la identidad de *S. peruviana* como planta autóctona[4]. Se ha sugerido que el sauco se introdujo a América en el siglo XVI, adaptándose a diversas regiones del continente, siendo *S. peruviana* sinónimo o una subespecie de *S. nigra*[3,8,12].

Distribución geográfica

El sauco tiene una distribución amplia con presencia desde los Andes de Venezuela hasta Argentina. Es común encontrarla en valles interandinos desde los 1,200 hasta 3,800 msnm[3,4,5]. Siendo una especie agroforestal multipropósito manejada por el hombre, sus nichos típicos son huertos, alrededores de las viviendas, cercos vivos y alrededores de riachuelos o canales de irrigación.



Diversidad varietal

No existe evidencia de variabilidad genética en esta especie, ya que su forma de reproducción es por estacas (vía asexual), debido a que en muchos casos las semillas presentan problemas de infertilidad[4]. Estudios moleculares recientes han confirmado la sinonimia entre *S. peruviana* y *S. nigra*[3].



Resiliencia climática y adaptación

El sauco es una especie versátil adaptada al clima de los valles interandinos con temperaturas medias anuales entre 8 y 17 °C. La especie es poco exigente, prefiriendo suelos profundos, francos y limosos, con pH neutro a ligeramente alcalino y buen drenaje[13]. Dada su actual adaptación amplia a diferentes condiciones, incluso tolerancia a heladas y suelos pedregosos[6,14,15], se proyecta que el sauco logrará adecuarse al cambio climático. El rol que cumple tradicionalmente en la protección de otros cultivos contra el viento y en la reforestación de los cauces marginales de los ríos, lo hará un aliado clave para la adaptación[16]. Además, como especie agroforestal ofrece la posibilidad de fijar carbono mediante la (re)forestación.



Potencial económico

La producción de mermeladas, jarabes o almíbares de los frutos de sauco cuenta con una gran aceptación entre los consumidores, ofreciendo una oportunidad de mercado con potencial de expansión[4,26]. Existe una demanda insatisfecha debido al crecimiento del mercado, la estacionalidad y la baja producción de la especie[17]. La (re)forestación con cultivares productivos de sauco, en combinación con incentivos para la asociatividad entre pequeños productores, tiene un alto potencial como modelo de emprendimiento en diversas regiones de los Andes.

Se ha determinado que la fibra leñosa posee buenas características para la fabricación de pulpa para papel, además de ser utilizable en la fabricación de artesanías, juguetes e instrumentos musicales[4]. Las flores son utilizables en la industria cosmética para la preparación de champús y las hojas son aprovechables para la tinción de lana en un tono azul metálico[4]. También las aplicaciones medicinales múltiples del sauco ofrecen un enorme potencial para la bioeconomía, sobre todo acompañada de investigación científica para evidenciar su aplicación y efectividad.

Nutrición

El sauco es una planta alimenticia con propiedades nutracéuticas. Los beneficios para la salud se deben a la alta concentración de compuestos bioactivos[8,17]. Los pigmentos polifenoles o antocianinas, conocidos por su actividad antioxidante, son el grupo más importante de compuestos bioactivos presentes en los frutos del sauco en concentraciones relativamente altas. La alta actividad antioxidante de los frutos está asociada a sus propiedades terapéuticas. Los frutos también son fuente de minerales como hierro, calcio y fósforo, además de vitaminas[4,18-20].

Las hojas, flores, corteza y raíz son utilizadas en la medicina tradicional en diversas afecciones del tracto respiratorio, digestivo y articulaciones (reumas), además se ha reportado efectos antiinflamatorios en el tracto urinario, principalmente en casos de hiperplasia prostática benigna[21-24]. El follaje del sauco es utilizado también para la alimentación animal[25].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[4,17]

Polifenoles totales (mg GAE)*	Antocianinas totales (mg GAE)*	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Vitamina C (mg)
334-582	242-1816	30.6-38.0	23.0-39.0	1.6-1.9	1.8 - 3.8

* = rango incluye valores de *S. peruviana* y *S. nigra*.



Gastronomía

Si bien no se suele comer los frutos frescos, procesarlos artesanalmente o conservarlos acentúa su sabor. Los frutos jugosos, con bajo contenido de azúcares y sabor ligeramente ácido del sauco constituyen un ingrediente singular que se presta especialmente para la pastelería fina. Es comúnmente procesada en mermelada, pero también se presta para elaborar licores, mazamorras, helados, jugos y refrescos.

Una de las mejores formas de usar los frutos de sauco es convertirlos en almíbar o jarabe para hacer refrescos deliciosos. También se puede usarlos en maceraciones (por ejemplo, de pisco), o que propaguen su sabor en cócteles afrutados: un gin de sauco es particularmente sabroso. El vinagre de sauco es extraordinario para preparar aderezos para ensaladas y salsas. Existen muchas posibilidades para innovar usando este ingrediente singular en la cocina novoandina.



Sauco

Sambucus peruviana

• Stef de Haan (Peru), Vaibhav Chaudhary (Peru), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), independent consultant

Sauco (*Sambucus peruviana* Kunth) belonging to the Adoxaceae family, is an arboreal species that is frequently cultivated in the inter-Andean valleys of the region[1-3]. It is mostly known as sauco, but other common names such as *kjola* or *qola* qola have also been reported in the Aymara language; *rayan*, *arrayán*, *layan*, *ramrash*, *yalan*, and *chiwillu* in Quechua; and elderberry in English[4,5]. In addition, it receives different names according to the place or similarity to other species: *uvas de la sierra*, *uvilla del diablo*, *pochko uvas*, or *pintura de novia*[6]. It is common to see it grow in agroforestry systems associated with shrub species, on the edges of fields and channels, as a living fence, and in home gardens. It has very diverse uses, whether as part of the local diet, traditional medicine, forage, construction material, or protective windbreaks[7]. In human consumption, the fruit is frequently consumed processed by hand such as in jams or syrups. Elderberry is rich in anthocyanins with nutraceutical properties[8].

Geographic distribution

Elderberry has a wide distribution with a presence from the Andes of Venezuela to Argentina. It is common to find it in inter-Andean valleys from 1,200 to 3,800 meters above sea level[3,4,5]. Being a multipurpose agroforestry species under human management, its typical niches are orchards, surrounding houses, as living fences, and around streams or irrigation channels.



Varietal diversity

There is no evidence of genetic variability in this species, since its form of reproduction is by cuttings (asexually), because in many cases the seeds present infertility problems[4]. Recent molecular studies have confirmed the synonymy between *S. peruviana* and *S. nigra*[3].





Origin

The genus *Sambucus* has around 30 species distributed across temperate and subtropical regions worldwide[9,10]. It has been commonly assumed that the species *S. peruviana* is of South American origin. However, the absence of wild populations and the fact that *Sambucus* populations reported in Peru are mostly cultivated[11] – in addition to taxonomic revisions[12] – have generated debate about the identity of *S. peruviana* as an autochthonous plant[4]. It has been suggested that elderberry was introduced to the Americas in the 16th century, adapting to various regions of the continent, *S. peruviana* being synonymous with or a subspecies of *S. nigra*[3,8,12].

Climate resilience and adaptation

Elderberry is a versatile species adapted to the climate of the inter-Andean valleys with average annual temperatures between 8 and 17°C. The species is not very demanding, preferring deep, loamy, and silty soils, with a neutral to slightly alkaline pH and good drainage[13]. Given its current wide adaptation to different conditions, including tolerance to frost and stony soils[6,14,15], it is projected that the elderberry will be able to adapt to climate change. The role it traditionally plays in protecting other crops against the wind and in the reforestation of marginal riverbeds will make it a key crop for adaptation[16]. Furthermore, as an agroforestry species it offers the possibility of fixing carbon into soil through reforestation.



Economic potential

Elderberry jams and syrups are widely enjoyed and accepted by consumers, offering a market opportunity with potential for expansion[4,26]. There is an unsatisfied demand due to market growth, seasonality, and low production of the species[17]. The reforestation with productive elderberry cultivars, in combination with incentives for associativity among small-scale producers, has high potential as a model for entrepreneurship in various regions of the Andes.

The woody fiber has been found to have good characteristics for the manufacture of paper pulp, in addition to being usable in the manufacture of crafts, toys, and musical instruments.4 The flowers are usable in the cosmetic industry for the preparation of shampoos and the leaves are usable for dyeing wool in a metallic blue tone[4]. Also, the multiple medicinal applications of elderberry offer enormous potential for the bioeconomy, especially accompanied by scientific research to demonstrate its application and effectiveness.

Nutrition

Elderberry is a food plant with nutraceutical properties. The health benefits are due to the high concentration of bioactive compounds[8,17]. Polyphenol pigments or anthocyanins, known for their antioxidant activity, are the most important group of bioactive compounds present in elderberries in relatively high concentrations. The high antioxidant activity of the fruit is associated with its therapeutic properties. The fruit is also a source of minerals such as iron, calcium, and phosphorus, in addition to vitamins[4,18-20].

The leaves, flowers, bark, and root are used in traditional medicine in various disorders of the respiratory and digestive tracts and joints (rheumatism), and anti-inflammatory effects have also been reported in the urinary tract, mainly in cases of benign prostatic hyperplasia[21-24]. The foliage of the elderberry is also used for animal feed[25].

Nutritional and functional attributes (100 g fresh weight)[4,17]

Total polyphenols (mg GAE)*	Total anthocyanins (mg GAE)*	Calcium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Vitamin C (mg)
334-582	242-1816	30.6-38.0	23.0-39.0	1.6-1.9	1.8 - 3.8

* = range includes values of *S. peruviana* and *S. nigra*.

Gastronomy

Although its fresh fruit is not usually eaten, processing or preserving it by hand accentuates its flavor. The juicy fruits of the elderberry, with low sugar content and its slightly acidic flavor constitute a unique ingredient that is especially suitable for fine bakery. It is commonly processed into jam, but it also lends itself to making liqueurs, puddings, ice cream, juices, and beverages.

One of the best ways to use elderberries is to produce syrup to make delicious beverages. They can also be used in macerations (for example, of pisco), or to infuse its flavor in fruity cocktails: elderberry gin is particularly tasty. Elderberry vinegar makes distinctive salad dressings and sauces. There are many possibilities to innovate new products from elderberry within Novo-Andean cuisine.



Mora gigante

Rubus macrocarpus

• María Cristina García (Colombia) • Víctor Manuel Núñez (Colombia), AGROSAVIA

La mora gigante, *Rubus macrocarpus* Benth con los sinónimos *R. nubigenus* Kunt., *R. nubigenus* H.B.K., *R. stipularis* Benth[1,2,3,4,5], hace parte de las 9 especies comestibles de las 44 del género *Rubus* que han sido identificadas[1]. Forma parte de un complejo de diferentes especies alimenticias semisilvestres de moras que se consumen en la región andina; incluye la mora de castilla (*R. glaucus*) y la mora común (*R. adenotrichus*). El fruto de la mora gigante (*R. macrocarpus*) es una polidrupa, de forma cónica, de color verde a morado en estados tempranos de maduración y rojo brillante a rojo oscuro cuando alcanza la madurez, alcanzado pesos hasta de 18 gramos[6] por lo cual es conocida también como morón, mora gigante de Colombia, mora de oso, mora de venado, mora-fresa, zarzamora, baya negra gigante, además de otros nombres como mora del cerro y mora de páramo[2,7].

Origen

La mora gigante es una planta nativa de la zona altoandina[1,3]. No se conocen registros arqueológicos o lingüísticos que ayudan a datar su uso. Registros etnobotánicos evidencian una larga historia de uso[8].

Fuera de Colombia se reportó por primera vez a través del Dr. Frank M. Chapman del Museo Americano de Historia Natural, quien observó la planta durante sus viajes a Bogotá e informó al departamento de agricultura de los Estados Unidos, donde fue introducido por el señor Frederick L. Rockwood en el "Office of Foreign Seed and Plant Introduction". Por esto es conocida en inglés como "The Giant Colombian Blackberry" y "The Giant Colombian Berry"[9]. Las plantas fueron colectadas en el departamento de Cundinamarca[9].



Distribución geográfica



La mora gigante (*R. macrocarpus*) es una de las especies emblemáticas de las moras de los Andes, las cuales se distribuyen en las regiones de alta montaña de la zona tropical latinoamericana[1]. Se reportan en Colombia, Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Panamá y Perú, en zonas de subpáramo y páramo[10,11]. En Colombia ha sido encontrada en los páramos del Sisga, Frontino[12] y Sumapaz[13] y en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle[14,15,5]. En Ecuador en las provincias ubicadas en la Sierra y algunas del Oriente: Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Zamora Chinchipe, Loja, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Sucumbíos, Tungurahua[16].

Distribucion varietal

La mora gigante es fácil de reconocer por las estípulas reniformes, flores con pétalos rosados a rojos, frutos piramidales grandes (3-4 × 2.5 cm), entre otras características[17,6]. Existen bancos de germoplasma de la especie en Colombia y Ecuador. Investigadores de AGROSAVIA Colombia, colectaron y compararon plantas de esta especie en Mongua y Gachantivá, Boyacá; Pasca y Usme, Cundinamarca e Ipiales, Nariño. Aunque la morfología básica encontrada en los diferentes sitios es similar, los frutos se diferencias en tamaño y color. Los frutos de Mongua son de color rojo brillante y tamaño grande con peso alrededor de 20 gramos, los frutos de Gachantivá son de color menos intenso, semicubiertos por el cáliz y tamaño mediano. Los de las plantas de Usme, Pasca e Ipiales son similares entre ellos, pero de menor tamaño que los de Mongua. Es probable que se trate de ecotipos adaptadas a los sitios en los que se encuentran.

Resilencia climática y adaptación

Se encuentra en ambientes de alta humedad, entre 2,600 a 3,200 metros, en condiciones de páramo y subpáramo, entre matorrales, al lado de cañadas abiertas o bajo sombra como parte del sotobosque. Se puede encontrar como plantas de hasta 2 metros de altura como en la localidad de Tunjuelito, en Mongua o como plantas pequeñas en Gachantivá, Boyacá[18,1]. Ahora, por su naturaleza silvestre y condiciones de hábitat es posible que cuente con atributos de resiliencia para algunos factores bióticos y abióticos propios de las zonas en las que se encuentra.



Potencial económico

Las propiedades funcionales que presentan las especies de *Rubus* constituyen una ventana muy interesante para su comercialización y valorización. Esto hace que su potencial en la industria de los productos saludables y nutracéuticos sea enorme. La diversidad de especies y variedades constituyen una fuente de atributos genéticos de calidad de fruto y adaptación a condiciones de rusticidad, para incluirla en programas de generación de cultivares a través de planes cruzamiento con líneas comerciales.

No se conocen datos de manejo de la mora gigante porque sigue siendo silvestre y no se tienen cultivos comerciales. En áreas que abarcan los límites de los municipios de Sibaté y Silvania en el departamento de Cundinamarca, Colombia, se ha observado picos de alta producción de frutos maduros entre abril y mayo, y entre septiembre y octubre[13]. Se cuenta con estudios de propagación in vitro, por esquejes y por semilla lo cual es un avance importante para apoyar una iniciativa de fomento del cultivo en el mediano plazo[27].

Nutrición

Las especies de *Rubus* son reconocidas por su alto contenido de minerales: especialmente hierro, pero también calcio, magnesio, fósforo, zinc[19] y altos contenidos de compuestos antioxidantes como las antocianinas y elagitaninos[20], los cuales han sido identificados como precursores de metabolitos benéficos para la salud[21,22,23]. Sus frutos son ricos en compuestos fenólicos a los cuales se les han atribuido propiedades anticáncer, antiarterioesclerosis, antitrombóticas, antiinflamatorias, antihepatóxicas, antibacteriales y antioxidantes, entre otras[20,22,23,24]. Hace falta realizar una caracterización nutricional más precisa de la mora gigante dado que se han encontrado diferencias importantes entre especies[11].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[11,25,26*]

Hierro (mg)	Zinc (mg)	Antocianinas totales (mg)	Monómeros fenólicos (mg)	Vitamina C (mg)	Carotenoides (mg)	Elagitaninos (mg)
1.0-47	0.2-0.3	28-366	0.7-555	1.2-11.9	0.44-0.59	1000-3000

* = valores en base a una revisión general del contenido nutricional de frutas de mora.



Gastronomía

El fruto de la mora gigante es de un sabor muy agradable parecido al de loganberries, y se puede consumir fresco, en jugos y dulces[9]. Algunas comunidades de Mongua mencionan que el sabor es parecido a la fresa y por tal motivo le llaman mora-fresa. Por su sabor y jugosidad se podría consumir en helados, con crema para servir como postre[6]. Además, al igual que en las demás especies de *Rubus*, se pueden preparar –a partir de los frutos maduros– mermeladas, néctares y licores[28]. Para la innovación en la cocina novoandina la mora gigante ofrece un sinnúmero de posibilidades.



Giant blackberry

Rubus macrocarpus

• María Cristina García (Colombia) • Víctor Manuel Núñez (Colombia), AGROSAVIA

The giant Colombian blackberry (*Rubus macrocarpus* Benth) with the synonyms *Rubus nubigenus* Kunt., *Rubus nubigenus* HBK, *Rubus stipularis* Benth[1,2,3,4,5], is part of the 9 edible species of the 44 species of the genus *Rubus* that have been identified[1]. It's part of a complex of different (semi) wild edible blackberries that are consumed in the Andean region, which include the mora de Castilla (*R. glaucus*) and the mora común (*R. adenotrichus*). The fruit of the giant Colombian blackberry (*R. macrocarpus*) is a polydrupe, conical in shape, green to purple in color in early stages of ripening and bright red to dark red when ripe, reaching weights of up to 18 grams[6], which is why it's also known as *morón*, *mora gigante de Colombia*, *mora de oso*, *mora de venado*, *mora-fresa*, *zarzamora*, *baya negra gigante*, as well as other names like *mora del cerro* and *mora de páramo*[2,7].

Origin

The giant Colombian blackberry is a native plant of the high Andean zone[1,3]. There are no known archaeological or linguistic registers that can help date its use. Ethnobotanic registers show a large history of use[8]. Outside of Colombia, it was reported for the first time by Dr. Frank M. Chapman of the American Museum of Natural History, who observed the plant during his trips to Bogotá and informed the United States Department of Agriculture, where it was introduced by Mr. Frederick L. Rockwood in the Office of Foreign Seed and Plant Introduction. For this reason, it is known in English as the giant Colombian blackberry and the giant Colombian berry[9]. The plants were collected in the department of Cundinamarca[9].



Geographic distribution



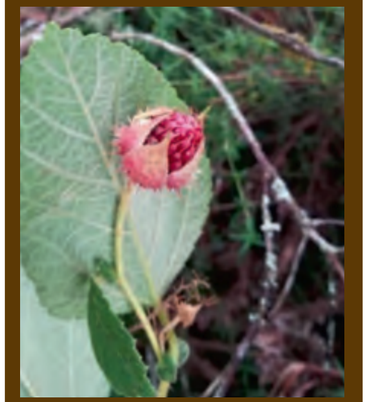
The giant Colombian Blackberry (*R. macrocarpus*) is one of the emblematic species known as the "blackberries of the Andes", which are distributed in the high mountain regions of the Latin American tropical areas[1]. They are reported in Colombia, Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Panama, and Peru in sub-moorish and moorish areas[10,11]. In Colombia, it has been found in the moors of Sisga, Frontino[12], and Sumapaz[13], and in the departments of Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima, and Valle[14,15,5]. In Ecuador, it is found in the provinces located in the mountains and in the east: Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Zamora Chinchipe, Loja, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Sucumbíos, and Tungurahua[16].

Varietal distribution

The giant Colombian blackberry is easy to recognize by the reniform stipules, flowers with pink to red petals, large pyramidal fruits (3-4 × 2.5 cm), among other characteristics[17,6]. There are genebanks of the species in Colombia and Ecuador. Researchers from AGROSAVIA Colombia collected and compared plants of this species in Mongua and Gachantivá in Boyacá; Pasca and Usme in Cundinamarca, and Ipiales in Nariño. Although the basic morphology found at the different sites is similar, the fruits present differences in size and color. The fruits of Mongua plants are bright red in color and large in size, weighing around 20 grams, while the fruits of Gachantivá are less intense in color, semi-covered by the calyx and medium-sized. The fruits of the Usme, Pasca, and Ipiales plants are similar to each other, but smaller than those of Mongua. It is likely that these are ecotypes adapted to the sites where they are located.

Climate resilience and adaptation

The plant grows well in environments of high humidity, between 2,600 to 3,200 meters, in moorish and sub-moorish conditions, between bushes, next to open streams, or beneath shade as part of the undergrowth. It can grow up to 2 meters high, as in the town of Tunjuelito in Mongua, or stay relatively small as in Gachantivá, Boyacá[18,1]. Due to its wild nature and habitat conditions, it is possible that it has resilience attributes for some biotic and abiotic factors typical of the areas in which it is located.



Economic potential

The functional properties that the *Rubus* species represent constitute a very interesting opportunity for their commercialization and valuation. There is great potential for its use in the nutraceutical industry. The diversity of the species and its varieties contribute to fruit quality and adaptability, making it hardy and useful for cross-breeding with commercial species in programs of cultivar generation.

Management data for the species is not known because it is still wild and there are no commercial crops. In areas that the municipalities of Sibaté and Silvania in the department of Cundinamarca, Colombia, peaks of high production of ripe fruits have been observed between April and May, and between September and October[13]. In vitro propagation studies, by cuttings and by seed, already exist, which will help promote the crop in the medium term[27].

Nutrition

Rubus species are recognized for their high content of minerals, especially iron, but also calcium, magnesium, phosphorus, and zinc[19] and high content of antioxidant compounds such as anthocyanins and ellagitannins[20], which have been identified as precursors of beneficial metabolites for health[21,22,23]. Its fruit is rich in phenolic compounds, to which anticancer, anti-arteriosclerotic, antithrombotic, anti-inflammatory, antihepatotoxic, antibacterial y antioxidant properties have been attributed, among others[20,22,23,24]. However, it is necessary to carry out a more precise characterization of the giant Colombian blackberry since important differences between species have also been detected[11].

Nutritional attributes (per 100g fresh weight)[11,25,26*]

Iron (mg)	Zinc (mg)	Total anthocyanins (mg)	Phenolic menomers (mg)	Vitamin C (mg)	Carotenoids (mg)	Ellagitannins (mg)
1.0-47	0.2-0.3	28-366	0.7-555	1.2-11.9	0.44-0.59	1000-3000

* = values based on a general revision of the nutritional content of blackberry fruit.



Gastronomy

The giant Colombian blackberry fruit has a very pleasant flavor, like that of loganberries, and it can be consumed fresh, in juices, and in desserts[9]. Some Mongua communities say that the flavor is similar to strawberry and for this reason they call it mora-fresa (blackberry-strawberry). Due to their flavor and juiciness, they could be consumed in ice cream or with cream as a dessert[6]. Furthermore, just like in other *Rubus* species, the ripe fruits can be used to make jams, syrups and liqueurs[28]. Finally, the giant Colombian black berry offers an infinite number of possibilities for innovation in Novo-Andean cuisine.



Naranjilla

Solanum quitoense

• Álvaro Monteros-Altamirano (Ecuador) • César Tapia (Ecuador) • Marcelo Tacán (Ecuador), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Dentro de la familia Solanaceae, en la sección Lasiocarpa, se encuentra la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), cultivo nativo de América tropical con frutos dulces y fragantes apetecidos principalmente para la preparación de jugos[1,2,3,4]. Es una fruta con un sabor singular que ha sido descrita como "el fruto dorado de Los Andes" y "el néctar de los dioses"[5]. A esta especie se le conoce con varios nombres: naranjilla, lulo, *lulum*, naranja chiquita, naranjilla de castilla, quito o quito-quito, *morelle* de quito, gele terong, berenjena de olor, *nuqui*[2,6,7]. Su susceptibilidad a plagas y enfermedades, y su estrecha diversidad genética hacen que su cultivo sea un reto. Si no es adecuado, puede provocar deforestación y daños al ecosistema frágil donde se cultiva[5,8,9].

Origen

Su estrecha adaptación climática, la presencia de tricomas en el fruto, la latencia de semillas, entre otros factores, hacen creer que es una planta semidomesticada[10,11]. La especie no cuenta con información arqueológica[12,13], sugiriendo una domesticación relativamente reciente hace más o menos 1,000 años[14]. Existen registros del cultivo del siglo XVII por parte de los conquistadores españoles en Ecuador y Colombia[5,6]. El centro primario de diversidad se encuentra en Colombia, Ecuador y Perú con presencia de especies silvestres afines en Venezuela, Brasil, Centroamérica y un taxón en Asia[3,12,15,16,17].

Distribución geográfica

Se cultiva comúnmente en las tierras altas del sur de Colombia, centro-norte del Perú, Ecuador y Venezuela. También se cultiva en las cordilleras de Guatemala, Panamá y Costa Rica[12,18]. Prospera en alturas intermedias que entre los 700 y 2,300 msnm[12,16,17]. Fuera de las Américas se ha reportado en África[19].



Diversidad varietal

Se distinguen dos grandes grupos: genotipos con gran cantidad de espinas (*S. quitoense* var. *septentrionale*) y genotipos lisos o con vellosidades suaves (*S. quitoense* var. *quitoense*). El primer grupo con espinas es más común en Colombia, mientras que el segundo grupo sin espinas es más frecuente en Ecuador[10,19,20,21,22,23]. En Perú se observan los dos grupos. Los agricultores comúnmente distinguen las variedades por el color del fruto. El fruto es una baya globosa de color verde, anaranjado a rojo con un diámetro de 4 a 8 cm y con un peso que oscila entre 40 y 80 g. La pulpa es verde y con numerosas semillas, y de sabor agridulce[20,24]. Las flores varían de color blanco a lila claro.

En Ecuador, algunas variedades conocidas son: Agria, Dulce, Baeza, Septentrional, Bola y INIAP quitoense-2009[7,8,9]. En Colombia, son común la variedad De Castilla y La Selva[25]. Según el Global Biodiversity Information Facility existen 991 accesiones de la naranjilla a nivel global. En el banco de germoplasma de INIAP Ecuador se conservan 192 accesiones y en el banco de germoplasma de AGROSAVIA Colombia 390 accesiones. Son las colecciones más completas en la región Andina. Se han realizado pocos trabajos y estudios de conservación in situ de la especie. Existe un híbrido interespecífico entre *S. quitoense* x *S. sessiliflorum* que se llama naranjilla híbrida[26].





Potencial económico

En los últimos años, la naranjilla ha despertado mucho interés en mercados nacionales e internacionales por sus características organolépticas, aroma agradable, sabor ácido y refrescante[41]. Es una fruta exótica apetecida debido a su exquisito sabor y la coloración verde-anaranjada de su pulpa. Tiene un enorme potencial para expandir su mercado regional e internacional; en fresco o procesado en pulpas, mermeladas y otras conservas. En el mercado urbano peruano aún no se conoce a la naranjilla, pero son los destinos ecoturísticos, como Oxapampa, los que han posicionado a la fruta. El mercado actual se ha abierto hacia la línea de los snacks, siendo la fruta deshidratada un producto versátil.

Ecuador y Colombia son los principales países productores en la región Andina[10] con un área estimada de 5,000 y 5,500 hectáreas, respectivamente[25]. Se puede sembrar en monocultivo o asociado[52]. Es necesario promover practicas agroecológicas de producción y aplicar sistemas de certificación y trazabilidad. El uso excesivo de agroquímicos ha sido un problema en algunas zonas de producción comercial. Para mejorar su producción, es necesario realizar mejoramiento para resistencia a plagas y enfermedades[9,26].

Nutrición

La naranjilla contiene minerales (fósforo, calcio, hierro), vitaminas B y C, azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa) y diferentes compuestos funcionales[31,32]. Se caracteriza por tener múltiples compuestos bioactivos: antioxidantes, carotenoides, ácido clorogénico, glicósidos de flavonoles y dihidrocafeoil espermidinas[33,34]. La naranjilla posee propiedades nutracéuticas novedosas; por ejemplo, se le atribuyen propiedades diuréticas y tonificantes. También se ha reportado que tomar jugo de naranjilla favorece la eliminación de toxinas presentes en el organismo y a la eliminación de ácido úrico[35,36].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[37,38,39,40]

Calcio (mg)	Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
8.0-48.1	0.4-1.2	0.06	0.04	1.5	4.2-65.0



Gastronomía

Comúnmente se la consume como fruta fresca y procesada, y es utilizada principalmente en la preparación de jugos, mermeladas y coladas dulces. Es un ingrediente exótico para salsas de platos gourmet, chutneys, ensaladas con frutas y vegetales[33]. En la gastronomía ecuatoriana, se emplea en la elaboración de estofados y salsas que acompañan a las carnes además de preparaciones dulces como helados, pasteles, licores, bebidas como el tradicional canelazo, la colada morada y la chicha, entre otros[25,36]. También se utiliza en postres ácidos y en recetas que necesitan un toque agrio y es particularmente apreciado por su aroma[36].

Resiliencia climática y adaptación

La naranjilla está adaptada naturalmente a condiciones de humedad y nubosidad alta[9]. Su producción tiene una alta influencia del fotoperíodo, temperatura y precipitación[27,28], además requiere de polinización abierta por insectos[27]. Estos factores pueden ser controlados o reproducidos artificialmente en condiciones de invernadero, pero resultan costosos[9,29]. Dado su amplio rango de adaptación altitudinal se considera que el cultivo logrará adaptarse al cambio climático.

La naranjilla es moderadamente resistente a la salinidad[30] pero es relativamente susceptible a enfermedades y plagas en sistemas de monocultivo, especialmente la gota o tizón (*Phytophthora infestans*), fusarium (*Fusarium oxysporum*), antracnosis (*Colletotrichum* spp.), pulgones, mosca blanca y ácaros, que podrían extenderse con el cambio climático. Por ello se ha tratado exitosamente el cruzamiento con especies silvestres resistentes como *S. macranthum*, *S. mammosum*, *S. hirtum*, *S. arboreum* o *S. torvum*[5,8].



Naranjilla

Solanum quitoense

• Álvaro Monteros-Altamirano (Ecuador) • César Tapia (Ecuador) • Marcelo Tacán (Ecuador), National Institute of Agricultural Research (INIAP)

The naranjilla is found in the Solanaceae family of plants and within the Lasiocarpa section (*Solanum quitoense* Lam.). It is a native crop of tropical America with sweet and fragrant fruits desired mainly for the preparation of juices[1,2,3,4]. The fruit has a unique flavor that has been described as "the golden fruit of the Andes" and "the nectar of the gods".5 This species is known by several names: naranjilla, *lulo*, *lulum*, *naranja chiquita*, *naranjilla de castilla*, *quito* or *quito-quito*, *morelle de quito*, *gele terong*, *berenjena de olor*, *nuqui*[2,6,7]. Its susceptibility to pests and diseases and its narrow genetic diversity make cultivation challenging. Without careful production and pest management, planting of naranjilla may cause deforestation and damage to the fragile ecosystem where it is grown[5,8,9].

Geographic distribution

It is commonly grown in the highlands of southern Colombia, north-central Peru, Ecuador, and Venezuela. It is also cultivated in the mountain ranges of Guatemala, Panama and Costa Rica[12,18]. It thrives at an intermediate elevation between 700 and 2,300 meters above sea level[12,16,17]. Outside of the Americas, it has been reported in Africa[19].



Origin

Its narrow climatic adaptation, the presence of trichomes in the fruit, and the latency of seeds points to its semi-domestication[10,11]. There is no archaeological information about the species[12,13], suggesting relatively recent domestication, approximately 1,000 years ago[14]. There are records of its cultivation during the seventeenth century by the Spanish conquistadors in Ecuador and Colombia[5,6]. The primary center of diversity is found in Colombia, Ecuador and Peru with the presence of related wild species in Venezuela, Brazil, Central America and a taxon in Asia[3,12,15,16,17].

Varietal diversity

Two large groups are distinguished: genotypes with a large number of thorns (*S. quitoense* var. *Septentrionale*) and smooth genotypes or with soft villi (*S. quitoense* var. *Quitoense*). The first group with thorns is more common in Colombia, while the second group without thorns is more frequent in Ecuador[10,19,20,21,22,23]. Both groups can be found in Peru. Farmers commonly distinguish varieties by the color of the fruit. The fruit is a globe-like green, orange to red-colored berry with a diameter of 4-8 cm and a weight that ranges between 40-80 grams. The pulp is green with numerous seeds, and has a bittersweet flavor[20,24]. The flowers vary from white to light lilac.

In Ecuador, some known varieties are: Agria, Dulce, Baeza, Septentrional, Bola and INIAP quitoense-2009[7,8,9]. In Colombia, the De Castilla and La Selva varieties are common[25]. According to the Global Biodiversity Information Facility there are 991 accessions of the naranjilla globally, with 192 accessions conserved in the INIAP Ecuador germplasm bank and 390 accessions in the AGROSAVIA Colombia germplasm bank. They are the most complete collections in the Andean region. Limited *in situ* conservation work and studies have been carried out on the species. There is an interspecific hybrid between *S. quitoense* x *S. sessiliflorum* that is called hybrid naranjilla[26].





Economic potential

In recent years, naranjilla has come to the attention of national and international markets due to its organoleptic characteristics, pleasant aroma, and acidic and refreshing taste[41]. It is an exotic fruit that is desired due to its exquisite flavor and the green-orange color of its pulp. It has enormous potential to expand its regional and international market, whether fresh or processed into pulps, jams and other preserves. Naranjilla is not yet known in the Peruvian urban market, but it is the ecotourism destinations, such as Oxapampa, that have positioned the fruit. The current market developed to include naranjilla snack products as well as a dehydrated fruit.

Ecuador and Colombia are the main countries producing the fruit in the Andean region[10], with an estimated area of 5,000 and 5,500 hectares, respectively[25]. It can be planted in monoculture or in integrated crop and forest plots[42]. It is necessary to promote agro-ecological production practices and apply certification and traceability systems. The excessive use of agrochemicals has been a problem in some commercial production areas. Improvements in resistance to pests and diseases will position the fruit favorably for higher production[9,26].

Nutrition

The naranjilla contains minerals (phosphorus, calcium, iron), vitamins B and C, sugars (glucose, fructose, sucrose) and different functional compounds[31,32]. It's characterized by having multiple bioactive compounds: antioxidants, carotenoids, chlorogenic acid, flavanol glycosides and dihydrocafeoyl spermidines[33,34]. The naranjilla has novel nutraceutical properties, such as diuretic and toning properties. It has also been reported that drinking naranjilla juice supports the elimination of toxins present in the body and the elimination of uric acid[35,36].

Nutritional attributes (per 100g fresh weight)[37,38,39,40]

Calcium (mg)	Iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
8.0-48.1	0.4-1.2	0.06	0.04	1.5	4.2-65.0



Gastronomy

It is commonly consumed as a fresh and processed fruit, and is used mainly in the preparation of juices, jams and sweet smoothies. It is an exotic ingredient for sauces in gourmet dishes, chutneys, and in salads with fruits and vegetables[33]. In Ecuadorian gastronomy, it is used in the preparation of stews and sauces that accompany meats as well as sweet preparations such as ice cream, cakes, liqueurs, drinks such as the traditional canelazo, colada morada and chicha[25,36]. It is also used in sour desserts and in recipes that need a sour touch and is particularly appreciated for its aroma[34].

Climate resilience and adaptation

The naranjilla has naturally adapted to conditions of high humidity and cloudiness[9]. Its production is highly influenced by the photoperiod, temperature and precipitation[27,28], and it also requires open pollination by insects[27]. These factors can be controlled or artificially reproduced under greenhouse conditions, but this is expensive[9,29]. Given its wide range of altitude adaptation, it is considered that the crop will be able to adapt to climate change.

The naranjilla is moderately resistant to salinity[30], but it is relatively susceptible to diseases and pests in monoculture systems, especially gout or blight (*Phytophthora infestans*), fusarium (*Fusarium oxysporum*), anthracnose (*Colletotrichum* spp.), aphids, whiteflies and mites, which could spread with climate change. For this reason, crossbreeding with resistant wild species such as *S. macranthum*, *S. mammosum*, *S. hirtum*, *S. arboreum* or *S. torvum* has been successfully executed[5,8].



Papayita de olor

Vasconcellea cundinamarcensis

• John A. Ocampo (Colombia), Universidad Nacional de Colombia • Alejandra Arce (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

De la familia Caricácea, la papaya de olor es la segunda especie más reconocida después de la cosmopolita *Carica papaya* L[1]. Su largo nombre botánico, *Vasconcellea cundinamarcensis* V.M. Badillo = *V. pubescens* (DC) Solms–Laub, da fe de su enrevesada historia biológica dentro del género *Vasconcellea*. A través de los Andes, es también conocida como papayuela, *tapaculo*, *chilacuán*, *sapira* y *chamburo*, papaya arequipeña y papaya de altura[2]. Junto a otras especies nativas, la papaya de olor cumplió una singular función alimentaria y medicinal para las poblaciones autóctonas antes de la llegada de los españoles. Hoy en día, es la más comercial de las 24 especies de papayas de altura. Sin embargo, aún se la aprecia en los huertos caseros de familias campesinas e indígenas, principalmente en Colombia y Ecuador. Algunas culturas, como la Misak en Colombia, confieren al árbol de la papaya de olor un poder místico de abundancia y fertilidad[3].



Origen

La papayita de olor pertenece a una de las 24 especies del género Vasconcellea, dividido en dos linajes bien diferenciados geográficamente. Uno de estos linajes reúne a seis especies endémicas al sur de Ecuador y norte del Perú[4]. El mayor centro de diversidad del complejo *Vasconcellea* se atribuye al segundo grupo de 18 especies en el norte de los Andes, en Colombia y Ecuador. La alta variabilidad morfológica que lo caracteriza, con frutos de diferentes formas y colores, sugiere que su proceso de domesticación aún es incipiente.

Distribución geográfica

La papayita de olor se extiende naturalmente desde Venezuela hasta Bolivia, en las laderas de los Andes entre 1,500 y 3,700 msnm[5]. Su capacidad adaptativa le permite tolerar temperaturas de 12 a 22 °C y prosperar en ecosistemas perturbados con alta luminosidad, pero también en bosques húmedos y llanuras[1,2,4,5]. Fuera de su centro de origen y epicentro de cultivo en Colombia, la papaya de olor hoy se reproduce en Costa Rica, Nueva Zelanda y Chile.



Diversidad varietal

La escasa documentación de esta especie y de sus parientes silvestres dificulta la apreciación de su diversidad. Sin embargo, la selección humana ha generado ecotipos con frutos de gran tamaño, aroma, diversas formas y colores (amarillo, rosado, rojo)[3,5]. Estos se conservan como accesiones en los bancos de germoplasma nacionales de Colombia, Ecuador y Perú, y en los campos de agricultores. El desconocimiento de sus características morfológicas, genéticas, y productivas no ha permitido establecer la variabilidad total de esta promisoria frutícola andina. Misiones de colecta y caracterizaciones de su germoplasma conservado y de nuevas accesiones en los países andinos serán imprescindibles para su uso, conservación y promoción futura. Asimismo, atención a la conservación *in situ*.





Potencial económico

De todas las especies de su género, la papaya de olor ha visto el mayor desarrollo comercial a través de mercados locales que circulan sus frutos en estado fresco, y procesos de valor agregado que los transforman en conservas, sobre todo en Colombia. En el norte de Chile, donde la especie fue introducida, también hay experiencias de industrialización para consumo interno y, en menor medida, exportación[6]. Sin embargo, su consumo local como fruta fresca de ciertas variedades es limitado por efectos de obstrucción intestinal y estreñimiento tras la ingesta de sus semillas[13].

La adaptabilidad y producción continua de este aromático y vistoso fruto a lo largo del año ofrece enorme potencial para su desarrollo y contribución a las economías andinas. Para este fin, serán necesarias caracterizaciones morfológicas, estudios fisicoquímicos y evaluaciones agronómicas que permitan identificar variedades con atributos únicos y exóticos que los diferencien en mercados nicho a nivel nacional e internacional, promocionando las cualidades nutricionales y medicinales de sus frutos, semillas y látex. Mientras que el uso potencial de la papaya de olor en la industria alimentaria, farmacológica, cosmética y aromática abre otros horizontes para su puesta en valor.

Nutrición

Tanto para la alimentación como para uso medicinal, la papaya de olor posee inigualables atributos. Tiene alto contenido de calcio, potasio, vitamina C, betacaroteno y vitamina A, además de aportar hierro, proteína, fibra y agua. Su fruto, semilla y raíz contienen propiedades farmacológicas y digestivas[8]. La enzima proteolítica conocida como papaína que se encuentra en el látex producido por sus frutos actúa como agente desinflamatorio, antiparasitario y bactericida. También se aplica como tópico en caso de infecciones o afectaciones de la piel[8,9]. Mientras que otros estudios sugieren que la preparación de sus hojas en infusión tiene propiedades cardiotónicas[6,8].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[10–12]

Calcio (mg)	Potasio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Beta Caroteno (µg)	Vitamina C (mg)
10-23	242-326	9.1-14.0	0.3-0.9	2493-3783	34.5-70.0



Gastronomía

Preparaciones tradicionales de la papaya de olor consisten en mermeladas, mazamorras y confites que acompañan celebraciones culturales y religiosas. Sin embargo, sus usos gastronómicos pueden ser, a su vez, medicinales. Su cascara cocinada con miel atenúa la tos, y su fruto dorado con mantequilla combate el asma. De sus frutos y hojas se preparan infusiones, jugos y baños calientes para tratar una serie de afectaciones como dolor de cabeza, inflamaciones y presión de la sangre. Son aprovechables, además, sus colores, aromas y flores para usos ornamentales y aromatizantes[3].

Resiliencia climática y adaptación

La papaya de olor se destaca por su capacidad de multiplicación vegetativa por estacas, la resistencia a enfermedades, tolerancia al frio, heladas, y vientos. Además, la actividad enzimática del látex que producen sus frutos y alto contenido de proteínas y vitaminas le confieren adaptabilidad agroecológica y resiliencia climática en los ambientes andinos[4,6]. No obstante, el cambio climático y progresivo abandono del campo por poblaciones andinas podrían comprometer la permanencia de la especie en zonas naturales y huertos campesinos[7].



Mountain papaya

Vasconcellea cundinamarcensis

• John A. Ocampo (Colombia), National University of Colombia • Alejandra Arce (Peru), International Potato Center (CIP)

From the Caricaceae family, the mountain papaya is the second most recognized species after the cosmopolitan *Carica papaya* L[1]. Its long botanical name, *Vasconcellea cundinamarcensis* V.M. Badillo = *V. pubescens* (DC) Solms–Laub, attests to its convoluted biological history within the genus *Vasconcellea*. Across the Andes, it is also known as *papayuela*, *tapaculo*, *chilacuán*, *sapira* and *chamburo*, *papaya arequipeña*, and *papaya de altura*[2]. Along with other native species, the mountain papaya fulfilled a unique food and medicinal function for the autochthonous populations before the arrival of the Spaniards. Today, it is the most commercial of the 24 species of high-altitude papayas. However, it is still found in the home orchards of farming and indigenous families, mainly in Colombia and Ecuador. Some cultures, such as the Misak in Colombia, confer on the mountain papaya tree a mystical power of abundance and fertility[3].

Geographic distribution

The mountain papaya is found naturally from Venezuela to Bolivia, on the slopes of the Andes between 1,500 and 3,700 meters above sea level[5]. Its adaptive capacity allows it to tolerate temperatures from 12 to 22°C and to thrive in disturbed ecosystems with high luminosity, but also in humid forests and plains[1,2,4,5]. Outside of its center of origin and cultivation epicenter in Colombia, today the mountain papaya is cultivated in Costa Rica, New Zealand, and Chile.



Varietal diversity

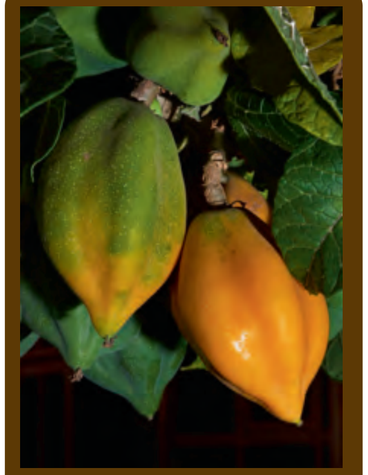
The scarce documentation on this species and its wild relatives makes it difficult to appreciate their diversity. However, human selection has generated ecotypes with fruits of large size, aroma, various shapes and colors (yellow, pink, red)[3,5]. These are conserved as accessions in the national genebanks of Colombia, Ecuador, and Peru, and in farmers' fields. The lack of knowledge about its morphological, genetic, and productive characteristics has prevented the establishment of the total variability of this promising Andean fruit. Collection missions and characterizations of its conserved germplasm and of new accessions in the Andean countries will be essential for its use, conservation, and promotion in the coming years. Likewise, greater attention should be given to their *in situ* conservation.



Origin

The mountain papaya belongs to one of the 24 species of the genus *Vasconcellea*, divided into two geographically well differentiated lineages. One of these lineages includes six endemic species to the south of Ecuador and north of Peru[4]. The largest center of diversity in the *Vasconcellea* complex is attributed to the second group of 18 species in the northern Andes in Colombia and Ecuador. The high morphological variability that characterizes it, with fruit of different shapes and colors, suggests that its domestication process is still incipient.





Economic potential

Of all the species of its genus, the mountain papaya has seen the greatest commercial development through local markets that circulate its fruit in a fresh state, and value-added processes that transform them into preserves, especially in Colombia. In northern Chile, where the species was introduced, it is produced for internal consumption and, to a lesser extent, exported[6]. However, its local consumption as fresh fruit of certain varieties is limited by intestinal obstruction and constipation if its seeds are ingested[13].

The adaptability and continuous production of this aromatic and pleasing fruit throughout the year offers enormous potential for its development and contribution to the Andean economies. For this reason, morphological characterizations, physicochemical studies and agronomic evaluations will be necessary to identify varieties with unique and exotic attributes that differentiate them in niche markets at a national and international level, promoting the nutritional and medicinal qualities of their fruit, seeds, and latex. Meanwhile, the potential use of mountain papaya in the food, pharmacological, cosmetic and aromatic industries provides opportunities to enhance its value.

Nutrition

For both food and medicinal use, mountain papaya has unmatched attributes. It is high in calcium, potassium, vitamin C, beta-carotene, and vitamin A, in addition to providing iron, protein, fiber, and water. Its fruit, seed, and roots contain pharmacological and digestive properties[8]. Papain, a proteolytic enzyme in the latex produced by its fruit, acts as an anti-inflammatory, antiparasitic, and bactericidal agent. It is also applied topically in case of infections or skin damage.8,9 Other studies suggest that the preparation of its leaves as a herbal tea has cardiotonic properties[6,8].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[10–12]

Calcium (mg)	Potasium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Beta Carotene (µg)	Vitamin C (mg)
10-23	242-326	9.1-14.0	0.3-0.9	2493-3783	34.5-70.0



Gastronomy

Traditional preparations of mountain papaya consist of jams, puddings, and preserves that accompany cultural and religious celebrations. Its gastronomic uses can also be medicinal. Its peel, cooked with honey, reduces coughs, and its golden fruit, with butter, suppresses some effects of asthma. Herbal teas, juices, and hot baths are prepared from its fruit and leaves to treat a series of conditions such as headaches, inflammation, and hypertension. In addition, its colors, aromas, and flowers are usable for ornamental and flavoring uses[3].

Climate resilience and adaptation

Mountain papaya stands out for its capacity for vegetative multiplication by staking, resistance to diseases, and tolerance to cold, frost, and winds. In addition, the enzymatic activity of the latex produced by its fruits and a high content of protein and vitamins give it agroecological adaptability and climate resilience in Andean environments[4,6]. However, climate change and progressive abandonment of the countryside by Andean populations could compromise the permanence of the species in natural areas and farmers' gardens[7].





Tuna

Opuntia ficus-indica

• Carlos Ostolaza (Perú), Sociedad Peruana de Cactus y Suculentas, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

La tuna (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) es, sin duda, uno de los cactus comestibles más conocidos a nivel mundial, debido a su extenso cultivo, la bondad de su fruta y sus usos en la gastronomía. *O. ficus-indica* está muy difundida en los Andes. Es conocida principalmente como: tuna, *pupa*, higo, *huaquru*, *mancaullu* o *paullunchu* en quechua[1,2]. Nombres comunes de otras regiones incluyen higo de indias o *chumbera* en España; higo pico, tuno al fruto, tunera o penca en las islas Canarias; y *prickly pear* en los Estados Unidos. En México se conoce como nopal, pero tiene muchos nombres en los idiomas indígenas: *nohpalli* (Náhuatl), *pak'am* (Maya), *vi'ncha* (Mixteco) o *bia* (Zapateco). Dentro de sus múltiples usos está la producción de frutas, forraje y, por supuesto, como hospedero de la cochinilla de grana (*Dactylopius coccus*). En los Andes peruanos se producen tinturas rojas y purpúreas con un alto grado de pureza de ácido carmínico, cuyo uso data de la época precolombina[3]. El Perú es el mayor productor y exportador mundial de cochinilla.

Origen

O. ficus-indica es un pariente cercano de un grupo de tunas arborescentes de frutos carnosos del centro y sur de México. El centro de domesticación se encuentra en el centro de México[4,5]. La hibridación intraespecífica e interespecífica sugiere un origen por evolución a partir de varios grupos ancestrales[6]. El proceso de domesticación fue orientado a la producción de plantas con cladodios sin espinas, frutos grandes y dulces, desarrollándose mucho antes de la llegada de los españoles[7]. Existe evidencia de uso de *Opuntia* spp. por varios grupos étnicos mexicanos y andinos desde hace 8,000 años[8]. Es muy probable que la tuna fuera introducida en los Andes hace miles de años por los intercambios entre culturas mesoamericanas y andinas[4,8].

Distribución geográfica

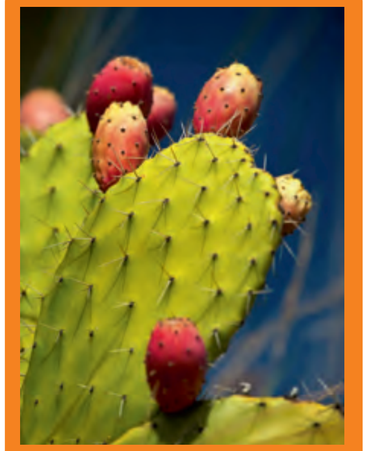
En la actualidad, la tuna se cultiva en muchos países del mundo. Además de México, en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Perú. En los Andes, típicamente se cultiva a pequeña escala para el consumo local del fruto o como hospedera de la cochinilla. Es muy común encontrarla como cerco vivo. Fuera de América, se distribuye en los países que rodean el mar Mediterráneo, tanto el sur de Europa (España, Portugal, Italia y Grecia) como al norte de África (Marruecos, Túnez, Israel y Libia).





Diversidad varietal

Determinar sus relaciones sistemáticas ha resultado difícil por los siglos de selección artificial por diferentes grupos culturales, ambientes distintos y con diversos propósitos, favoreciendo su hibridación y poliploidía. Sin embargo, estos factores han conllevado a una diversidad varietal enorme, que se expresa en el hábito de crecimiento de la planta, presencia o ausencia de espinas en los frutos, color de frutas, entre otros caracteres. Variedades comunes son la tuna verde, blanca, amarilla, roja y morada con o sin espinas. Existen varios bancos de germoplasma a nivel andino. La colección nacional de 179 accesiones del INIA Perú se mantiene en Vizcachayocc, provincia de Huamanga.



Potencial económico

En la actualidad, la tuna es la Cactaceae alimenticia con mayor relevancia económica en el mundo. Sin embargo, existe un gran desafío en aumentar el margen del valor agregado de la fruta en todos sus derivados. Se ha abierto un mercado interesante en base a las propiedades medicinales de la tuna, en especial, por el efecto hipoglicemiante en pacientes con diabetes mellitus no insulino-dependientes. En México y Estados Unidos, se venden cápsulas y tabletas de cladodios en polvo, como suplementos para el control de la diabetes, prevenir dislipidemias, controlar afecciones gastrointestinales y obesidad.

El uso potencial de la cochinilla sigue expandiéndose, no solo como colorante de textiles, sino en la industria alimentaria, como pigmento natural en embutidos y en cosmetología. El aceite de la semilla es otro producto potencial obtenido del procesamiento de la fruta. Además, los frutos presentan una gran cantidad de compuestos con propiedades biofuncionales, nutracéuticas y cosméticas. Sin embargo, no se ha realizado ningún análisis del valor económico del cultivo basado en la obtención de estos compuestos[26]. Los pigmentos de variedades rojas y moradas podrían usarse como aditivos en productos de repostería y lácteos. Estos aditivos se pueden obtener mediante la técnica de microencapsulación de betalaínas[28,29].

Nutrición

Los frutos de la tuna son fuente de nutrientes y vitaminas, especialmente vitamina A y C[10,11,12]; así como también de minerales como calcio, potasio y hierro[13,14]. Contiene además fitoquímicos bioactivos llamados betalaínas, metabolitos secundarios que actúan como pigmentos rojos y amarillos, las cuales poseen una alta actividad antioxidante[15]. Por otro lado, en la pulpa se han encontrado metabolitos secundarios como compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales poseen propiedades antioxidantes[16,17,18]. En conjunto, estos aportes nutricionales y funcionales brindan a esta planta propiedades medicinales tales como: antiflamatoria[19], antihiperlipídico[20,21,22], hipoglucemiante[20,21,22], hepatoprotector[23,24] y neuroprotector[25].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[10-12]

Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (µg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)	Betalaínas (mg)
16-136	0.17-0.30	0.12-0.26	0.01	0.04	0.36	28.0-79.2	0.10-1.04



Gastronomía

La tuna es consumida principalmente en forma fresca y en jugos. También es materia prima para la elaboración de jaleas, mieles y licores. En algunas comunidades andinas también se consumen las pencas de la tuna, llamadas *karas* o paletas, en sopas[8]. El uso en la gastronomía se ha revalorizado en ferias. Es el caso del festival de la tuna en la comunidad de San Bartolomé (Huarochirí, Lima), donde se exponen diferentes platos derivados de la fruta y penca: mermeladas, licores, néctares, entre otros[30]. Para la cocina novoandina las posibilidades de uso de la tuna son ilimitadas. Con ello se elaboran salsas, ensaladas y repostería fina.

Resiliencia climática y adaptación

La tuna es un cultivo rústico que se desarrolla en ambientes áridos y secos. Su éxito ecológico radica en el proceso de fijación de carbono y pérdida de agua. Posee metabolismo del ácido crasuláceo, permitiéndole realizar un uso eficiente del agua y sobrevivir en ambientes semiáridos con apenas 200 a 300 mm de lluvia anual. Tolera largos periodos de sequía, altas temperaturas, vientos y suelos erosionados[6]. Estas características le otorgan un amplio potencial para el cultivo en áreas afectadas por la desertificación y el cambio climático, convirtiéndose en una opción de adaptación para las poblaciones que viven en zonas semiáridas[9].



Prickly pear

Opuntia ficus-indica

• Carlos Ostolaza (Peru), Peruvian Society of Cactus and Succulents, National Agricultural University La Molina (UNALM)

The prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) is undoubtedly one of the best-known edible cacti worldwide, due to its extensive cultivation, the benefits of its fruit and its uses in gastronomy. *O. ficus-indica*, is very widespread in the Andes. It is known mainly as: *tuna*, *pupa*, *higo*, *huaquru*, *mancaullu* or *paullunchu* in Quechua[1,2]. Common names in other regions include higo de indias or chumbera in Spain; higo pico, tuno al fruto, tunera or penca on the Canary Islands; and prickly pear in the United States. In Mexico it is known as nopal, but it has many names in indigenous languages: *nohpalli* (Nahuatl), *pak'am* (Maya), *vi'ncha* (Mixteco) or *bia* (Zapateco). Among its many uses is the production of fruit, forage and as a host for the red mealy bug or cochineal insect (*Dactylopius coccus*) which is a well-known source of important red dye. In the Peruvian Andes, red and purple tinctures are produced with a high degree of purity of carminic acid, whose use dates from pre-Columbian times[3]. Peru is the world's largest producer and exporter of cochineal.

Geographic distribution

At present, the prickly pear is cultivated in many countries of the world. In addition to Mexico, it is cultivated in Argentina, Bolivia, Brazil, Chile and Peru. In the Andes, it is typically cultivated on a small scale for local consumption of the fruit or as a host for the cochineal insect. It is very common to find it as a living fence used in gardens and farms. Outside of the Americas, it is distributed in the countries that surround the Mediterranean Sea, both southern Europe (Spain, Portugal, Italy and Greece) and North Africa (Morocco, Tunisia, Israel and Libya).



Diversidad varietal

Determining relationships of the many *Opuntia ficus-indica* has been difficult due to the centuries of artificial selection by different cultural groups with different purposes and across different environments, favoring their hybridization and polyploidy. However, these factors have led to an enormous varietal diversity, which is expressed in the growth habit of the plant, the presence or absence of thorns on the fruits, the color of the fruits, among other characters. Common varieties are green, white, yellow, red and purple prickly pear with or without thorns. There are several germplasm banks in the Andean countries. The national collection of 179 accessions of INIA Peru is kept in the Vizcachayocc province of Huamanga.





Origin

O. ficus-indica is a close relative of a group of arborescent prickly pears with fleshy fruits from central and southern Mexico. The center of its domestication is located in central Mexico[4,5]. Intraspecific and interspecific hybridization suggests an evolutionary origin from various ancestral groups[6]. The domestication process was oriented towards the production of plants with cladodes without thorns, large and sweet fruits, developing long before the arrival of the Spaniards[7]. There is evidence of the use of *Opuntia* spp. by various Mexican and Andean ethnic groups dating back 8,000 years[8]. It is very likely that the prickly pear was introduced in the Andes thousands of years ago due to exchanges between Mesoamerican and Andean cultures[4,8].



Economic potential

At present, the prickly pear is the most economically important edible cacti in the world. However, there is a great challenge in increasing the margin of the added value of the fruit in all its derivatives. An interesting market has been opened based on the medicinal properties of prickly pear, especially due to its hypoglycemic effect in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. In Mexico and the United States, powdered cladode capsules and tablets are sold as supplements to control diabetes, prevent dyslipidemia, control gastrointestinal conditions, and obesity.

The potential use of cochineal continues to expand, not only as a textile dye, but also in the food industry, as a natural pigment of sausages, and in cosmetology. Seed oil is another potential product obtained from processing the fruit. In addition, the fruits present many compounds with biofunctional, nutraceutical and cosmetic properties. However, no analysis of the economic value of the crop based on obtaining these compounds has been carried out[26]. Pigments of red and purple varieties could be used as additives in bakery and dairy products. These additives can be obtained by the betalain microencapsulation technique[28,29].

Nutrition

The fruits of the prickly pear are a source of nutrients and vitamins, especially vitamin A and C[10,11,12], as well as minerals such as calcium, potassium and iron[13,14]. The plant also contains bioactive phytochemicals called betalains, secondary metabolites that act as red and yellow pigments, which have high antioxidant activity[15]. Secondary metabolites such as phenolic compounds and flavonoids have been found in the pulp, which have antioxidant properties[16,17,18]. Together, these nutritional and functional contributions provide this plant with anti-inflammatory[19], antihyperlipidic[20,21,22], hypoglycemic[20,21,22], hepatoprotective[23,24] and neuroprotective properties[25].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[26,27]

Calcium (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (µg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)	Betalains (mg)
16-136	0.17-0.30	0.12-0.26	0.01	0.04	0.36	28.0-79.2	0.10-1.04



Gastronomy

The prickly pear is consumed mainly fresh and in juices. It is also a raw material in jellies, syrups and liqueurs. In some Andean communities, prickly pear leaves, called *karas* or *paletas*, are also consumed in soups[8]. The use in gastronomy is being valued more at fairs and festivals, such as at the tuna festival in the community of San Bartolomé (Huarochirí, Lima), where different dishes derived from its fruit and stalk are exhibited: jams, liqueurs, nectars, among others[30]. For Novo-Andean cuisine, the possibilities of using prickly pear are unlimited. It can be used to make sauces, salads and fine pastries.

Climate resilience and adaptation

Prickly pear is a hardy crop that grows in arid and dry environments. Its ecological success lies in the process of carbon fixation and water use. It has crassulaceous acid metabolism, allowing it to make efficient use of water and survive in semi-arid environments with just 200 to 300 mm of annual rainfall. It tolerates long periods of drought, high temperatures, winds and eroded soils[6]. These characteristics give it a large potential for cultivation in areas affected by desertification and climate change, making it an option to be cultivated and used by populations living in semi-arid areas[9].



Ayrampo

Opuntia soehrensii

• Merelyn Valdivia-Díaz (Perú) • Fiorella Manchego Jiménez (Perú), consultoras independientes

Conocido como *kiuta* en Quechua y *ayrapo* en aimara, son los nombres comunes del fruto del ayrampo (*Opuntia soehrensii* Britton & Rose), que pertenece a la familia Cactaceae y subfamilia de Opuntioideae[1-3]. El ayrampo crece de forma silvestre en los Andes del sur entre los 1,700 y 4,000 metros de altura[4,6]. El fruto es de color violeta a rojo oscuro, cubierto de espinas y con forma de pera, como las llamadas tunas de las especies de *Opuntia*. En el interior del fruto hay pequeñas semillas ovaladas que varían en intensidad de color. Las semillas producen un tinte violeta claro[7]. El uso del ayrampo como colorante para los alimentos tiene probablemente un origen preincaico y está vinculado a la cocina y la cultura Andinas. Tradicionalmente se utiliza como colorante para preparar bebidas y refrescos, incluida la chicha. Los usos modernos incluyen la preparación de pigmentos naturales, alimentos y bebidas: postres, refrescos y helados[8]. El ayrampo también se utiliza ampliamente en la medicina tradicional andina como laxante y para reducir la fiebre y la inflamación[9,10]. En el campo, se siembra sobre los muros de adobe como cerco vivo[28].

Origen y distribución geográfica

El ayrampo es una especie silvestre endémica y su origen se sitúa entre el sur de Perú y el noroeste de Argentina en los Andes[11]. En la actualidad, el ayrampo está ampliamente distribuido desde el sur de Perú hasta el Altiplano de Bolivia y desde el norte de Chile hasta el norte de Argentina[12,35]. La especie crece en laderas rocosas, matorrales y pastizales de gran altitud, siempre sobre suelos pobres. Está adaptado a climas fríos y secos en toda la región andina del sur, incluyendo la puna, los valles interandinos y ecosistemas semiáridos[14,16].







Diversidad varietal

La amplia distribución ecológica y topográfica permite encontrar al menos 5 especies del género *Opuntia* en la región andina[5,31]. Las variaciones morfológicas incluyen el tamaño y el color de los frutos, el color de las semillas, el color de las flores, la disposición del cladodio y el tamaño de las espinas. Los diferentes hábitats dificultan la identificación de las distintas especies[18,32]. Basándose en el análisis molecular, la especie *Opuntia soehrensii* fue propuesta por Hunt & Iliff[30] en 2000, donde observaron diferencias entre sus semillas y su polen en comparación con las demás *Opuntias*.

Resistencia y adaptación al clima

El ayrampo crece en un amplio rango de gradientes térmicas y altitudinales, prosperando en temperaturas que van desde muy por debajo de 0 hasta 34°C[19]. Puede crecer en entornos áridos con precipitaciones que oscilan entre 10 y 800 mm. Se sabe poco sobre la adaptación del ayrampo al cambio climático, pero su flexibilidad altitudinal y su presencia en hábitats perturbados por el ganado sugieren que es una especie resistente.



Potencial económico

Las tendencias actuales hacia el uso de alimentos y pigmentos naturales, especialmente los que ofrecen beneficios para la salud, pueden proporcionar una oportunidad comercial para el uso de la ayrampo. Las betalaínas tienen una amplia gama de tonos rojos[22]. En el sur de Perú (Arequipa, Cusco), las semillas secas se comercializan a una escala relativamente pequeña, directamente por los agricultores en ferias, en pequeñas tiendas de comestibles y en mercados populares. No existen empresas dedicadas a la industrialización del ayrampo[24]. No hay datos sobre su comercialización en los anuarios de los diferentes Ministerios de Agricultura y Comercio de la región. Cualquier esfuerzo comercial deberá tener en cuenta criterios de sostenibilidad, especialmente las opciones de propagar y cultivar el ayrampo en lugar de recolectarlo de poblaciones silvestres.

El ayrampo tiene potencial medicinal para contrarrestar afecciones cardíacas, enfermedades renales, úlceras, fiebre, dolor de estómago y además tiene propiedades anticancerígenas[19,26,27].

Nutrición

El fruto del ayrampo tiene un alto contenido de minerales, pectinas, vitaminas A, B y C, y pigmentos naturales como las betalaínas[20,21]. Sus semillas contienen alrededor de 1% de betalaínas, lo que es potencialmente importante para la coloración de textiles, fibras y lana[22]. Las betalaínas presentes en las semillas de ayrampo varían en intensidad y gradientes de color: rojo granate oscuro, salmón y amarillo[19].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[23,27]

Proteínas (mg)	Calcio (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B1 (mg)
1.8-8.9	85.0	0.2-1.0	0.2-0.3	0.0-0.1

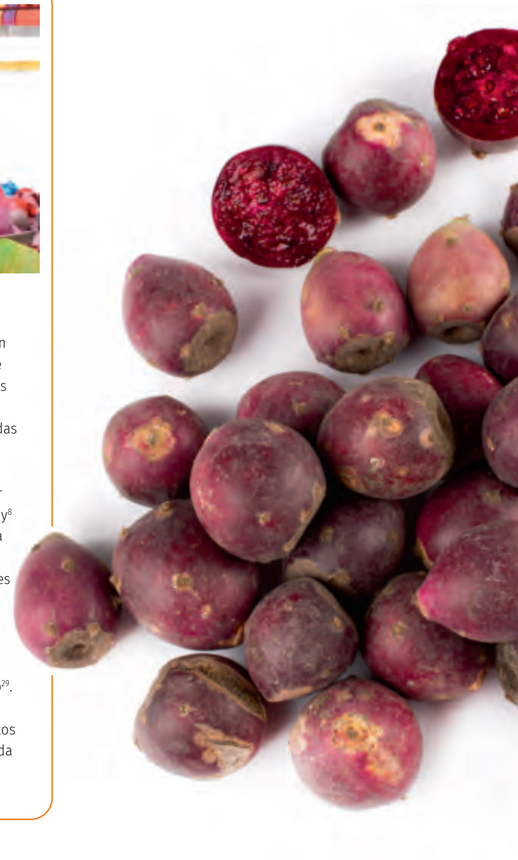


Gastronomía

El ayrampo se puede consumir fresco cuando la fruta está madura y tiene un sabor dulce. Sin embargo, la mayoría de sus usos se derivan de sus semillas, que se secan al sol. Estas semillas proporcionan un color magenta a infusiones, chichas, postres (maicillos y pasteles), limonadas y helados (raspadilla de ayrampo)[8].

En Cusco, Perú, se utiliza para preparar un licor a base de pisco para la fiesta de la Cruz Velacuy[8] y se emplea como colorante alternativo para la famosa frutillada. En Ayacucho, Perú, (llamado localmente *muyuchi*), y Arequipa, los productores locales elaboran helados con bloques de hielo (tradicionalmente obtenidos de los glaciares), ayrampo, azúcar y canela. Un plato tradicional, la mazamorra o *api*, también se elabora con ayrampo, que le proporciona un color rojo vivo[29].

El ayrampo ofrece un gran potencial para que los cocineros y baristas lo incluyan en la reconocida cocina novoandina, tanto en la región andina como en el resto del mundo.



Ayrampo

Opuntia soehrensii

• Merelyn Valdivia-Díaz (Peru) • Fiorella Manchego Jiménez (Peru), independent consultants

The ayrampo, known as *kiuta* in Quechua and *ayrapo* in Aymara, are common names of the fruit of *Opuntia soehrensii* Britton & Rose, which belongs to the family Cactaceae and subfamily Opuntioideae[1,3]. Ayrampo grows wild in the Southern Andes between 1,700 to 4,000 meters of altitude[4,6]. The fruit is violet to dark-red colored, covered with thorns and pear-shaped like the so-called prickly pears of opuntia species. Inside the fruit has small oval seeds which range in color intensities. The seeds produce a clear violet dye[7]. The use of ayrampo as a food colorant likely has a pre-Inca origin and is linked to Andean cuisine and culture. Traditionally it is used as a colorant to prepare drinks and refreshments, including *chicha*. Modern uses include the preparation of natural pigments, foods and drinks: desserts, soft drinks and ice cream[8]. Ayrampo is also widely used in Andean traditional medicines as a laxative and to reduce fever and inflammation[9,10]. On farms, it is used on top of adobe walls as a living fence[28].

Varietal diversity

The wide ecological and topographical distribution makes it possible to find at least 5 species of the genus *Opuntia* in the Andean region[5,31]. Morphological variations include the size and color of the fruits, seed color, flower color, disposition of the cladode, and size of the spines. Different habitats make identification of the various species difficult[18,32]. On the basis of molecular analysis, the species *Opuntia soehrensii* was proposed in 2000 by Hunt & Iliff[30] who observed differences between its seeds and pollen in comparison to the other *Opuntias*.

Origin and geographic distribution

Ayrampo is an endemic wild species, and its origin is located between southern Peru and northwest Argentina in the Andes[11]. Ayrampo is today widely distributed from the south of Peru to the altiplano of Bolivia and from northern Chile to northern Argentina[12,15]. The species grows on rocky slopes, shrublands and high-altitude rangelands in poor soils. Ayrampo is adapted to cold and dry climates across the southern Andean region, including the puna, inter-Andean valleys and semi-arid ecosystems[4,14,16].





Climate resilience and adaptation

Ayrampo grows over a wide thermal and altitudinal gradient range, thriving in temperatures ranging from well below 0 up to 34°C[19]. It can grow in arid environments with precipitation ranging from 10 to 800 mm. Little is known about ayrampo's adaptation to climate change, but its altitudinal flexibility and co-occurrence in disturbed habitats with livestock suggests it is somewhat resilient.



Economic potential

The current trends toward use of functional foods and natural pigments, especially those offering health benefits, can provide a commercial opportunity for use of ayrampo. Betalains have a wide range of red tones[22]. In southern Peru (Arequipa, Cusco), dry seeds are marketed on a relatively small scale, directly by farmers at fairs, in small grocery stores and at popular markets. There are no companies dedicated to the industrialization of the ayrampo[24]. There are no data about its commercialization in the yearbooks of the different Ministries of Agriculture and Trade in the region. Any commercial effort will need to take sustainability criteria into account, especially options to propagate and cultivate ayrampo rather than collect it from wild populations.

Ayrampo has potential to contribute to medicines for heart conditions, kidney disease, ulcers, fever, stomach pain and has anti-carcinogenic properties[19,26,27].

Nutrition

Ayrampo fruit has a high content of minerals, pectins, vitamins A, B, and C, and natural pigments such as betalains[20,21]. Its seeds contain about one percent of betalains which is potentially important for coloring textile, fiber and wool[22]. Betalains present in the ayrampo seeds vary in color intensity and gradients: dark garnet red, salmon and yellow[19].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[23,27]

Protein (mg)	Calcium (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B1 (mg)
1.8-8.9	85.0	0.2-1.0	0.2-0.3	0.0-0.1



Gastronomy

Ayrampo can be eaten fresh when the fruit is ripe and has a sweet taste. However, most of its uses are derived from its seeds which are dried in the sun. These seeds provide a magenta color to infusions, chichas, desserts (*maicillos* and cakes), lemonades and ice creams (*raspadilla de ayrampo*)[8].

In Cusco, Peru, it is used to prepare a Pisco-based liquor for the festival of Cruz Velacuy[8] and used an alternative colorant for the famous frutillada. In Ayacucho, Peru, (locally called *muyuchi*), and Arequipa, local producers make ice cream with blocks of ice (traditionally obtained from glaciers), ayrampo, sugar and cinnamon. A traditional dish, mazamorra or "api", is also made with ayrampo, which gives it a vivid red color[29]. Ayrampo offers great potential to be featured by chefs and bartenders within the popular novo-Andean cuisine, both in the Andean region and worldwide.







COSECHA SILVESTRE

Wild harvest

Agraz y pushgay

Vaccinium meridionale, V. floribundum

• Clara I. Medina (Colombia) • María Cristina García (Colombia), AGROSAVIA

El agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) y el pushgay (*Vaccinium floribundum* Kunth) son conocidos como arándanos andinos o *Andean blueberries*[1,2]. La similitud entre las dos especies ha hecho que en algunos países andinos sean agrupados con el nombre común de mortiño. Son arbustos, de frutos esféricos con diámetros entre 8 y 20 mm de color púrpura cuando están maduros, de sabor agradable y un poco ácido al comerlos frescos[3]. *V. meridionale* se encuentra de manera silvestre en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela[4,5]. En Colombia predomina y es conocido también como agraz, mortiño, *vichachá* o *camueza*, *guarapita*, teta de bruja[6,7,8]. *V. floribundum* es más común en Perú y Ecuador. Es conocida en Perú como pushgay, *macha* y *congama*, en Ecuador como mortiño, uva de los Andes, manzanilla de cerro, raspadura quemada y uva de monte[9], en Bolivia como *frijundilla*, y en Colombia como *agracejo* y mortiño amargo[10].

Origen

El género *Vaccinium* tiene amplia distribución y aproximadamente 450 especies. De estas 36 tienen reportes de usos medicinales o alimentarios[11]. *V. meridionale* y *V. floribundum* tienen un origen andino y se registran como especies nativas en Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela[12,13]. Existe poca información histórica, arqueobotánica y filogenética sobre su origen, pero se supone que fueron ampliamente usados por las culturas precolombinas en el norte de los Andes. Se describe el vocablo mortiño como palabra castellana aplicada a plantas del género *Vaccinium*, nombre introducido por los españoles en América. La primera referencia de la expresión mortiño data de 1548, la cual fue utilizada en la región de Guaca, actual provincia de Carchi, Ecuador, región habitada por el pueblo originario Pastos[14].

Distribución geográfica

El agraz y el pushgay se encuentran en las regiones andinas de bosques nublados, subpáramos y páramos en donde crecen de manera silvestre[12]. El agraz es común en Colombia donde se concentra mayormente en tres departamentos: Antioquia, Boyacá y Cundinamarca[15,7], con una amplia distribución altitudinal, que va desde los 2,000 hasta los 4,000 msnm[15,16]. El agraz se distribuye en ecosistemas con temperaturas 13 y 22°C, y niveles de precipitación anual promedia entre los 900 y 2,100 mm[17].



En Perú, el pushgay se encuentra principalmente el departamento de Cajamarca[18]; en Colombia, en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Nariño, Cauca, Santander y Magdalena[19]; en Ecuador, desde la provincia del Carchi hasta la provincia de Loja, en suelos franco-arenosos con materia orgánica y ambientes con bajas temperaturas, alta humedad relativa y radicación solar[20].



Diversidad varietal

Son escasos los estudios sobre su variabilidad en los países andinos. En base a dos estudios realizados en Colombia, en condiciones heterogéneas de suelo y clima, se tiene evidencia de una alta diversidad de agraz entre poblaciones silvestres. Una caracterización *in situ* en 175 poblaciones de agraz de los departamentos Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Santander, utilizando 24 variables para diferenciar la diversidad, reveló una amplia variabilidad interpoblacional[21].

Se evidencia un alto grado de diversidad genética para el pushgay ecuatoriano; además, un análisis de estructura poblacional sugiere la existencia de distintos grupos genéticos presentes en la sierra norte, central y sur[22]. Sin embargo, las colectas conservadas en bancos de germoplasma son escasas e incompletas. Existen diferentes iniciativas como la colección de germoplasma en Rionegro, Antioquia[21,23]. Los arándanos andinos han sufrido erosión genética por deforestación y extracción no sostenible. Por ello, se requieren medidas para su conservación *in situ*, su propagación en jardines botánicos y su colección y mantenimeinto en bancos de germoplasma.



Potencial económico

Los arándanos andinos son frutos que responden perfectamente al creciente mercado de alimentos funcionales, dadas sus propiedades nutraceúticas y alta capacidad antioxidante atribuida al importante contenido de fenoles totales[40,35]. En el mercado de aditivos tiene demanda como colorante natural. El fruto fresco del agraz se vende comúnmente en los mercados locales de alimentos saludables. Es en el nicho de productos frescos, ecológicos y de origen local que existe un interesante espacio de innovación. Por ejemplo, promoviendo su cultivo sostenible, la asociatividad, certificación y sistemas de trazabilidad. Una importante ventaja que presenta Colombia es que presenta dos cosechas al año[41,33]; y desde 2006 Estados Unidos aprobó la importación de arándanos andinos desde este país[41].

Un reto es que tanto el agraz como el pushgay tienen una alta demanda en el mercado y muy poca oferta. La mayor parte de la producción proviene de procesos extractivos no sostenibles en páramos y bosques andinos, lo que ha traído como consecuencia una sobreexplotación de estos ecosistemas frágiles. Los cultivos comerciales aún son incipientes y por esta razón es importante continuar con el fomento del cultivo sostenible y la regulación de su extracción silvestre según la capacidad de carga de los hábitats.

Nutrición

El agraz y el pushgay son reconocidos por su valor nutraceútico. Contienen hierro, potasio, calcio, fósforo, vitaminas B y C[27]. Su consumo ha sido asociado con propiedades medicinales como prevención del cáncer y retraso de los procesos de envejecimiento[28,29]. Las especies presentan un alto contenido de fenoles y antocianinas[30,31,32], siendo cianidina 3-galactósido, el principal compuesto de antocianina y el ácido clorogénico, el principal compuesto fenólico[30]. Los valores son fuertemente dependientes del grado de madurez de la fruta[33]. Se ha demostrado que los compuestos activos son bioaccesibles[34] y tienen alta actividad antioxidante[35,30].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[39,38,31,30]

Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)	Fenoles totales (mg de AG*)	Antocianinas (mg)
0.5	0.1	0.2	12	60-759	201-329

* = acido gálico



Gastronomía

Los arándanos andinos se pueden consumir crudos directamente como fruta o se pueden usar para la elaboración de diferentes productos como jugos, mermeladas, dulces, flanes, tortas, helados y vinos, entre otros[25]. Presentan la ventaja de que se pueden congelar y procesar sin que se alteren sus características organolépticas y nutricionales. Ofrecen muchas posibilidades para la innovación en la cocina novoandina, desde la elaboración de salsas, macerados hasta repostería fina.

Resiliencia climática y adaptación

El agraz y el pushgay son especies con un amplio rango de adaptación a diferentes temperaturas, niveles de precipitación y condiciones de fertilidad de suelos. Por ello se considera que tiene capacidad de adaptación al cambio climático. La diversidad genética existente puede ser útil para incluir poblaciones en programas de mejoramiento y selección que buscan facilitar la transición de la especie hacia su manejo como un cultivo.

El agraz es empleado en la reforestación de los páramos[6], especialmente en sitios quemados. Es importante por sus servicios ecosistémicos en ambientes silvestres[26]. En estas regiones, los arándanos andinos son fuente de alimento para la fauna silvestre, la cual actúa como dispersores de la semilla[25]. Con ello potencialmente se puede lograr una modalidad de adaptación que beneficia a múltiples especies. Sin embargo, la fragmentación de las poblaciones silvestres por el establecimiento de cultivos comerciales como la papa, el tomate de árbol y la ganadería puede limitar la capacidad de adaptación por la imposibilidad de migrar a nuevos nichos[26].



Agraz and pushgay

Vaccinium meridionale, V. floribundum

• Clara I. Medina (Colombia) • María Cristina García (Colombia), AGROSAVIA

Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) and pushgay (*Vaccinium floribundum* Kunth) are known as Andean blueberries[1,2]. The similarity between the two species has caused them to be grouped in some Andean countries with the common name of mortiño. They are shrubs, with spherical fruit with diameters between 8 and 20 mm, are purple in color when ripe, and have a pleasant, slightly acidic taste when eaten fresh[3]. *V. meridionale* is found in the wild in Colombia, Ecuador, Peru, and Venezuela[4,5]. It predominates in Colombia and is also known as agraz, mortiño, *vichachá* or *camueza*, *guarapita*, and *teta de bruja*[6,7,8]. *V. floribundum* is most common in Peru and Ecuador. It is known in Peru as *pushgay*, *macha*, and *congama*; in Ecuador as *mortiño*, *uva de los Andes*, *manzanilla de cerro*, *raspadura quemada*, and *uva de monte*[9]; in Bolivia as *frijundilla*; and in Colombia as *agracejo* and *mortiño amargo*[10].



Origin

The genus *Vaccinium* has a wide distribution and approximately 450 species. Of these, 36 have reports of medicinal or food uses[11]. *V. meridionale* and *V. floribundum* have an Andean origin and are recorded as native species in Colombia, Ecuador, Peru, Bolivia, and Venezuela[12,13]. There is little historical, archaeobotanical, and phylogenetic information on their origin, but it is assumed that they were widely used by pre-Columbian cultures in the northern Andes. The word mortiño is described as a Spanish word applied to plants of the genus *Vaccinium*, a name introduced by the Spanish in America. The first reference to the word mortiño dates from 1548, and was used in the Guaca region, the present-day Carchi province, in Ecuador, and area inhabited by the native pastos people[14].

Geographical distribution



Agraz and pushgay are found in the Andean regions of cloud forests, sub-moors, and moors where they grow in the wild[12]. Agraz is common in Colombia where it is mainly concentrated in three departments: Antioquia, Boyacá, and Cundinamarca[15,7], with a wide altitudinal distribution, ranging from 2,000 to 4,000 meters[15,16]. Agraz is distributed in ecosystems with temperatures between 13 and 22°C, and average annual precipitation levels between 900 and 2,100 mm[17]. In Peru, pushgay is mainly found in the department of Cajamarca[18]; in Colombia, in the departments of Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Nariño, Cauca, Santander, and Magdalena[19];and in Ecuador, from the province of Carchi to the province of Loja, in sandy-loam soils with organic matter and in environments with low temperatures, high relative humidity, and solar radiation[20].

Climate resilience and adaptation

Agraz and pushgay are species with a wide range of adaptation to different temperatures, precipitation levels, and soil fertility conditions. For this reason, it is considered to have the capacity to adapt to climate change. The existing genetic diversity could be useful to include populations in programs of improvement and selection that seek to facilitate the transition of the species towards its management as a crop. Agraz is used in the reforestation of the moors[6], especially in burned sites. It is important due to its ecosystem services in wild environments[24]. In these regions, Andean blueberries are a food source for wildlife, which acts as seed dispersers[25]. This can potentially achieve a modality of adaptation that benefits multiple species. However, the fragmentation of wild populations due to the establishment of commercial crops such as potatoes and tree tomatoes, as well as livestock, can limit the capacity for adaptation due to the challenge of migrating to new niches[26].



Economic potential

Andean blueberries are a fruit that responds perfectly to the growing market for functional foods, given their nutraceutical properties and high antioxidant capacity attributed to the significant content of total phenols[40,35]. In the additive market, it is in demand as a natural colorant. The fresh agraz fruit is commonly sold in local health food markets. It is in the niche of fresh, organic, and locally sourced products where there is an interesting space for innovation and can be promoted through its sustainable cultivation, associativity, certification, and traceability systems. An important advantage that Colombia presents is that it produces two harvests per year[41,33]; and in 2006 the United States approved the importation of Andean blueberries from that country[41].

One challenge is that both agraz and pushgay have a high demand in the market and very little supply. Most of the production comes from non-sustainable extractive processes in Andean moors and forests, which has resulted in an overexploitation of these fragile ecosystems. Commercial crops are still emerging and for this reason it is important to continue promoting sustainable cultivation models and practices and regulating their wild extraction according to the carrying capacity of the habitats.

Nutrition

Agraz and pushgay are recognized for their nutraceutical value. They contain iron, potassium, calcium, phosphorus, and vitamins B and C[27]. Its consumption has been associated with medicinal properties such as cancer prevention and delay of aging processes[28,29]. The species have a high content of phenols and anthocyanins[30,31,32], of which cyanidin 3-galactoside is the main anthocyanin compound and chlorogenic acid is the main phenolic compound[30]. The values are strongly dependent on the degree of maturity of the fruit[33]. The active compounds have been shown to be bioaccessible[34] and to have high antioxidant activity[35,30].

Nutritional and functional attributes (per 100 g fresh weight)[39,38,31,30]

Iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)	Total phenols (mg de AG*)	Anthocyanins (mg)
0.5	0.1	0.2	12	60-759	201-329

* = acido gálico



Gastronomy

Andean blueberries can be consumed raw directly as fruit or they can be used to make different products such as juices, jams, sweets, flans, cakes, ice creams and wines, among others[25]. They have the advantage that they can be frozen and processed without altering their organoleptic and nutritional characteristics. They offer many possibilities for innovation in Novo-Andean cuisine, from the preparation of sauces and marinades to fine pastries.

Varietal diversity

Studies on its variability in the Andean countries are scarce. Based on two studies carried out in Colombia, under heterogeneous soil and climate conditions, there is evidence of a high diversity of agraz among wild populations. An *in situ* characterization in 175 populations of agraz from the departments of Antioquia, Boyacá, Cundinamarca, Nariño, and Santander, using 24 variables to differentiate diversity, revealed a wide interpopulation variability[21]. Another study in 20 populations of agraz from Boyacá, Cundinamarca, Santander, and Nariño, also showed evidence of high intrapopulation variability, with plant height, stem diameter, and foliar density being the traits with the greatest differentiation capacity[15].

Evidence shows a high degree of genetic diversity for Ecuadorian pushgay; furthermore, an analysis of the population structure suggests the existence of different genetic groups present in the northern, central, and southern highlands[22]. However, the collections conserved in gene banks are scarce and incomplete. There are different initiatives such as the gene bank collection in Rionegro, Antioquia[21,23]. Andean blueberries have suffered genetic erosion due to deforestation and non-sustainable extraction. Therefore, measures are required for its *in situ* conservation, its propagation in botanical gardens, and its collection and maintenance in genebanks.



Cushuro

Nostoc sphaericum

• Stef de Haan (Perú), Vaibhav Chaudhary (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), consultora independiente

El cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault) es un alga que crece en lagunas y charcos en regiones altoandinas. En realidad, son colonias de cianobacterias que pertenecen a la familia Nostocaceae, cuyo color varía entre verde azulado a marrón dependiendo de la concentración de clorofila, ficocianina y otros pigmentos. Forman esferas de 10 a 25 mm en diámetro similares a las uvas y son parte de la alimentación tradicional andina debido a su alto nivel nutricional[1-2]. En los Andes, el cushuro también se conoce como *murmunta*, *yuyucha*, *llayta*, *machamacha*, *rachapa*, *shugur*, *ululuma*, *ururupsha*, *ururupa*, uvas de laguna o jugadores[3]. Es un recurso silvestre recolectado de las lagunas altoandinas por los pobladores en Bolivia, Ecuador y Perú[1]. Algunas especies de *Nostoc* contienen un pigmento que absorbe los rayos UV-A / B, lo que permite que las algas sobrevivan en áreas con radiación ultravioleta extrema y estrés por hidratación[4-6]. Hoy en día al cushuro se lo denomina "el alimento del futuro" porque es altamente nutritivo y puede contribuir a una dieta saludable y a la lucha contra la anemia por su alto contenido de hierro[7].

Origen

Las cianobacterias fueron los primeros organismos fotosintetizadores aeróbicos y por ende los más antiguos del planeta, creadores de la actual atmósfera en la que vivimos, al liberar oxígeno como parte del proceso de fotosíntesis. Se originaron en el Precámbrico, hace 2,700 millones de años, dominando la biota del planeta por más de 1,500 millones de años[8]. El uso tradicional de especies de *Nostoc* en la alimentación no se restringe a los Andes: ha evolucionado independientemente en las culturas alimentarias de China, Filipinas, Tailandia, Japón y Fiji[9].

El cushuro es nativo de los Andes. Lamentablemente existen pocas evidencias arqueobotánicas y genéticos sobre su origen. El primer registro botánico del cushuro data de 1892 y se atribuye al botánico y micólogo sueco Nils Gustaf Lagerheim, entonces director del Jardín Botánico de Quito, quien reportó su presencia en Ecuador y Bolivia. Se asume que fue parte de la dieta del poblador andino como alimento complementario desde la era de los cazadores y recolectores. Se ha sugerido que su uso fue más difundido durante el imperio incaico, quedando relegado después de la conquista española[1].



Distribución geográfica

Nostoc es un género común en diversos hábitats: suelos, estanques de agua y superficies de rocas que se mantienen húmedas. El cushuro se encuentra a altitudes mayores a los 3,000 msnm, sobre todo en lagunas altoandinas cristalinas, ricas en nitrógeno, cloruro de calcio y sulfatos de magnesio[10]. En Perú, crece desde el sur al norte con mayor uso en las regiones de Áncash, Junín, Cajamarca, Huánuco, Cusco y Puno. En Bolivia se encuentra en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, y en Ecuador desde Loja hasta Pichincha. En época lluviosa es notorio su crecimiento por lo que su recolección comúnmente se da al inicio de este periodo, entre diciembre y febrero.



Resiliencia climática y adaptación

Todo indica que el cushuro es una especie muy rústica. La capacidad de las cianobacterias para resistir los ciclos de congelación y descongelación hace que el cushuro viva en entornos extremos de temperaturas bajas y altos niveles de radiación[1,10]. Es capaz de vivir en climas con temperaturas menores a 0°C, habiéndose encontrado hasta los 5,000 msnm en atmósferas pobres en oxígeno. Además, el cushuro es resistente a radiación ultravioleta intensa. *Nostoc* se reproduce a través de la formación de esporas llamadas akinetes. Pueden permanecer en estado latente durante años, hasta que las lluvias las rehidratan[13,14]. El efecto del cambio climático en los ciclos de hidrológicos, sobre todo en un contexto de desglaciación y retroceso de lagunas, puede afectar negativamente al cushuro.



Potencial económico

Las microalgas se utilizan cada vez más como ingredientes en alimentos saludables porque son una valiosa fuente natural de compuestos bioactivos de gran valor en lugar de ser tan solo un insumo culinario[27]. Con 12,000 lagunas en el Perú y muchas más en los Andes, existe un gran potencial para desarrollar una bioeconomía en base al manejo y cultivo sostenible del cushuro. Actualmente el cushuro se recolecta principalmente para uso doméstico en la cocina local. Se puede encontrar cantidades pequeñas en los mercados populares en las ciudades intermedias, pero en la actualidad no existe el volumen, ni la tecnología o capacidad de carga para abastecer a los mercados emergentes.

El potencial económico del cushuro radica principalmente en sus propiedades nutricionales, como suplemento alimenticio, por el alto contenido de proteínas, hierro y calcio, y como ingrediente singular y novedoso para el sector de gastronomía. Los programas públicos de protección social y de asistencia alimentaria a grupos vulnerables, especialmente aquellos que atienden a niños con anemia y la población escolar, podrían potencialmente ser un mercado cautivo. Para ello se requiere inversión en ciencia e innovación desde la producción, sostenibilidad ambiental, eficacia nutricional e inclusión social hasta la transformación en productos alimenticios con aceptación por parte del consumidor.

Nutrición

Hay evidencia que las cianobacterias son de una alta calidad nutricional[15,16]. El cushuro en particular es considerado un alimento de altísimo potencial para promover dietas saludables, principalmente por sus propiedades nutracéuticas y alto contenido de proteínas, calcio y hierro. Además, contiene yodo y las vitaminas A, B, C, D, E. Para una muestra fresca de 100 g se ha reportado valores de 98.4% de humedad y 0.7 g, 0.07 mg y 53 mg de proteínas, hierro y calcio, respectivamente[17]. Para el caso del cushuro deshidratado los valores nutricionales reportados son muy elevados[10,18]. Además se le atribuyen propiedades medicinales[19,20].

En algunos medios se ha indicado que el cushuro es "el milagro andino" porque posee "más hierro que un plato de lentejas y más calcio que la leche"[10,21]. También se ha sugerido que el cushuro pudiera ser un aliado clave en la lucha contra la anemia en el Perú[22]. El valor nutricional del cushuro deshidratado ciertamente lo sugiere. Sin embargo, se debe considerar que el cushuro se consume mayormente fresco, como suplemento y en cantidades pequeñas, que actualmente no existe una gran oferta comercial, y que hacen falta estudios de biodisponibilidad y eficacia.

Atributos nutricionales (por 100 g peso seco)[1,7,10,13,17,18,23-25]

Proteínas (g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina C (mg)
20-35	145-1902	64-258	4.1-121.0	0.2	0.4	2.0-2.4

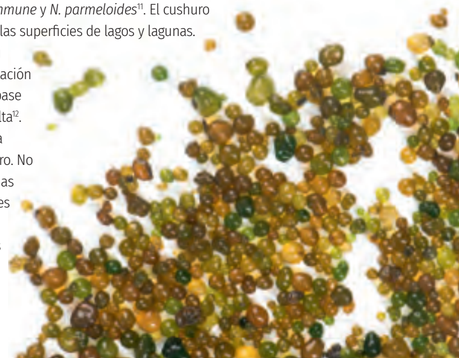


Gastronomía

Tradicionalmente se utiliza cushuro fresco en la preparación de los chupes y ajiacos como un suplemento nutritivo y decorativo. En Cusco lo venden como snack en combinación con el tarwi. En algunas regiones es consumida en potajes especiales para la Semana Santa o en Todos los Santos[28]. Existe un interés creciente en la cocina novoandina por incluir algas comestibles por sus especiales propiedades culinarias y aporte nutricional[27]. Hoy en día denominado como el "caviar andino"', se presta para diversas preparaciones novedosas desde mermeladas, ensaladas, solteritos, mazamorras y ceviches,

Diversidad varietal

Se han encontrado al menos 17 especies de *Nostoc* en la zona andina[1]. En Puno, Perú, el cushuro (*N. sphaericum*) comparte su hábitat con otras especies de *Nostoc*: *N. verrucosum*, *N. commune* y *N. parmeloides*[11]. El cushuro forma colonias gelatinosas esféricas que flotan libremente en las superficies de lagos y lagunas. Contiene dos pigmentos, ficocianina azul y ficoeritrina roja, así como clorofila. Dependiendo de la zona de recolección y la estación del año, los recolectores distinguen diferentes variedades en base a la coloración[10]. La diversidad genética de cianobacterias es alta[12]. Sin embargo, hay un déficit de estudios regionales acerca de la diversidad, distribución y el estado de conservación del cushuro. No existen bancos de germoplasma y probablemente las estrategias de conservación *in situ* continuarán siendo las más importantes y eficientes para conservar a la especie. El cushuro prospera en aguas limpias. La contaminación, los desechos sólidos y las actividades mineras amenazan su conservación.



Cushuro

Nostoc sphaericum

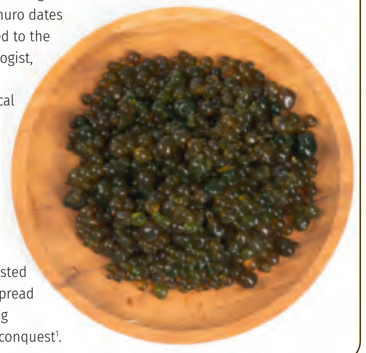
• Stef de Haan (Peru), Vaibhav Chaudhary (Peru), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), independent consultant

Cushuro (*Nostoc sphaericum* Vaucher ex Bornet & Flahault) is an algae that grows in ponds and lakes in high Andean regions. They are actually colonies of cyanobacteria that belong to the Nostocaceae family, whose color varies from bluish-green to brown depending on the concentration of chlorophyll, phycocyanin, and other pigments. They form spheres of 10 to 25 mm in diameter similar to grapes and are part of the traditional Andean diet due to their high nutritional level[1-2]. In the Andes, cushuro is also known as *murmunta*, *yuyucha*, *llayta*, *machamacha*, *rachapa*, *shugur*, *ululuma*, *ururupsha*, *ururupa*, *uvas de laguna*, or *jugadores*[3]. It is a wild resource collected from the high Andean lakes by inhabitants in Bolivia, Ecuador and Peru[1]. Some *Nostoc* species contain a pigment that absorbs UV-A / B rays, allowing the algae to survive in areas with extreme ultraviolet radiation and hydration stress[4-6]. Nowadays, cushuro is called "the food of the future" because it is highly nutritious and can contribute to a healthy diet and the fight against anemia due to its high iron content[7].

Origen

Cyanobacteria were the first aerobic photosynthesizing organisms and therefore the oldest on the planet. By releasing oxygen as part of the photosynthesis process, they are the creators of the current atmosphere in which we live. They originated in the Precambrian Era, 2.7 billion years ago, dominating the planet's biota for more than 1.5 billion years[8]. The traditional use of *Nostoc* species in food is not restricted to the Andes: it has evolved independently in the food cultures of China, the Philippines, Thailand, Japan and Fiji[9].

Cushuro is native to the Andes. Unfortunately, there is little archaeobotanical and genetic evidence about its origin. The first botanical record of cushuro dates back to 1892 and is attributed to the Swedish botanist and mycologist, Nils Gustaf Lagerheim, then director of the Quito Botanical Garden, who reported its presence in Ecuador and Bolivia. It is assumed that it was part of the diet of the Andean population as a complementary food since the era of hunters and gatherers. It has been suggested that its use was more widespread during the Inca Empire, being relegated after the Spanish conquest[1].



Geographic distribution

Nostoc is a common genus in various habitats: soils, ponds and rock surfaces that remain moist. Cushuro is found at altitudes greater than 3,000 meters above sea level, especially in crystal-clear high Andean lakes, rich in nitrogen, calcium chloride and magnesium sulfates[10]. In Peru, it grows from the south to the north with greater use in the regions of Áncash, Junín, Cajamarca, Huánuco, Cusco and Puno. In Bolivia, it is found in the departments of La Paz, Oruro and Potosí, and in Ecuador from Loja to Pichincha. In the rainy season its growth is substantial, so its collection usually occurs at the beginning of this period, between December and February.



Climate resilience and adaptability

There are many indicators that cushuro is a very hardy species. The ability of cyanobacteria to withstand freeze-thaw cycles causes cushuro to live in extreme environments of low temperatures and high levels of radiation[1,10]. It is capable of living in climates with temperatures below 0°C, having been found up to 5,000 meters above sea level in oxygen-poor atmospheres. In addition, cushuro is resistant to intense ultraviolet radiation. *Nostoc* reproduces through the formation of spores called akinetes. They can remain dormant for years, until the rain rehydrates them[13,14]. The effect of climate change on hydrological cycles, especially in a context of melting glaciers and shrinking lakes, can negatively affect cushuro.





Economic potential

Microalgae are increasingly used as ingredients in health foods because they are a valuable natural source of high-value bioactive compounds rather than just a culinary input[27]. With 12,000 lakes found in Peru and many more in the Andes, there is great potential to develop a bio economy based on the sustainable management and cultivation of cushuro. Currently cushuro is collected mainly for domestic use in local cuisine. Small quantities can be found in popular markets in mid-sized cities, but currently there isn't the volume, technology or cargo capacity to supply emerging markets.

The economic potential of cushuro lies mainly in its nutritional properties, as a dietary supplement, due to the high content of protein, iron and calcium and as a unique and novel ingredient for the gastronomy sector. Public social protection and food assistance programs for vulnerable groups, especially those serving children with anemia and the school population, could potentially be a captive market. This requires investment in science and innovation from production, environmental sustainability, nutritional efficacy and social inclusion to the transformation into food products with acceptance by the consumer.

Nutrition

There is evidence that cyanobacteria are of high nutritional quality[15,16]. Cushuro in particular is considered a food with a very high potential to promote healthy diets, mainly due to its nutraceutical properties and high protein, calcium and iron content. In addition, it contains iodine and vitamins A, B, C, D, E. For a fresh sample of 100 g, values of 98.4% humidity and 0.7 g, 0.07 mg and 53 mg of protein, iron and calcium, respectively, have been reported[17]. In the case of dehydrated cushuro, the reported nutritional values are very high[10,18]. In addition, medicinal properties are attributed to it[19,20].

In some sources it has been indicated that cushuro is "the Andean miracle" because it has "more iron than a plate of lentils and more calcium than milk"[10,21]. It has also been suggested that cushuro could be a key ally in the fight against anemia in Peru[22]. The nutritional value of dried cushuro certainly suggests so. However, it should be considered that cushuro is consumed mostly fresh, as a supplement and in small quantities, for which currently there is not a great commercial supply, and that bioavailability and efficacy studies are needed.

Nutritional Attributes (per 100 g dry weight)[1,7,10,13,17,18,23-25]

Protein (g)	Calcium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin C (mg)
20-35	145-1902	64-258	4.1-121.0	0.2	0.4	2.0-2.4

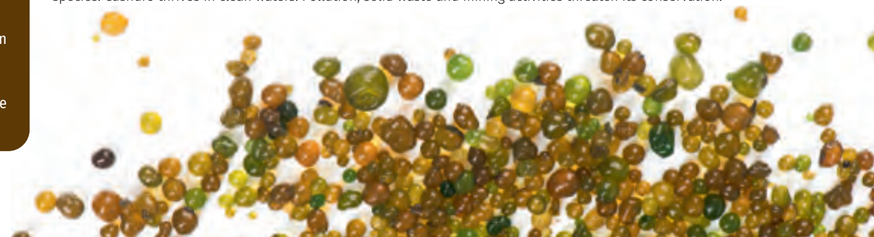


Gastronomy

Fresh cushuro is traditionally used in the preparation of soups and stews as a nutritional and decorative supplement. In Cusco they sell it as a snack in combination with tarwi. In some regions it is consumed in special stews for Holy Week or All Saints' Day[28]. There is a growing interest in Novo-Andean cuisine for including edible algae due to its special culinary properties and nutritional contribution[27]. Nowadays coined the "Andean caviar", it lends itself to various novel preparations from jams, salads, solterito salads, puddings and ceviche.

Diversidad varietal

At least 17 species of *Nostoc* have been found in the Andean zone[1]. In Puno, Peru, cushuro (*N. sphaericum*) shares its habitat with other *Nostoc* species: *N. verrucosum*, *N. commune* and *N. parmeloides*[11]. Cushuro forms spherical gelatinous colonies that float freely on the surfaces of lakes and ponds. It contains two pigments, blue phycocyanin and red phycoerythrin, as well as chlorophyll. Depending on the collection area and the time of year, the people collecting them distinguish different varieties based on coloration. The genetic diversity of cyanobacteria is high[12]. However, there is a deficit of regional studies on the diversity, distribution and conservation status of cushuro. There are no germplasm banks and in situ conservation strategies will probably continue to be the most important and efficient to conserve the species. Cushuro thrives in clean waters. Pollution, solid waste and mining activities threaten its conservation.



Huaroco

Austrocylindropuntia floccosa

• Carlos Ostolaza (Perú), Sociedad Peruana de Cactus y Suculentas, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

El huaroco es un cactus altoandino cuyos frutos se colectan y consumen entre los meses de febrero a junio. Huaroco es el nombre vulgar de *Austrocylindropuntia floccosa* (Salm-Dyck ex Winterfield) Ritter. Pertenece a la subfamilia Opuntioideae (familia Cactaceae). También es conocida en quechua como *huaruqu*, *huaraco*, *huaraqu*, *rocka*, *huaraccoquishka*, *hualau*, *hualujo* y *milhuash-hualujo*[1-4]. Asimismo, el nombre específico alude a los mechones de suave pelo blanco o gloquidios que cubren los segmentos[5]. Se caracteriza por formar extensas matas o colonias compactas, que parecen a la distancia parches de nieve[6,2].

Origen

Los arqueólogos John Rick y Ramiro Matos encontraron, en 1980, en unos basurales próximos a la cueva de Pachamachay, cerca del lago Junín a 4,200 msnm, gran cantidad de semillas de *Opuntia* sp, junto con restos óseos de camélidos. Ellos postulan que este hallazgo muestra la dieta de cazadores y recolectores nómades de la puna con un fechado al C14 de 11,800 años de antigüedad[7].

Los cronistas Juan de Betanzos[8] en 1551 y Cristóbal de Molina[9] en 1575, narran una ceremonia importante de los incas en la cual empleaban un cactus. Son las fiestas del *huarachicuy*[1], en los meses de noviembre y diciembre, donde competían los jóvenes de la nobleza incaica en destreza, fortaleza y resistencia, para convertirse en Hijos del Sol[10]. Betanzos[8] informa que durante dicha ceremonia "sus parientes los apedreaban con unas tunas". Molina[8] relata que, en diciembre los jóvenes Hijos del Sol sostenían un combate y "se tiraban hondazos con una que llaman coco, que se da en unos cardones"[9]. El botánico cusqueño Fortunato Herrera sostiene que se trataría de los frutos de *A. floccosa*[11,12].

El cronista jesuita Bernabé Cobo describe al huaroco en 1653 en estos términos: "otras matas vemos por los páramos deste (reino cubiertas con un vello blanco a modo de algodón, en tanta cantidad que parece cada mata un vellón de lana blanca tendida en el suelo o amontonada"[13]. Se refirió a la fruta, diciendo: "suelen comer los indios esta frutilla, sin embargo que es desabrida y nada apetitosa"[13].

Distribución geográfica

El huaroco es una de las muy pocas especies alimenticias que crece exitosamente hasta los 4,800 msnm. En las alturas forma colonias cespitosas cubiertas de pelo blanco. En Perú su distribución abarca las regiones de Cajamarca, Áncash, La Libertad, Lima, Junín, Pasco, Huancavelica, Ayacucho, Cusco, Arequipa y Puno. En Bolivia crece en los departamentos de La Paz y Cochabamba, entre 3,600 a 4,800 msnm[13,14]. Sus pequeños frutos son comestibles y se consumen en el centro y sur del Perú[13].



Diversidad varietal

A. floccosa cuenta con dos subespecies: *Austrocylindropuntia floccosa* subsp. *crispicrinita*[15] y *Austrocylindropuntia floccosa* subsp. *yanganucensis*[16]. Se conoce muy poco sobre la diversidad genética en y entre poblaciones. La conservación del huaroco ocurre básicamente *in situ* en las comunidades altoandinas. Algunos jardines botánicos y coleccionistas de cactáceas también conservan accesiones.



Resiliencia climática y adaptación

El huaroco es altamente tolerante a las inclemencias climáticas de las punas altoandinas de Perú y Bolivia, llegando a adaptarse exitosamente a hábitats por encima de 4,000 msnm donde el estrés abiótico ocasionado por heladas, granizadas y sequias es muy intenso[14,17]. A pesar de su rusticidad, la especie podría verse afectada por el calentamiento global. Las poblaciones silvestres están en una estrecha franja altitudinal y se desconoce su capacidad de adaptación y migración bajo un escenario de cambio climático.



Potencial económico

Es una fruta silvestre muy exótica y en la actualidad solamente conocida por los pastores y agricultores altoandinos. Sin duda tiene un alto potencial para la cocina novoandina. Sin embargo, como todos los recursos silvestres con poblaciones relativamente pequeñas, es necesario tener planes de gestión sostenible que tomen en cuenta la capacidad de recuperación de la especie.

Se han realizado investigaciones básicas sobre el efecto del huaraco como coagulante para la remoción de metales pesados en aguas provenientes de actividades mineras[20], así como en la disminución de la turbidez en aguas contaminadas[20]. Sin embargo, se debe incidir en la promoción de investigaciones relacionadas a las propiedades nutricionales y medicinales[2] de esta especie nativa. Asimismo, estudios de propagación, manejo sostenible y restauración.

Nutrición

No existen estudios específicos sobre el valor nutricional, la composición química o propiedades nutracéuticas del huaroco. Estudios etnobotánicos afirman que la forma común de consumo es como una fruta fresca[18,19]. Ofrece diversidad alimenticia a los pastores de altura quienes generalmente tienen poco acceso a frutas. Se considera nutritiva y excelente para calmar la sed. Dentro de las propiedades que se le atribuyen está la de disminuir la turbidez del agua[20]. En la medicina andina se considera antibacteriana y desinflamante frente a abscesos, tumores e infecciones menores[21,2].





Gastronomía

El consumo estacional del fruto en fresco es una tradición ancestral que mantienen los pobladores altoandinos[18]. Recientemente, con el impulso de las ferias gastronómicas regionales, se ha promovido su revalorización en la cocina campesina mediante el rescate, la preparación y presentación de platos típicos de cada zona. Además, se han elaborado mermeladas, mazamorras y postres con este fruto, las cuales son sumamente agradables al paladar[22]. Para la cocina altoandina ofrece muchas posibilidades, siempre y cuando se promueva su uso responsablemente con garantías ambientales y responsabilidad social.



Huaroco

Austrocylindropuntia floccosa

• Carlos Ostolaza (Peru), Peruvian Society of Cactus and Succulents, National Agricultural University La Molina (UNALM)

Huaroco is a cactus from the Andean highlands, and the fruits are collected and consumed from February to June. Huaroco is the common name for *Austrocylindropuntia floccosa* (Salm-Dyck ex Winterfield) Ritter. It belongs to the Opuntioideae subfamily (Cactaceae family). It is also known in Quechua as *huaruqu*, *huaraco*, *huaraqu*, *rocka*, *huaraccoquishka*, *hualau*, *hualujo* and *milhuash-hualujo*[1–4]. Likewise, the specific name refers to the tufts of soft white hair or glochids that cover the segments[5]. It is characterized by the formation of extensive bushes or compact colonies, which from a distance look like patches of snow[6,2].

Geographic distribution

Huaroco is one of the very few food species that grows successfully at 4,800 masl. In the highlands, it forms clumps of tussock colonies covered with white hair. In Peru, its distribution stretches across the regions of Cajamarca, Ancash, La Libertad, Lima, Junín, Pasco, Huancavelica, Ayacucho, Cusco, Arequipa and Puno. In Bolivia, it grows in the departments of La Paz and Cochabamba, between 3,600 and 4,800 meters[13,14]. Its small fruits are edible and are consumed in central and southern Peru[13].





Origin

In 1980, archaeologists John Rick and Ramiro Matos found a large quantity of *Opuntia* sp. seeds along with skeletal remains of camelids near the Pachamachay cave, close to Lake Junín at 4,200 meters above sea level. Using carbon-14 dating methods, they believe the remains to be 11,800 years old and indicate the diet of nomadic hunters and gatherers of the puna included cactus[7].

The chroniclers Juan de Betanzos[8] in 1551 and Cristóbal de Molina[9] in 1575, narrate an important ceremony of the Incas in which they used a cactus. They describe the festival of huarachicuy[1], in the months of November and December, where the young people of the Inca nobility competed in skill, strength and resistance, to become Children of the Sun[10]. Betanzos[8] reports that during the ceremony "his relatives stoned them with some tunas". Molina[8] describes how in December, the young Children of the Sun fought and "threw slingshot at each other with one they call coco, which they find in giant cacti"[9]. The Cusco botanist Fortunato Herrera maintains that these would be the fruits of *A. Floccosa*[11,12].

The Jesuit chronicler Bernabé Cobo describes the huaroco in 1653 in these terms: "we see other bushes in the moors from this kingdom covered with white hair like cotton, in such quantity that each bush seems to be a fleece of white wool lying on the ground, or piled up"[13]. He referred to the fruit, saying: "Indians usually eat this fruit, however it is tasteless and not at all appetizing"[13].

Varietal diversity

A. floccosa has two subspecies: *Austrocylindropuntia floccosa* subsp. *crispicrinita*[15] and *Austrocylindropuntia floccosa* subsp. *Yanganucensis*[16]. Very little is known about genetic diversity within and between populations. The conservation of huaroco occurs basically in situ in the highest Andean communities. Some botanical gardens and cactus collectors also preserve accessions.





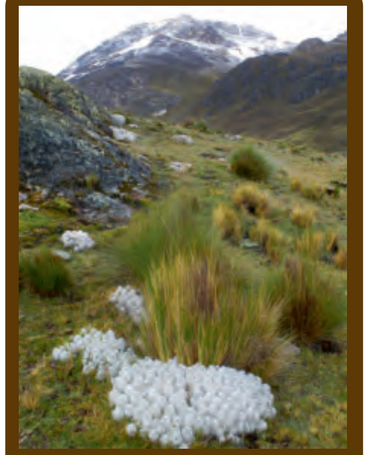
Nutrition

There are no specific studies on the nutritional value, chemical composition, or nutraceutical properties of huaroco. Ethnobotanical studies affirm that the common form of consumption is as a fresh fruit[18,19]. It offers nutritional diversity to highland herders who generally have little access to fruit. It is considered nutritious and excellent for quenching thirst. Huaroco can help improve water clarity[20]. In Andean medicine, it is considered antibacterial and anti-inflammatory against abscesses, tumors, and minor infections[21,2].



Gastronomy

The seasonal consumption of fresh fruit is an ancestral tradition maintained by the Andean people in the highlands[18]. Recently, regional gastronomic fairs have led to the revaluation of rural cuisine promoted through the rescue, preparation, and presentation of typical dishes from each area. In addition, tasty jams, puddings and desserts have been made with this fruit[22]. Huaraco offers many possibilities for expansion to new markets as an exotic Andean cuisine but must be responsibly promoted and carefully harvested to protect the environment while providing fair compensation to collectors.



Economic potential

It is a very exotic wild fruit and currently only known by high altitude Andean shepherds and farmers. It undoubtedly has high potential for Novo-Andean cuisine. However, like all wild resources with relatively small populations, it is necessary to have sustainable management plans that consider the resilience of the species.

Basic research has been carried out on the effect of huaraco as a coagulant for the removal of heavy metals in waters from mining activities[20], as well as on the reduction of turbidity in contaminated waters[20]. More research related to the nutritional and medicinal properties[2] of this native species should be prioritized, as well as research on propagation, sustainable management and use in land restoration.

Climate resilience and adaptation

Huaraco is highly tolerant to the inclement weather of the Andean highlands of Peru and Bolivia, successfully adapting to habitats above 4,000 meters where the abiotic stress caused by frosts, hailstorms and droughts is very intense[14,17]. Despite its hardiness, the species could be affected by global warming. Wild populations grow in a narrow altitudinal band and their capacity for adaptation and migration under a climate change scenario is unknown.



Chicuru

Stangea rhizantha

• Stef de Haan (Perú), Vaibhav Chaudhary (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), consultora independiente

El chicuru es una raíz silvestre y comestible, y un producto estacional muy escaso en la cocina tradicional altoandina. Es colectada durante, y posterior a los meses de lluvia (febrero a junio). Mayormente son los pastores de camélidos y ovinos quienes cosechan las raíces durante las jornadas de pastoreo[1]. La raíz es apreciada por su sabor singular, agradable y dulce. El *chicuru* pertenece a la familia Caprifoliaceae y subfamilia Valerianoideae[2]. A nivel de especie su taxonomía no está muy bien definida. Se la ha denominado como *Stangea rhizantha* (A. Gray) Killip[2,3], aunque también es llamada *Stangea henrici* Graebn[4], siendo el último un probable sinónimo. Es mayormente conocido por los pobladores de las punas altoandinas como *chicuru*, *chijura*, *chicash*, *chicarhua*, *qorihuqaq*, *shonqu-shonqu*, *caligua-caligua*, *huacrapanca*, *condorallu* o *chicarhua*[4,5,6].

Origen

La raíz fue recolectada y consumida desde tiempos inmemorables por los pobladores altoandinos, probablemente desde la era de los cazadores recolectores. En base a los restos encontrados en el sitio arqueológico de Lauricocha (Huánuco, Perú)[7], se sugiere que hubo un consumo del chicuru por parte de estos cazadores recolectores de la etapa preagrícola. La escasa información etnobotánica y lingüística evidencia una larga historia y tradición de uso. El diccionario aimara del sacerdote Ludovico Bertonio (1612) indica que el *chicuru* o *cchikhura* es una 'raíz de comer'.

Distribución geográfica

Se distribuye entre 3,900 a 4,300 msnm en las alturas de Perú y Bolivia, llegando hasta Chile en el Altiplano de la región de Arica y Parinacota[1,2]. En el Perú, se encuentra desde el departamento de Áncash hasta Puno. En Bolivia, se ha reportado en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Potosí. El chicuru es una planta herbácea bianual que crece al ras de suelo en poblaciones dispersas en la ecorregión altoandina de la puna.





Diversidad varietal

Se trata de una especie alimenticia poco conocida que carece de estudios científicos sobre su genética y estado de conservación. El chicuru se reproduce por propagación vegetativa y sexual a través de semilla botánica[8]. No existen bancos de germoplasma o colecciones en jardines botánicos, y solamente unas pocas iniciativas de conservación *in situ* con comunidades[9]. La raíz mayormente es de color blanco, con variaciones de crema a marón pálido. Aparentemente existe poca diversidad morfológica en la especie. Hacen falta estudios sobre la conservación *in situ* y la diversidad genética de las diferentes poblaciones que ocurren desde el centro de Perú hasta el norte de Chile.

Resiliencia climática y adaptación

La ecorregión de la puna, con sus pastizales y matorrales de alta montaña, alta radiación solar, temperaturas bajas, heladas, granizadas y fuertes vientos es donde prospera el chicuro. Evidentemente la especie está adaptada a un ambiente extremo. A pesar de ello, el cambio climático representa una amenaza seria para el chicuro. Fundamentalmente porque la distribución de la especie se limita a una franja altitudinal estrecha y condiciones ambientes muy específicas. La capacidad de migración hacia mayores alturas de poblaciones naturales de *Stangea rhizantha* es limitada bajo un escenario de calentamiento global. Por ello se hace importante un monitoreo frecuente de la especie.



Potencial económico

El potencial económico del chicuru radica en su carácter exótico y sabor singular, factores que podrían incrementar su valorización en las cocinas regiones y gastronomía. Posiblemente sus propiedades nutricionales y medicinales también podrían tener un rol en la bioeconomía futura de la especie, pero para ello primeramente se requiere mayor inversión en investigación científica y biodescubrimiento para caracterizar los compuestos funcionales que posee.

La ecorregión donde se desarrolla el chicuru representa un ecosistema frágil. Aumentar la demanda de mercado para el chicuro sin planes de gestión, puede ocasionar impactos negativos en la conservación de la especie. Se requiere estudiar el ciclo de vida de esta raíz y determinar la tasa de recuperación bajo diferentes modalidades de manejo. Asimismo, se debe investigar la posibilidad de cultivo y de propagación con la finalidad de establecer un uso sostenible de esta especie alimenticia exótica, sin llegar a la sobreexplotación.

Nutrición

Existen muy pocos estudios sobre la composición bioquímica del chicuru. Se han reportado altos valores de calcio y hierro, así como cantidades considerables de fibra dietética[10]. Contiene las vitaminas A, B1, B6 y C4. El contenido de flavonoides en la raíz del chicuru es bajo[11], mientras que su contenido fenólico y actividad antioxidante se considera alto[10]. La raíz contiene glucosa, fructosa y sacarosa, siendo el contenido de sacarosa particularmente alto, lo que explica el sabor 'dulce' que mencionan los pobladores altoandinos. Se ha sugerido que la especie tiene potencial como fuente alternativa de fructooligosacáridos (FOS): se reporta 36.6 g FOS por 100 g de raíz seca[10].

Se ha reportado el uso del chicuro como reemplazo de la papa en tiempos de escasez de alimentos[8]. Asimismo, se han documentado múltiples usos medicinales de la raíz cruda: para tratamiento de afecciones a los riñones, osteoporosis y anemia. También el uso de las hojas en infusión para malestares estomacales[12]. Además, se utiliza la especie en la medicina tradicional para afecciones nerviosas y asma. Adicionalmente, se le atribuyen propiedades analgésicas y anticancerígenas[2].

Atributos nutricionales (por 100 g peso seco)[8,9,10]

Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mg)
20-35	145-1902	64-258	4.1-121.0	0.2	0.4



Gastronomía

Tradicionalmente se consume la raíz del chicuru cruda, deshidrata, hervida sola y en mazamorras[12,13]. Recientemente se ha logrado una revalorización de la especie en ferias de la cocina campesina regional en Lima, Pasco y Huancavelica (Perú). En estos eventos se ha visto el traspaso de conocimientos tradicionales entre generaciones y una gran creatividad en cuanto a usos culinarios con la raíz del chicuro. Para la cocina novoandina existe un enorme potencial, siempre y cuando se fomenten relaciones directas entre recolectores y chefs que partan de la inclusión social y conservación de la especie y su hábitat.



Chicuru

Stangea rhizantha

• Stef de Haan (Peru), Vaibhav Chaudhary (Peru), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), independent consultant

Chicuru is a wild and edible root, a very rare seasonal product in traditional Andean cuisine. It is collected during and after the rainy months (February to June). Shepherds of llamas and sheep harvest chicuru while herding[1]. The root is appreciated for its unique, pleasant, and sweet flavor. Chicuru belongs to the Caprifoliaceae family and the Valerianoideae subfamily[2]. At the species level, its taxonomy is not very well defined. It has been called *Stangea rhizantha* (A. Gray) Killip[2,3], although it is also called *Stangea henrici* Graebn[4], the latter being a probable synonym. It is mostly known by the inhabitants of the Andean highlands as *chicuru*, *chijura*, *chicash*, *chicarhua*, *qorihuqaq*, *shonqu-shonqu*, *caligua-caligua*, *huacrapanca*, *condorallu* or *chicarhua*[4,5,6].

Origin

The root has been collected and consumed for thousands of years by Andean highlanders, most likely since the hunter-gatherer era. Remains found in the archaeological site of Lauricocha (Huánuco, Peru)[7], suggest that chicuru was consumed by these hunter-gatherers from the pre-agricultural era.

The scarce ethnobotanical and linguistic information show a long history and tradition of use. The Aymara dictionary by the priest Ludovico Bertonio (1612) indicates that chicuru or cchikhura is an "edible root".

Geographic distribution

Chicuru is a biennial herbaceous plant that grows along the ground in scattered populations in the high Andean puna grassland ecological region. It is distributed between 3,900 to 4,300 masl in the highlands of Peru and Bolivia, reaching Chile in the Altiplano of the Arica and Parinacota region[1,2]. In Peru, it is found from the department of Áncash to Puno. In Bolivia, it has been found in the departments of La Paz, Cochabamba and Potosí.





Varietal diversity

The root is a little-known food species that lacks scientific studies about its genetics and conservation status. Chicuru reproduces by vegetative and sexual propagation through botanical seed[8]. There are no germplasm banks or collections in botanical gardens, and only a few in situ conservation initiatives with communities[9]. The root is mostly white in color, with variations from cream to pale brown. There appears to be little morphological diversity in the species. More study is needed to understand the in situ conservation and genetic diversity of the different populations that occur from central Peru to northern Chile.

Climate resilience and adaptation

The root is a little-known food species that lacks scientific studies about its genetics and conservation status. Chicuru reproduces by vegetative and sexual propagation through botanical seed[8]. There are no germplasm banks or collections in botanical gardens, and only a few *in situ* conservation initiatives with communities[9]. The root is mostly white in color, with variations from cream to pale brown. There appears to be little morphological diversity in the species. More study is needed to understand the *in situ* conservation and genetic diversity of the different populations that occur from central Peru to northern Chile.



Economic potential

The economic potential of chicuru lies in its exotic character and unique flavor, factors that could increase its value in regional cuisine. Its nutritional and medicinal properties could play a role in the future market development of the species, but this requires greater investment in scientific research and bio-discovery to characterize its functional compounds.

The ecosystem in which chicuru grows is extremely fragile. Increasing the market demand for chicuru without management plans could have negative impacts on the conservation of the species. It is necessary to study the life cycle of this root and determine the recovery rate under different management scenarios. Likewise, cultivation and propagation must be studied to determine the best use of this exotic food species, without leading to unsustainable exploitation.

Nutrition

There are very few studies on the biochemical composition of chicuru. High levels of calcium and iron have been reported, as well as considerable amounts of dietary fiber[10]. It contains vitamins A, B1, B6 and C4. The flavonoid content in chicuru root is low[11], while its phenolic content and antioxidant activity are considered high[10]. The root contains glucose, fructose and sucrose, the sucrose content being particularly high, which explains the 'sweet' taste mentioned by the people of the high Andes. It has been suggested that the species has potential as an alternative source of fructooligosaccharides (FOS). In some studies, 36.6 grams of FOS per 100 grams of dried root are reported[10].

The use of chicuru as a replacement for potatoes in times of food shortage has been reported[8]. Likewise, multiple medicinal uses of the raw root have been documented, such as the treatment of kidney conditions, osteoporosis and anemia. The leaves are used as an herbal tea for stomach pain[12]. In addition, the species is used in traditional medicine for nervous conditions and asthma. Analgesic and anticancer properties are attributed to chicuru[2].

Nutritional attributes (per 100 g dry weight)[8,9,10]

Protein (g)	Calcium (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)	Vitamin C (mg)	Vitamin A (mg)
20-35	145-1902	64-258	4.1-121.0	0.2	0.4



Gastronomy

Traditionally, the chicuru root is consumed raw, dehydrated, boiled, or in puddings[12,13]. Recently, the species has gained value during Peruvian regional farmer cuisine fairs in Lima, Pasco and Huancavelica. These events have seen the transfer of traditional knowledge between generations and great creativity in terms of culinary uses with the chicuru root. There is enormous potential for Novo-Andean cuisine, especially through direct relationships between collectors and chefs, and by using models of social inclusion and best practices to conserve the species and its habitat.



Kuchucho | *Lilaeopsis macloviana*

• Alipio Canahua Murillo (Perú) • Isidro Velasco Sagua (Perú), consultores independientes

Dentro de la diversidad genética de las plantas alimenticias silvestres de los altos Andes, se encuentra el denominado kuchucho o cuchucho (*Lilaeopsis macloviana* Gan. A. W. Hill)[1]. También es conocido como *lhomi* en el idioma chipaya. Son plantas herbáceas diminutas de cinco a diez centímetros de altura, perennes y rizomatosas. Las raíces tuberosas son comestibles[2]. El periodo vegetativo y reproductivo coincide con la presencia y distribución de las precipitaciones pluviales. Según el conocimiento y cultura popular de los pobladores del Altiplano peruano boliviano, región donde existe la mayor tradición de uso, el consumo de la raíz también tiene beneficios nutraceúticos y afrodisiacos[2,3]. Se atribuye al kuchucho la capacidad de prolongar la vida de las personas que la consumen.

Origen

El género *Lilaeopsis* (subfamilia Apiaceae Apioideae) comprende 15 especies[4]. La especie *L. macloviana* es originaria del oeste de América del Sur y forma parte de un complejo de especies polimórficas, factor que dificulta su clasificación taxonómica[4]. Son muy escasos los estudios filogenéticos, y no existe evidencia arqueobotánica o lingüística sobre sus usos ancestrales. El Inca Garcilaso de la Vega, cuyos escritos datan de mediados del siglo XVI, proporcionó una referencia temprana acerca de la raíz de kuchucho[5,6].

Distribución geográfica

L. macloviana es de distribución amplia y ocurre a lo largo de los Andes desde el sur de Colombia hasta Tierra del Fuego. Es una especie verdaderamente acuática y ocupa hábitats húmedos a lo largo de la cordillera de los Andes. Básicamente humedales o bofedales de los altos Andes, entre los 3,800 a 4,500 msnm.



La planta muestra un buen desarrollo en suelos parcialmente inundados con alto contenido de materia orgánica. Su utilización como especie comestible se restringe básicamente al Altiplano peruano boliviano[7]. Su distribución, en la cuenca del Titicaca, está en humedades, desde La Raya, límite con la región Cusco, sobre los 4,500 msnm, hasta las planicies circundantes a lagunas y al lago Titicaca, sobre los 3,810 msnm[8].



Diversidad varietal

Aún no se han desarrollado estudios sobre la diversidad genética y varietal de la especie. *L. macloviana* exhibe un tremendo polimorfismo en la estructura del fruto, con frutos que carecen por completo de células esponjosas, confinado solo a las costillas laterales, o con abundantes células esponjosas en las cinco costillas[4]. Según observaciones preliminares de algunas colectas, también existen diferencias en el tamaño de la raíz, precocidad y vigor. No existen bancos de germoplasma de la especie y la conservación básicamente ocurre *in situ*.

Resiliencia climática y adaptación

El kuchucho está adaptado a humedales altoandinos y suelos con buen contenido de materia orgánica, en donde las temperaturas nocturnas pueden llegar hasta los -15° C. Dada la diversidad morfológica y plasticidad altitudinal, se le considera una especie adaptable al cambio climático. Cambios en los ciclos hidrológicos y un incremento de la frecuencia o intensidad de sequías podría afectar el rango de distribución futuro de la especie.



Potencial económico

Esta especie aún no es cultivada y tampoco está presente en los mercados. Su consumo básicamente se restringe a las comunidades altoandinas. A causa de la despoblación en el Altiplano, los conocimientos tradicionales relacionados al uso y manejo del kuchucho están en riesgo de ser olvidados. Dadas las propiedades nutricionales, el sabor atractivo para el consumo y la posibilidad de ser cultivada en el futuro, es posible conjeturar que, una vez revalorada, tenga demanda en el mercado.

Primeramente, se debe trabajar en el manejo sostenible con la finalidad de evitar la sobreexplotación del kuchucho. Con relación al cultivo y propagación, se han realizado algunas pruebas preliminares de manejo y propagación controlada[12]. Se observa buenos rendimientos en suelos con buen contenido de materia orgánica y humedad permanente[12]. Bajo cultivo es muy sensible a la competencia de las malezas. Se venden cuatro especies de *Lilaeopsis* en el comercio internacional de acuarios: el kuchucho (*L. macloviana*), *L. brasiliensis*, *L. mauritiana* y *L. novae-zelandiae*[4].

Nutrición

En el medio rural alto andino del sur del Perú y el noroeste de Bolivia es común percibir testimonios y referencias de los pobladores sobre las propiedades nutricionales de la raíz del kuchucho. Su recolección y consumo se da en los meses de mayo a julio, a finales de la estación lluviosa. En esta época el kuchucho es un complemento alimenticio para los pastores y las familias altoandinas. El kuchucho también es considerada una planta medicinal con propiedades nutracéuticas[9].

El kuchucho tiene características organolépticas muy diferenciadas: color marfil, olor y sabor semidulce, textura semidura. Existen muy pocos reportes sobre su valor nutricional, pero resalta su alto contenido de proteínas y hierro comparado con otras raíces y tubérculos[10]. La capacidad antioxidante del kuchucho también es relativamente alto[11].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[10]

Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)
20-35	145-1902	64-258	4.1-121.0	0.2



Gastronomía

El consumo tradicional del kuchucho es en forma fresca, inmediatamente después de la cosecha. Posee un sabor agradable similar al de la nuez de almendra. Las familias aimaras de la provincia El Collao en Puno, Peru, suelen preparar un ponche en base a la harina de kuchucho que se consume sobre todo durante la Semana Santa[13]. La raíz también es consumida hervida y acompañada con legumbres. Asimismo, puede ser deshidratada al aire libre y molida para su uso en salsas y sopas. Se pueden incorporar las raíces picadas a ensaladas de frutas y la harina del kuchucho se emplea en la repostería[13].



Kuchucho | *Lilaeopsis macloviana*

• Alipio Canahua Murillo (Peru) • Isidro Velasco Sagua (Peru), independent consultants

Within the genetic diversity of the wild edible plants of the high Andes, there is the kuchucho or cuchucho (*Lilaeopsis macloviana* Gan. A. W. Hill)[1]. It's also known as *lhomi* in the Chipaya language. They are tiny herbaceous plants measuring five to ten centimeters in height, perennial and rhizomatous. The tuberose roots are edible[2]. The vegetative El growth and reproductive period coincides with the presence and distribution of pluvial precipitation. According to the knowledge and popular culture of the inhabitants of the Peruvian-Bolivian Altiplano, a region where it is traditionally used most, the consumption of the root also has nutraceutical and aphrodisiac benefits[2,3]. Kuchucho is said to have the capacity to prolong the life of the people who consume it.

Geographic distribution

L. macloviana has a broad distribution and occurs throughout the Andes from the south of Colombia down to Tierra del Fuego. It's a true aquatic species and occupies humid habitats all along the Andes mountain range, basically wetlands or cushion bogs of the high Andes, from 3,800 to 4,500 masl.

The plant develops well in soils partially flooded by a high content of organic matter. Its use as an edible species is basically restricted to the Peruvian-Bolivian altiplano[7]. Its distribution, in the Titicaca basin, is in wetlands, from La Raya, bordering with the region of Cusco, at over 4,500 masl, down to the plains surrounding lakes and Lake Titicaca, at 3,810 masl[8].



Origin

The genus *Lilaeopsis* (subfamily Apiaceae Apioideae) consists of 15 species[4]. The species *L. macloviana* originated in the west of South America and is part of a complex of polymorphic species, a factor which makes its taxonomic classification more difficult[4]. Phylogenetic studies are very scarce and there is no archaeobotanical or linguistic evidences of its ancestral use. Inca Garcilaso de la Vega, whose writings date from the mid-sixteenth century, did make an early reference to the root of the kuchucho[5,6].

Varietal diversity

Studies have not yet been carried out about the genetic and varietal diversity of the species. *L. macloviana* exhibits tremendous polymorphism of its fruit structure, with fruits that completely lack spongy cells, confined only to the lateral veins, or with abundant spongy cells on the five ribs[4]. According to preliminary observations of some collections, there are also differences in the size of the root, earliness and vigor. There are no germplasm banks of the species and the conservation basically occurs *in situ*.



Climate resilience

Kuchucho has adapted to high Andean wetlands and soils with a good organic matter content, where night temperatures can be as low as -15°C. Given the morphological diversity and altitudinal plasticity, it is considered a species that can adapt to climate change. Changes in hydrological cycles and an increase in the frequency or intensity of droughts could affect the distribution range of the species in the future.



Economic potential

This species isn't being cultivated yet, and it isn't sold at markets either. Its consumption is basically restricted to communities in the Andean highlands. Due to depopulation in the Altiplano, traditional knowledge associated with the use and management of kuchucho are at risk of becoming lost. Considering the nutritional properties, the taste that is appealing for consumption and the possibility of being cultivated in the future, one can speculate that, once its value is acknowledged, there will be a demand for it in the market.

First, it is necessary to work on sustainable management with the aim of avoiding the overexploitation of kuchucho. In terms of its cultivation and propagation, some preliminary tests of management and controlled propagation have been carried out[12]. Good yields were observed in soils with a high content of organic matter and permanent humidity[12]. When cultivated, it's very sensitive to competition with weeds. Four species of Lilaeopsis are sold in the international aquarium market: kuchucho (*L. macloviana*), *L. brasiliensis*, *L. mauritiana* y *L. novae-zelandiae*[4].



Gastronomy

The traditional consumption of kuchucho is fresh, immediately after being harvesting. It has a pleasant flavor, similar to almonds. The Aimara families from the province of El Collao in Puno, Peru, often prepare a cereal drink based on kuchucho flour which is consumed mostly at Easter[13]. The boiled root is also eaten, accompanied with pulses. Likewise, it can be dehydrated outdoors and ground to be used in sauces and soups. The chopped roots can be added to fruit salads and kuchucho flour can used in baking[13].

Nutrition

In the rural Andean highlands of southern Peru and the northwest of Bolivia, it is common to hear testimonies and references from the local inhabitants about the nutritional properties of the kuchucho root. Its collection and consumption occur during May to July, at the end of the rainy season. In this season, kuchucho is a complementary food for the herders and families in the Andean highlands. Kuchucho is also considered a medicinal plant with nutraceutical properties[9].

Kuchucho has highly differentiated organoleptic characteristics: ivory-colored, a semi-sweet smell and flavor, a semi-hard texture. There are very few reports about its nutritional value, but its high protein and iron content in comparison to other roots and tubers is noteworthy[10]. The antioxidant capacity of kuchucho is also relatively high[11].

Nutritional attributes (per 100 g fresh weight)[10]

Protein (g)	Calcium (mg)	iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)
20-35	145-1902	64-258	4.1-121.0	0.2



Seta cusqueña

Pleurocollybia cibaria

• Peter Trutmann (Perú, USA), Global Mountain Action

Los hongos se encuentran entre los alimentos tradicionales menos conocidos de los Andes. Hasta hace poco, se pensaba que –a menudo referidos localmente de manera genérica por su nombre quechua, *kallampa*– rara vez formaban parte de las dietas tradicionales de las tierras altas, con una falta total de registros para Colombia y Ecuador, y solo un hongo citado para Bolivia[1]. El interés en la investigación de los nombres y el consumo de hongos locales en países como Perú comenzó a principios de la década de 1920, con pioneros como Fortunato Herrera a la cabeza[2]. Tuvo que pasar un largo tiempo para que la investigación etnomicológica enfocada en los Andes iniciara, con un informe sobre hongos en una feria local, conocida como *Q'oncha Raymi*, celebrada cerca de Cusco en 2010[1]. Desde entonces, también se ha hecho disponible información adicional sobre el consumo tradicional de hongos andinos en Bolivia[2], Colombia[3], Ecuador[4] y Perú[5,6].

Se ha dedicado una investigación sustancial al cultivo de hongos en los Andes utilizando germoplasma extranjero, en particular sobre *Pleurotus ostreatus*, con el objetivo de aumentar la seguridad alimentaria y nutricional, así como para abastecer un mercado gastronómico en ciernes basado en el turismo[1,2,3]. Además, se ha realizado un esfuerzo considerable para exportar *Suillus luteus*, un hongo micorrízico asociado con plantaciones de pino introducidas en Bolivia, Chile, Ecuador y Perú. Recientemente se han considerado los hongos nativos con fines comerciales, los más conocidos son *Cyttaria darwinii* (Pan del indio) y *C. harioti* (*Llao llao*), en el sur de Chile; y *Pleurocollybia cibaria* (seta cusqueña), en el Perú. El resto de este capítulo considerará *P. cibaria*.

Descripción

La seta cusqueña es un hongo tradicional andino utilizado con fines culinarios. Es consumido en la región de Cusco, en el Perú, y también es conocido por su nombre tradicional quechua *q'oncha* (concha en español). Es de tamaño pequeño a mediano, con tapas lisas de color crema y branquias muy finas unidas al estípite. Hasta hace poco se conocía con el nombre científico de *Pleurocollybia cibaria*, pero puede cambiar en función de nueva información molecular y morfológica a *Gerhardtia cibaria*.



Distribución geográfica

La seta q'oncha tiene una distribución limitada en los Andes y se encuentra principalmente en las regiones peruanas de Apurímac y Cusco. Se asocia comúnmente con el pasto pluma ichu (*Jarava ichu*), en pastizales de puna, o ambientes forestales nativos de pasto degradado entre 3,500 y 4,000 metros de altitud.

Su adaptación a los ambientes de pastizales o pastizales boscosos sugiere que podría encontrarse más ampliamente en los Andes. La sobrepoblación de pastizales nativos por parte de las comunidades en los últimos años parece estar limitando su fructificación a microambientes no alcanzados por el ganado y puede estar poniendo en peligro al hongo.



Resiliencia climática y adaptación

La distribución actual del hongo dentro de los 3,500-4,000 metros en pastizales o pastizales boscosos, junto con los requisitos de nutrientes específicos asociados con plantas como el pasto de plumas ichu sugiere que tiene requisitos nutricionales y ambientales específicos. Se requiere más investigación para determinar el impacto del aumento de las temperaturas, el clima y un cambio de uso de la tierra más intensivo en la adaptación y resiliencia de la q'oncha.



Potencial económico

No se han realizado estudios económicos formales sobre el potencial de la seta cusqueña. Considerando la popularidad del hongo en Cusco y la importancia para el Perú de su sector gourmet, que constantemente busca nuevos ingredientes auténticos, se necesita urgentemente un estudio que incluya factores económicos, sociales y de sustentabilidad.

Nutrición

La q'oncha contiene 34% de proteína, que se encuentra en el rango intermedio de los hongos comestibles, así como 53% de carbohidratos, 8% de fibra, 4% de grasas y varios minerales importantes. También es probable que contenga propiedades medicinales beneficiosas, ya que cada especie de hongo suele contener una combinación diferente de compuestos medicinales. Esto hace que la seta cusqueña sea una fuente de alimento nutritiva y rica en proteínas.

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)

Proteínas (g)	Fibra (mg)	Grasas (mg)	Calcio (mg)	Magnesio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
35	8.30	4.16	32.50	94.10	967.20	12.20	10.40



Gastronomía

La q'oncha se encuentra en una serie de platos clásicos cusqueños como el "capchi de setas" y el "revuelto de setas"[1]. Se vende fresco en los principales mercados por mujeres que sirven como puntos focales para los recolectores de las aldeas. La q'oncha tiene un enorme potencial de innovación en la cocina novoandina.

Origen

La seta fue utilizada por los incas y fue nombrada y descrita como alimento en los primeros diccionarios quechua-español[1,2]. En 1615, el explorador español Felipe Guamán Poma de Alaya relató que la "concha" era uno de los tres hongos en la dieta de los antiguos peruanos[3]. Luego de un sorprendente silencio de 400 años su nombre y su continua relevancia en las dietas peruanas fue confirmada en una guía de hongos comestibles del Perú[4] y en un reportaje que describe la fiesta del Q'oncha Raymi, en la que los descendientes incas celebran los hongos locales[5].





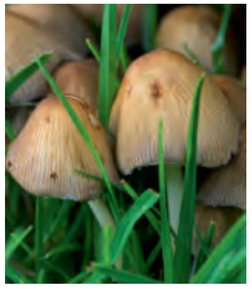
Seta cusqueña

Pleurocollybia cibaria

• Peter Trutmann (Peru, USA), Global Mountain Action

Mushrooms are among the least known of the traditional foods of the Andes. Until recently, it was thought that mushrooms – often locally referred to generically by their Quechua name *Kallampa* – were rarely part of traditional highland diets, with a complete lack of records for Colombia and Ecuador, and merely one mushroom cited for Bolivia[1]. In fact, research interest in names and consumption of local mushrooms in countries like Peru had commenced earlier in the 1920s with pioneers like Fortunato Herrera leading the way[2].

However, focused ethnomycological research in the Andes only began with a report of mushrooms at a local fair, known as the Q'oncha Raymi, held near Cusco in 2010[3]. Since then, additional information has also become available about traditional Andean mushroom consumption in Bolivia[4], Colombia[5], Ecuador[6] and Peru[7,8]. Substantial research has been devoted to the cultivation of mushrooms in the Andes using foreign germplasm, particularly of *Pleurotus ostreatus* to increase food and nutritional security and to supply a budding tourist-based gourmet market[9,10,11]. In addition, there has been considerable effort to export *Suillus luteus*, a mycorrhizal fungus associated with introduced pine plantations in Bolivias, Chile, Ecuador and Peru. Only recently have native mushrooms been considered for commercial purposes[12]. The best known are *Cyttaria darwinii* (*Pan del Indio*) and *C. harioti* (*Llao llao)* in Southern Chile and *Pleurocollybia cibaria* (Seta Cusqueña) in Peru. The remainder of this chapter will consider *P. cibaria*.



Description

The *Seta Cusqueña* is a popular traditional culinary mushroom of the Andes. Consumed in the Cusco region of Peru, it is also known by its traditional Quechua name '*Q'concha*' (el *concha* in Spanish). It is small to medium in size, with cream-colored, smooth caps and very thin crowded gills attached to the stipe. Until recently it has been known by the scientific name of *Pleurocollybia cibaria* but this may change based on new molecular and morphological information to *Gerhardtia cibaria*.

Geographic distribution

The Q'oncha has a limited distribution in the Andes and is found primarily in Peru's regions of Apurimac and Cusco. It is most commonly associated with Ichu feather grass (*Jarava ichu*) in puna grassland environments, or degraded grass-native forest environments between 3,500 and 4,000 meters of altitude.



Its adaptation to grassland or wooded grassland environments suggests it could be found more widely in the Andes. The overstocking of native grasslands by communities in recent years appear to be limiting its fruiting to microenvironments not reached by livestock and may be endangering the fungus.



Economic potential

There have been no formal economic studies on the potential of the Seta Cusqueña. Considering the popularity of the mushroom in Cusco and the importance to Peru of its gourmet sector, which constantly is looking for new authentic ingredients, a study including economic, social and sustainability factors is urgently needed.



Climate change and adaptation

The current distribution of the fungus within 3,500-4,000 meters in grasslands or wooded grasslands along with specific nutrient requirements associated with plants such as Ichu feather grass suggests it has specific nutritional and environmental requirements. More research is required to determine the impact of rising temperatures, climate and more intensive land use change on the adaptation and resilience of the Q'oncha.

Nutrition

The Q'oncha contains 34% protein, which is in the intermediate range for edible mushrooms, as well as 53% carbohydrates, 8% fiber and 4% fats. and various important minerals[19]. It is also likely to contain beneficial medicinal properties as each mushroom species usually contains a different combination of medicinal compounds[20]. This makes the Q'oncha a high-protein, nutritious food source.

Nutrition highlights (per 100 g dry weight)

Protein (g)	Fiber (mg)	Fats (mg)	Calcium (mg)	Magnesium (mg)	Phosphorus (mg)	Iron (mg)	Zinc (mg)
35	8.30	4.16	32.50	94.10	967.20	12.20	10.40

Origin

The Q'oncha was used by the Incas and was named and described as a food in the first Quechua-Spanish dictionaries[14,15]. In 1615, the Spanish explorer Felipe Guamán Poma de Alaya chronicled that the 'concha' was one of three mushrooms in diets of ancient Peruvians. After a surprising silence of 400 years its name and continued relevance in Peruvian diets was confirmed in a guide of edible mushrooms of Peru and in a report describing the festival of Q'oncha Raymi, in which Inca descendants celebrate local mushrooms.



Gastronomía

The Q'concha is found in a number of classic Cusqueño dishes such as the 'capchi de setas' and 'revuelto de setas'. It is sold fresh in the main markets by women who serve as focal points for collectors from villages. The Q'concha has huge potential for innovation in novo-Andean cuisine.



Ayrampo

Berberis lutea

• Raúl Ccanto (Perú), Grupo Yanapai

El ayrampo es un arbusto rústico de porte leñoso que se desarrolla en zonas altoandinas. En Perú es conocido como *airampu*, espino amarillo, espinillo, *ccarhuascassa*, *chupite*, *pushigil*, *yana mullaca* o *palo amarillo*[1]. En Ecuador como botón de oro, carrasquillo, chivo, *chuspilla*, *chuspillay*, *guayolo* o *shuspilla*[2]. Taxonómicamente se ha sugerido que se trata de *Berberis lutea* Ruiz & Pav. o *Berberis flexuosa* Ruiz & Pav., siendo esta última endémica en Perú[3,4]. Los frutos de color azul violáceo son un alimento silvestre y estacional, muy apreciado por las comunidades altoandinas en el Perú. Desde tiempos precolombinos la especie fue utilizada como una planta con múltiples funciones y usos, principalmente en la alimentación, agroforestería, medicina tradicional y como tinte natural[5,6].



Distribución geográfica

El ayrampo se distribuye en la región andina de Ecuador y Perú entre 3,000 y 4,200 msnm[8,9]. En el Perú ha sido reportada en los departamentos de Amazonas, Áncash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Lima, Pasco, Piura, Puno y San Martín[9]. Se encuentra en pendientes rocosas, quebradas boscosas, cerca de ríos y riachuelos, también en laderas pedregosas y rocosas formando matorrales[10]. Las comunidades andinas suelen utilizar este arbusto como cerco vivo para la delimitación de terrenos de cultivo o enmarcar linderos[6].



Diversidad varietal

El ayrampo es un arbusto espinoso que se caracteriza por la coloración verde-amarilla de sus hojas y flores amarillas[11]. Los frutos comestibles son de tonalidad azul violáceo a morado, dependiendo del nivel de maduración. El polimorfismo foliar y las condiciones ambientales que determinan las diferentes características fenotípicas, dificultan la determinación precisa de la especie. No se han realizado estudios genéticos o establecido bancos de germoplasma del ayrampo. Su conservación ocurre básicamente bajo condiciones de manejo *in situ*.

Origen

La familia Berberidaceae está constituida por 14 géneros[7]. El género *Berberis* consta de 650 especies alrededor del mundo; y para América del Sur se han reportado 99 especies distribuidas entre Bolivia (15 especies), Argentina (20 especies), Ecuador (32 especies) y Perú (32 especies)[4]. El ayrampo es nativo de la región andina. No existe evidencia filogenética o arqueobotánica sobre su origen y difusión. Sin embargo, información etnobotánica y lingüística sugiere una larga trayectoria de uso[1,2].

Resiliencia climática y adaptación

El ayrampo está adaptado al clima agreste de las ecorregiones de páramo y puna, caracterizadas por sus bajas temperaturas y niveles promedio de precipitaciones de entre 500 y 1,200 mm al año[10,12]. El arbusto posee un sistema radicular pivotante que le permite aferrarse a una profundidad media, siendo catalogada dentro de las especies claves para acciones de protección y/o conservación de suelos en las regiones altoandinas erosionadas[13]. Tiene un alto potencial de fijación de carbono en condiciones marginales y de diversificación de sistemas de cultivo como rompeviento y cerco vivo.



Potencial económico

Se trata de una planta multipropósito con un alto potencial para revalorización. Los frutos pueden transformarse en alimentos y bebidas con un color y sabor sumamente atractivo. Su procesamiento en mermeladas y esencias son opciones para generar valor agregado. Tradicionalmente, su uso ha sido como una planta tintórea. De las ramas hervidas se obtiene un tinte amarillo y de los frutos un tinte azul a azul verdoso. Sirve para teñir prendas, pero también para dar color a las bebidas y alimentos procesados[6,21]. Se requiere un mayor nivel de inversión en su bio descubrimiento para determinar las propiedades nutricionales y medicinales.

También es utilizada como combustible, así como para la elaboración de herramientas y materiales de hilado[22]. La sobreexplotación pone en riesgo su conservación y ha ocasionado que la especies entren en un proceso de erosión en algunas regiones. Por ello, se hace necesario acciones de promoción e investigación para fomentar su propagación y reforestación, así como planes de gestión sostenible que acompañan a las estrategias de promoción de la especie.

Nutrición

La mayor tradición de consumo humano se reporta en las regiones de Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, en Perú, donde el fruto se recolecta y consume entre los meses de marzo a mayo[3,6]. Ofrece una opción de diversificación de la dieta durante el periodo previo a la cosecha, etapa de escasez de alimentos en muchas comunidades. El ayrampo tiene un alto contenido de antocianinas y fenoles totales, y alta capacidad antioxidante[14]. Sin embargo, se desconoce su composición bioquímica y valor nutricional. Hace falta estudios bromatológicos que revelan las propiedades nutricionales y nutracéuticos.

El género *Berberis* se caracteriza por poseer actividad antibacteriana y beneficios hepáticos. Contiene saponinas, cardiotónicas y esteroides, además de alcaloides como principales metabolitos terapéuticos, entre ellos los derivados isoquinolínicos como la berberina y berbamina[15,16,17,18]. En la medicina tradicional, las flores frescas o secas en infusión se emplean contra el cansancio, así como también en caso de angina, tifoidea y fiebre. La raíz triturada se usa en el tratamiento de la disentería amebiana, afecciones de la próstata y sistema urinario[19]. Se reporta que los frutos tienen acción desinflamante, antirreumática, estomacal, antipirética, laxante y tónica[20].



Gastronomía

El ayrampo fructifica en los meses de marzo a mayo, cuando es muy buscando y apreciado por los niños que los consumen en fresco desde la misma planta[1]. En los meses de colecta, los frutos se solean para acentuar el sabor agridulce. Las formas más simples de consumo incluyen la preparación de refrescos, chicha de ayrampo y el uso en mazamorra o *api*. Algunos gobiernos locales y regionales han venido promocionando su consumo. En las ferias de comida regional se han expuesto postres, mermeladas, mazamorras, tortas, queques, gelatinas, caramelos, helados, ponches, jugos, vino y licores de ayrampo. Para la cocina novoandina el ayrampo ofrece una opción interesante para la innovación gastronómica.

Ayrampo

Berberis lutea

• Raúl Ccanto (Peru), Grupo Yanapai

Ayrampo is a woody shrub that grows in high altitude zones of the Andes. In Peru, it is known as *airampu*, *espino amarillo*, *espinillo*, *ccarhuascassa*, *chupite*, *pushigil*, *yana mullaca*, or *palo amarillo*[1]. In Ecuador it is called various names such as *botón de oro*, *carrasquillo*, *chivo*, *chuspilla*, *chuspillay*, *guayolo*, or *shuspilla*[2]. Taxonomically, it has been suggested that it is *Berberis lutea* Ruiz & Pav. or *Berberis flexuosa* Ruiz & Pav., the latter being endemic to Peru[3,4]. The bluish-purple fruits from this hardy shrub are a wild and seasonal food, highly valued by the Andean communities. Since pre-Hispanic times, the species has been used as a plant with multiple functions and uses, mainly in food, agroforestry, traditional medicine, and as a natural dye[5,6].

Geographic distribution

Ayrampo is distributed in the Andean region of Ecuador and Peru between 3,000 and 4,200 meters above sea level[8,9]. In Peru, it has been reported in the departments of Amazonas, Áncash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Lima, Pasco, Piura, Puno, and San Martín[9]. It is found on rocky slopes, in wooded gorges, near rivers and streams, and also on stony and rocky hillsides forming thickets[10]. Andean communities often use this shrub as a living fence for the delimitation of farmland or to mark boundaries[6].





Varietal diversity

Ayrampo is a thorny shrub characterized by the green-yellow color of its leaves and yellow flowers[11]. The edible fruit is bluish-purple to purple in color, depending on the level of ripeness. The foliar polymorphism and the environmental conditions that determine the different phenotypic characteristics make it difficult to accurately determine the species. No genetic studies have been carried out, neither have germplasm banks been established for Ayrampo. Its conservation basically occurs under *in situ* management conditions.

Origin

The Berberidaceae family is made up of 14 genera[7]. The genus *Berberis* consists of 650 species around the world; in South America, 99 species have been reported between Bolivia (15 species), Argentina (20 species), Ecuador (32 species), and Peru (32 species)[4]. Ayrampo is native to the Andean region. There is no phylogenetic or archaeobotanical evidence for its origin and diffusion. However, ethnobotanical and linguistic information suggests a long history of use[1,2].



Potencial económico

Ayrampo is a multipurpose plant with great potential for commercial use. The fruit can be transformed into foods and drinks with an extremely attractive color and flavor. The processing of jams and essences are options to generate added value. Traditionally, it has been used as a dye for garments, but also to color drinks and processed foods[6,21]. A yellow dye is obtained from the boiled branches and a blue to greenish-blue dye from the fruit. More investment in research and in its biodiscovery is required to determine the nutritional and medicinal properties.

It is also used as fuel, as well as for making tools and spinning materials[22]. Overexploitation puts its conservation at risk and has caused the species to enter a process of erosion in some regions. For this reason, promotional and research actions are necessary to encourage its propagation and reforestation, as well as sustainable management plans that accompany the strategies for promoting the species.

Climate resilience and adaptation

Ayrampo has adapted to the rugged climate of the moor and puna ecoregions, characterized by their low temperatures and average levels of rainfall of between 500 and 1,200 mm per year[10,12]. The shrub has a pivoting root system that allows it to survive and is classified as one of the key species for protection and/or soil conservation actions in eroded high Andean regions[13]. It has high potential for carbon fixation in marginal conditions and for diversification of crop systems as windbreaks and living fences.



Gastronomy

Ayrampo bears fruit from March to May, when it is highly sought after and appreciated by children who consume them fresh from the plant[1]. In the harvest season, the fruit is placed in the sun to accentuate the bittersweet flavor. The simplest forms of consumption include the preparation of soft beverages and ayrampo chicha, and to be made into pudding or *api*. Some local and regional governments have been promoting its consumption. In the regional food fairs, desserts, jams, puddings, cakes, gelatin, candies, ice creams, punches, juices, and ayrampo wine and liqueurs have been exhibited. For Novo-Andean cuisine, ayrampo offers an interesting option for gastronomic innovation.

Nutrition

The greatest tradition of human consumption is reported in the Peruvian regions of Ayacucho, Apurímac, and Huancavelica, where the fruit is collected and consumed between the months of March and May[3,6]. It offers an option to diversify the diet during the pre-harvest period, a time of food shortage in many communities. Ayrampo has a high content of anthocyanins and total phenols, and high antioxidant capacity[14]. However, its biochemical composition and nutritional value are unknown. Bromatological studies are needed to reveal the nutritional and nutraceutical properties.

The genus *Berberis* is characterized by possessing antibacterial activity and benefits for the liver. It contains saponins, cardiotonics, and steroids, as well as alkaloids as the main therapeutic metabolites, including isoquinolin derivatives such as berberine and berbamine[15,16,17,18]. In traditional medicine, the fresh or dried flowers are used in infusions against fatigue, as well as in case of angina, typhoid, and fever. The crushed root is used in the treatment of amoebic dysentery, and conditions of the prostate and urinary system[19]. The fruit is reported to have anti-inflammatory, anti-rheumatic, stomachic, antipyretic, laxative, and tonic actions[20].

Amañoque

Ombrophytum subterraneum

• Miguel Gonzalez (Bolivia) • Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), consultora independiente

El Altiplano de la región andina es rico en una gran diversidad de especies alimenticias, muchas de ellas de distribución mundial y fundamental para la seguridad alimentaria. Sin embargo, otras especies aún son raras y muy poco conocidas, y básicamente utilizadas únicamente por los pobladores de las comunidades rurales. Una de estas es el amañoque o *Ombrophytum subterraneum* (Aspl.) B. Hansen, también denominado *amañoko*, *ankañoca*, *hichar* o durazno del Altiplano, y *sicha* en Chile[1-9]. Se consume la inflorescencia cruda como 'fruta' y el tubérculo tradicionalmente como medicina, crudo o cocido. El amañoque es una holoparásita[10] de varias especies de plantas del Altiplano, encontrándose principalmente en comunidades de tolares (*Parastrephia* y *Baccharis*), pero también en pajonales (*Festuca* y *Stipa*)[10]. Forma un tubérculo subterráneo[11] que se extrae en el período de lluvias, cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables. Es una especie rara y por ello difícil de encontrar. Solo las personas que viven cerca de su hábitat son capaces de identificar los lugares donde crece y el momento adecuado para sacarla de la tierra. Para ubicarla, los pobladores observan el resquebrajamiento de la tierra.

Origen

El amañoque pertenece a la familia de plantas parasitarias Balanophoraceae, notables por el desarrollo de estructuras inusuales. No existe evidencia científica sobre el origen de la especie. Dado que su desarrollo está muy relacionado a la presencia otras especies en hábitats bien definidos, básicamente tolares y pajonales, se puede deducir que se origina en las regiones altoandinas de Bolivia, norte de Argentina y Chile, y sur del Perú[9,12,13]. No existe evidencia arqueobotánica acerca de su origen, pero estudios etnobotánicos y genéticos sugieren una larga historia de evolución y uso en los Andes[14-17].

Gastronomía

El amañoque es de sabor dulce y afrutado, y se considera un manjar en el Altiplano. La parte comestible es la inflorescencia se consume cruda, razón por la cual se la considera una 'fruta'[9,10]. Algunos la denominan durazno del Altiplano[21]. Es jugoso y dulce, y también la utilizan para hacer bebidas hervidas tipo refresco[21]. Típicamente el poblador altoandino asocia el consumo del amañoque con el sentido de 'fresco' o 'jugoso' y la oportunidad de combatir la sed. La especie tiene un alto potencial como ingrediente novedoso para la cocina novoandina.

Distribución geográfica



La especie ocurre en las regiones altoandinas de Argentina, Bolivia, Chile y Perú. En Argentina, en las provincias de Tucumán, Jujuy y Salta[18] y, en Bolivia, en los departamentos de Oruro, Potosí, Cochabamba y La Paz[10]. En Chile, ocurre en la cuenca alta del río Loa, en la precordillera de Iquique y en los alrededores de los pueblos precordilleranos de la Región de Arica y Parinacota hasta Antofagasta[4]. En Perú la región del Altiplano, básicamente Puno y Tacna. En Ecuador se reportó en las islas Galápagos[9], pero es probable que se trata de otra especie. Se la ubica dentro de la categoría En Peligro (EN) en la Lista Roja de Flora Amenazada de Bolivia[10] y también en Chile[19] fue declarada en peligro de extinción hace 50 años. Por una parte, se debe a una expansión de la frontera agrícola y ganadera, se ha deforestado los hábitats donde se desarrolla el amañoque, poniendo en riesgo a la especie. Por otro lado, se trata de una especie sensible a una extracción excesiva[20].

Diversidad varietal

No existe mucha diversidad con respecto a esta especie, pero se tiene referencia de tres variedades o grupos identificados por pobladores de Cocoroco (Bolivia), las que se denominan *chuqui tanka* que tiene una inflorescencia larga y delgada y tubérculo pequeño, choquela de inflorescencia corta y tubérculo más grande y la denominada juira que no tiene una descripción definida. No existen colecciones en bancos de germoplasma o jardines botánicos. Es típicamente una especie que requiere de estrategias de conservación *in situ* para lograr su preservación.

Nutrición

Para el consumo humano se utiliza la parte de la inflorescencia. Es un alimento muy apreciado, ligeramente dulce con sabor a tierra, considerado como 'una fruta'[10,12,13]. Tiene entre 10 y 40 cm de largo, es de color rosado y muy jugosa. La calidad nutricional no ha sido muy estudiada, pero algunas investigaciones indican que es un alimento energético rico en carbohidratos[1,21,22], conteniendo proteínas, calcio, hierro, fósforo y algunas vitaminas del complejo B[1,5-10,23]. Contiene entre 93 a 240 IU de vitamina A por 100 g de porción comestible. Se reporta también una fuerte inhibición hacia la α-glucosidasa para las partes comestibles[16].

En la medicina tradicional andina el tubérculo del amañoque tiene muchas aplicaciones. Es utilizado en el tratamiento de trastornos hepáticos[22,23], problemas nerviosos y como calmante del dolor de cabeza, muela y estómago[22,23]. También presenta propiedades laxantes, y es utilizado como analgésico, bactericida, antiparasitario, diurético, sedante y tónico antialérgico10, así como para tratar dolencias de los riñones[10,12,21,23].

Atributos nutricionales (por 100 g peso fresco)[24]

Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)	Vitamina C (mg)
0.94 - 1.04	21-82	4.5-9.5	12-15	0.1	0.37-0.41	0.42-0.75



Resiliencia climática y adaptación

Al ser holoparásita[10], y no tener la capacidad de realizar fotosíntesis, requiere de una planta huésped para sobrevivir y su adaptación al cambio climático estará en función a la especie hospedera. Se conoce que la mayor abundancia de la especie se observa en el Altiplano, donde existen condiciones muy adversas, pero a la vez suelos drenados y profundos[8]. Este ambiente presenta noches muy frías y temperaturas bajo cero durante el invierno, con precipitaciones que se encuentran entre 100 y 300 mm por año en el Altiplano sur[7] y entre los 550 a 700 mm por año en el Altiplano norte[3,7].

El amañoque lograra adaptarse al cambio climático en la medida que su hábitat se conserva. Según la tradición local, el amañoque es utilizado como bioindicador en los meses de enero y febrero, indicando la continuidad o ausencia de lluvias pronosticados para la producción de la papa[1].

Potencial económico

El amañoque es una especie alimenticia silvestre –escasa y amenazada– conocida y utilizada tradicionalmente por los pobladores altoandinos. Ofrece una variación importante en la dieta en una zona donde típicamente el acceso a frutas y verduras es muy restringido. Su consumo es altamente estacional y se restringe a platillos locales de índole especial. Además, se recolecta para usos en medicina tradicional.

Dado su precario estado de conservación no se recomienda fomentar su comercialización. Un aumento en la demanda de esta especie como curiosidad gastronómica podría generar un impacto negativo, apresurando su extinción al no contar con un manejo sostenible. Sin duda, es una especie con mucho potencial, pero primeramente se requiere investigar la posibilidad de cultivarla o manejarla de forma sostenible. Para ello se requiere desarrollar técnicas de multiplicación y cultivo, así como estándares de manejo. Además, es necesario realizar más estudios científicos de sus compuestos nutricionales, nutracéuticas y funcionales.

Amañoque

Ombrophytum subterraneum

• Miguel Gonzalez (Bolivia) • Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP) • Fabiola Guzmán (Ecuador), independent consultant

The Altiplano of the Andean region is rich in a great diversity of food species, many of them distributed worldwide and essential for food security. However, other species are still rare and very little known, and basically used only by the inhabitants of rural communities. One of these is amañoque or *Ombrophytum subterraneum* (Aspl.) B. Hansen, also called *amanoko*, *ankañoca*, *hichar*, or *Altiplano* peach, and *sicha* in Chile[1-9]. The raw inflorescence is consumed as fruit and the tuber is traditionally used as medicine, raw or cooked. Amañoque is a holoparasite[10] of several plant species of the Altiplano, found mainly in tola communities (*Parastrephia* and *Baccharis*), but also in grasslands (*Festuca* and *Stipa*)[10]. It forms an underground tuber[11] that is extracted in the rainy season when humidity and temperature conditions are favorable. It is a rare species and therefore difficult to find. Only people who live close to its habitat are able to identify the places where it grows and the right time to remove it from the ground. To locate it, the villagers observe the cracking of the soil.

Origin

Amañoque belongs to the Balanophoraceae family of parasitic plants, notable for the development of unusual structures. There is no scientific evidence on the origin of the species. Since its development is closely related to the presence of other species in well-defined habitats, basically tolas and grasslands, it can be deduced that its origins lie in the high Andean regions of Bolivia, northern Argentina, Chile, and Peru[9,12,13]. There is no archaeobotanical evidence about its origin, but ethnobotanical and genetic studies suggest a long history of evolution and use in the Andes[14-17].



Gastronomy

Amañoque has a sweet and fruity flavor, and is considered a delicacy in the Altiplano. The edible part is the inflorescence; it is considered a fruit because it is eaten raw[9,10]. Some call it the Altiplano peach[21]. It is juicy and sweet, and is also boiled to make a refreshing beverage[21]. Typically, the inhabitants of the Andean highlands associate the consumption of amañoque with the sense of it being fresh or juicy and helping to combat thirst. The species has high potential as a novel ingredient for Novo-Andean cuisine.

Geographic distribution



The species occurs in the high Andean regions of Argentina, Bolivia, Chile, and Peru. In Argentina, it is found in the provinces of Tucumán, Jujuy, and Salta[18] and, in Bolivia, in the departments of Oruro, Potosí, Cochabamba, and La Paz[10]. In Chile, it occurs in the upper basin of the Loa River, throughout the foothills of Iquique, and around the villages in the foothills of the Arica and Parinacota Region up to Antofagasta[4]. In Peru, it is found in the highland region, basically Puno and Tacna. In Ecuador, it was reported in the Galapagos Islands[9], but it is likely that this was another species.

It is placed in the Endangered category (EN) on the Red List of Threatened Flora of Bolivia[10] and in Chile[19] it was also declared in danger of extinction 50 years ago. On the one hand, this is due to an expansion of the agricultural and livestock frontier; the habitats where amanoque grows have been deforested, putting the species at risk. On the other hand, it is a species that is sensitive to excessive extraction[20].

Varietal diversity

There is not much diversity with respect to this species, but there are references to three varieties or groups identified by residents of Cocoroco (Bolivia), which are called *chuqui tanka*, which has a long and thin inflorescence and a small tuber; choquela, with a short inflorescence and larger tuber; and the type called juira that does not have a defined description. There are no collections in gene banks or botanical gardens. It is typically a species that requires *in situ* conservation strategies to achieve its preservation.

Climate resilience and adaptation

Being holoparasitic[10], and not having the capacity to carry out photosynthesis, it requires a host plant to survive and its adaptation to climate change will depend on the host species. It is known that the greatest abundance of the species is observed in the Altiplano, where there are very adverse conditions, but at the same time drained and deep soils[8]. This environment presents very cold nights and temperatures below zero during winter, with precipitations that are between 100 mm and 300 mm per year in the southern Altiplano[7] and between 550 mm and 700mm per year in the northern Altiplano[3,7].

Amañoque will be able to adapt to climate change to the extent that its habitat is conserved. According to local tradition, amañoque is used as a bioindicator in the months of January and February, indicating the forecast of the continuity or absence of rain for potato production[1].

Economic potential

Amañoque is a wild food species–scarce and threatened–known and traditionally used by inhabitants of the Andean highlands. It offers a significant variation in diet in an area where access to fruits and vegetables is typically very restricted. Its consumption is highly seasonal and is restricted to local dishes of a special nature. In addition, it is collected for uses in traditional medicine.

Given its precarious state of conservation, promoting its commercialization is not recommended. An increase in the demand for this species as a gastronomic curiosity could generate a negative impact, hastening its extinction due to the lack of sustainable management. Undoubtedly, it is a species with a lot of potential, but first it is necessary to investigate the possibility of cultivating it or managing it in a sustainable way. This requires the development of multiplication and cultivation techniques, as well as management standards. In addition, more scientific studies of its nutritional, nutraceutical, and functional compounds are needed.

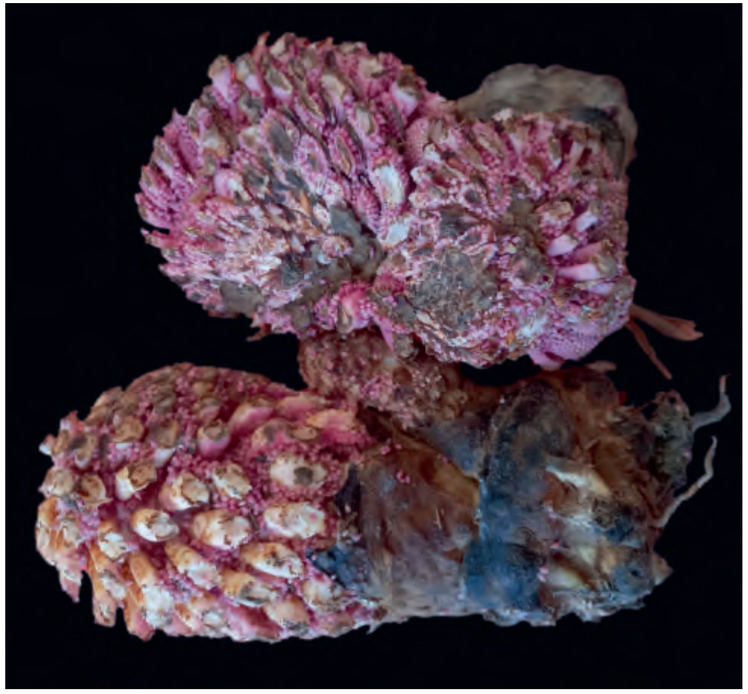
Nutrition

The inflorescence is the part used for human consumption. It is a highly appreciated food, slightly sweet with an earthy flavor, considered to be a fruit[10,12,13]. It is between 10 cm and 40 cm long, and is pink and very juicy. The nutritional quality has not been studied in depth, but some research indicates that it is an energy food rich in carbohydrates[1,21,22], containing protein, calcium, iron, phosphorus, and some B complex vitamins[1,5-10,23]. It contains between 93IU to 240IU of vitamin A per 100 g of an edible portion. A strong inhibition towards α-glucosidase is also reported for the edible parts[16].

In traditional Andean medicine, the tuber of amañoque has many applications. It is used in the treatment of liver disorders[22,23], problems of the nervous system, and as a pain reliever for headaches, toothaches, and stomach aches[22,23]. It also has laxative properties, and is used as an analgesic, bactericidal, antiparasitic, diuretic, sedative, and antiallergic tonic[10], as well as to treat kidney ailments[10,12,21,23].

Nutritional attributes (100g fresh weight)[24]

Protein (g)	Calcium (mg)	Iron (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)	Vitamin C (mg)
0.94 - 1.04	21-82	4.5-9.5	12-15	0.1	0.37-0.41	0.42-0.75





PROCESOS TRADICIONALES

Traditionally processed

Chuñificación tradicional: chuño, kaya, chullqi

• Cristina Fonseca (Perú) • Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

En las montañas, por encima de los 3,800 msnm, la transformación de los tubérculos andinos con la técnica ancestral de chuñificación se mantiene vigente desde hace miles de años. Mediante esta práctica, la canasta familiar dispone de alimentos todo el año, incluso en periodos de escasez. La chuñificación es esencial para la seguridad alimentaria de las comunidades altoandinas. El proceso hace factible el consumo de variedades de papa amarga (*Solanum juzepczukii*, *S. curtilobum*) y también de oca ácida (*Oxalis tuberosa*) que prosperan en las zonas altas por su capacidad de soportar bajas temperaturas. De esta forma se producen dos subproductos de la papa: el chuño blanco, conocido también como *tunta* por las poblaciones aimaras, y *moraya* por las poblaciones quechuas, y el chuño negro. También de la oca se producen dos subproductos: la *kaya* (khaya) y el *huipikaya*. Del olluco (*Ullucus tuberosus*), finalmente, se produce el *chullqi* (*chullqui*, *chullcce* o *lingli*).

Origen

Varios investigadores de la cultura andina[1-5] hacen mención a la evidencia arqueológica y lingüística de los subproductos de la papa con la técnica de la chuñificación, lo cual sugiere que el secado por congelación era común entre los agricultores andinos precolombinos, la misma que coevolucionó conjuntamente con la domesticación de la papa y otros tubérculos hace más de 8,000 años. Dichas civilizaciones desarrollaron técnicas para la preservación y desintoxicación de alimento. De no haberse desarrollado esta técnica de transformación de los tubérculos, como es el caso del chuño, no habrían nacido las civilizaciones Tiawanaku e Inca[6]. Los almacenes o collcas, a lo largo del *Qapaq ñan* (Camino Inca), contenían reservas de chuño para el ejército del imperio[7]. Además, la chuñificación ha contribuido al desarrollo de los pisos altitudinales de mayor altura en base a papa, oca, quinua y crianza de camélidos andinos; y con ello al manejo sostenible de los recursos naturales propios del Altiplano peruano boliviano con rotaciones comunales por largo tiempo[8,9,10].





Distribución geográfica



A pesar que el cultivo de los tubérculos andinos, como la papa, la oca y el olluco, se distribuye ampliamente desde Venezuela hasta el noroeste de Argentina, los subproductos obtenidos por medio de la chuñificación se han originado principalmente en el centro sur del Perú y Bolivia. El procesamiento de realiza a altitudes entre los 3,800 a 4,300 msnm, donde las condiciones ambientales son propicias con heladas nocturnas y una intensa radiación solar durante el día.

La tradición de preparar el chuño negro tiene una amplia distribución desde el centro del Perú hasta el sur de Bolivia. Por otro lado, el chuño blanco se produce principalmente en el Altiplano peruano boliviano, alrededor del lago Titicaca, y también en Cusco. La *kaya* de oca se produce desde los Andes centrales del Perú hasta y el centro de Bolivia[14]. La tradición de producir *chullqi* de olluco se concentra en los Andes del sur de Perú, desde Huancavelica hasta Cusco.

Nutrición

Los alimentos resultantes de la chuñificación se caracterizan por su alto aporte en calorías. Relativamente pocos estudios han investigado el valor nutricional de los derivados de la papa y los otros tubérculos, a pesar de que constituyen un pilar de la dieta en las zonas altoandinas[15]. Se ha demostrado en el chuño blanco que el contenido de hierro y el calcio se incrementa entre un 11.2 a 45.6% y un 74.5 a 714.9%, respectivamente. Por otro lado, la concentración del fósforo, potasio, magnesio y zinc disminuye significativamente. Dicha variación está explicada por el genotipo, el medio ambiente y a la interacción entre ambos[36,37]. Se conoce que en el caso del chuño negro la reducción de dichos minerales es menor[15]. En cuanto a la *kaya* y el *chullqi* las propiedades funcionales podrían verse afectadas por el procesamiento tradicional[14].

Atributos nutricionales (por 100 g de producto)

	Energía (Kcal.)	Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
Chuño negro	322	5.8	19	0.52	0.22
Chuño blanco	332	2.3	65	0.79	0.26
Kaya	311	4.3	52	9.9	-



Gastronomía

El consumo del chuño negro, chuño blanco, *kaya* y *chullqi* es principalmente regional. Tiene buena adaptación a diversos preparados[40]. Se emplean por lo general como complemento de sopas y guisos, como guarnición y para preparar algunos dulces como el famoso postre peruano denominado mazamorra[14,15,16,20], dado su alto contenido de almidón. Las comidas típicas en base al chuño son diversas: el chairo, la sajta y el chuño pasi. La kaya es consumida hervida o en algunos platillos cocinados en ollas de barro donde adquieren más sabor. También es requerida en Bolivia para la preparación de comidas comunales o *aptapis*[32].

Resiliencia climática y adaptación

La técnica ancestral de la chuñificación de tubérculos ha tomado ventaja de los aspectos geográficos propios de los altos Andes y del Altiplano, como la presencia de fuentes de agua y planicies para transformar los alimentos[8]. Las papas amargas y sus grupos varietales típicos –las *ruk'i*, *luk'i*, *waña*, *qanchillu* y *pala* entre otras– son muy rústicas y tolerantes a las heladas y plagas[34].

Asimismo, las ocas ácidas (tipo *khaya*) también son tolerantes a las heladas y al gorgojo de la oca. Un efecto negativo del cambio climático y que viene afectando la tradicional chuñificación, es la ausencia de heladas en los meses de junio y julio. Cada vez es menos predecible que se inicien alrededor del 24 de junio, fecha que tradicionalmente marca el inicio la época de elaboración del *chuño*, *kaya*, y *chullqi*.

Potencial económico

La elaboración de *chuño*, *kaya* y *chullqi* es una práctica generalizada en la agricultura familiar andina. Los actores son pequeños productores con áreas de cultivo de alrededor de una hectárea. Solamente una parte de la cosecha es procesada, por lo general para el autoconsumo y esporádicamente para la venta en ferias locales, como es el caso del chuño negro y la *kaya*. Sin embargo, existe la posibilidad de promover un mayor uso de estos productos nativos en el sector gastronómico. El chuño blanco es la gran excepción: tiene importancia comercial y es demandada en las ciudades y el exterior. Por ello, algunos procesadores adquieren papa fresca de regiones cercanas que producen variedades preferidas para su transformación orientada a la comercialización[8].

El potencial económico del chuño blanco ha sido motivo de diversos estudios. En 2010, la producción se estimó 12,600 toneladas en Puno, Perú, la zona de mayor producción. Eso representa el 70% del volumen nacional y para ello se han empleado alrededor de 90,000 toneladas de papa fresca. La demanda por una alta calidad de chuño blanco ha aumentado durante la última década y ha llevado a la aplicación de sistemas más estandarizados de control de calidad, particularmente alrededor de la zona del lago Titicaca[37].



Traditional freeze-drying: chuño, kaya, chullqi

• Cristina Fonseca (Peru) • Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP)

In the mountains, above 3,800 meters above sea level, the transformation of Andean tubers with the ancestral potato freeze-drying technique (chuñificación) has been in use for thousands of years. By this practice, the family pantry has food all year round, even in periods of scarcity. Freeze-drying potatoes is essential for the food security of the high Andean communities. The process makes the consumption of bitter potato varieties (*Solanum juzepczukii*, *S. curtilobum*) and also acidic oca (*Oxalis tuberosa*) feasible, given their high levels of glycoalkaloids and oxalic acid, respectively. In this way, two products of the potato are produced: white *chuño*, also known as *tunta* by the Aimara populations, and *moraya* by the Quechua populations, and black *chuño*. Two products are also produced from the oca: the *kaya* (*khaya*) and the *huipikaya*. From the olluco (*Ullucus tuberosus*), finally, the *chullqi* (*chullqui*, *chullcce* or *lingli*) is produced.

Origin

Several researchers of the Andean culture[1-5] mention the archaeological and linguistic evidence of potato by-products with the potato freeze-drying technique, which suggests that freeze-drying was common among pre-Columbian Andean farmers, the same that co-evolved jointly with the domestication of potatoes and other tubers, over 8,000 years ago. These civilizations developed techniques for the preservation and detoxification of food. If this tuber transformation technique had not been developed, as is the case with chuño, the Tiawanaku and Inca civilizations would not have been born[6]. The warehouses or *collcas*, along the *Qapaq ñan* (Inca Trail), contained reserves of chuño for the empire's army[7]. In addition, freeze-drying potatoes has contributed to the development of the highest elevation soils based on potatoes, oca, quinoa and the breeding of Andean camelids; and with it the sustainable management of the natural resources of the Bolivian Peruvian Altiplano with communal rotations for many years[8,9,10].



Geographic distribution



Although the cultivation of Andean tubers, such as potatoes, oca and olluco, is widely distributed from Venezuela to northwestern Argentina, the by-products obtained through freeze-drying have originated mainly in south-central Peru and Bolivia. The processing is carried out at altitudes between 3,800 to 4,300 masl, where environmental conditions are favorable with night frosts and intense solar radiation during the day.

The tradition of preparing black *chuño* has a wide distribution from central Peru to southern Bolivia. On the other hand, white *chuño* is produced mainly in the Bolivian Peruvian Altiplano, around Lake Titicaca, and also in Cusco. The *kaya oca* is produced from the central Andes of Peru to and central Bolivia[34]. The tradition of producing *chullqi de olluco* is concentrated in the Andes of southern Peru, from Huancavelica to Cusco.



Nutrition

The foods resulting from the potato freeze-drying process are characterized by their high calorie content. Relatively few studies have researched the nutritional value of potato derivatives and other tubers, despite the fact that they constitute a staple of the diet in the Andean highlands[15]. It has been shown in white *chuño* that the content of iron and calcium increases between 11.2 to 45.6% and 74.5 to 714.9%, respectively. On the other hand, the concentration of phosphorus, potassium, magnesium and zinc decreases significantly. This variation is explained by the genotype, the environment and the interaction between the two[36,37]. It is known that in the case of black chuño, the reduction of these minerals is lower[15]. Regarding *kaya* and *chullqi*, the functional properties could be affected by the traditional process[14].

Nutritional attributes (per 100 g of product)

	Energía (Kcal.)	Proteínas (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)
Black *chuño*	322	5.8	19	0.52	0.22
White *chuño*	332	2.3	65	0.79	0.26
Kaya	311	4.3	52	9.9	-



Gastronomy

The consumption of black *chuño*, white *chuño*, *kaya* and *chullqi* is mainly regional. They adapt well to several recipes[40]. They are generally used as a complement to soups and stews, as a side dish, and to prepare some desserts like the famous Peruvian dessert called *mazamorra*[14,15,16,20], given its high starch content . Typical foods based on chuño are diverse: chairo, sajta, and *chuño pasi*. Kaya is consumed boiled or in some dishes cooked in clay pots where they acquire more flavor. It is also required in Bolivia for the preparation of communal meals or aptapis[32].

Potencial económico

The production of *chuño*, *kaya* and *chullqi* is a widespread practice in Andean family farming. The protagonists are small producers with cultivation areas of around one hectare. Only part of the harvest is processed, usually for self-consumption and sporadically for sale at local markets, as is the case of black *chuño* and *kaya*. However, there is the possibility of promoting a greater use of these native products in the gastronomic sector. White *chuño* is the great exception: it is commercially important and is in demand in the cities and abroad. As a result, some processors purchase fresh potatoes from nearby regions that produce preferred varieties for marketing-oriented processing[8].

The economic potential of white chuño has been the subject of various studies. In 2010, production was estimated at 12,600 metric tons in Puno, Peru: the area with the highest production. That represents 70% of the national volume and around 90,000 tons of fresh potatoes have been used for this. The demand for high quality white chuño has increased over the last decade and has led to the application of more standardized quality control systems, particularly around the Lake Titicaca area[37].

Climate resilience and adaptation

The ancestral technique of freeze-drying tubers has taken advantage of the geographical aspects of the high Andes and the Altiplano, such as the presence of water sources and dry plains to transform food[8]. Bitter potatoes and their typical varietal groups – the *ruk'i*, *luk'i*, *waña*, *qanchillu* and pala among others – are very hardy and tolerant to frosts and pests[34]. Likewise, acidic oca (*khaya* type) are also tolerant to frosts and oca weevils.

A negative effect of climate change, which has been affecting the traditional freeze-drying process, is the absence of frost in the months of June and July. It is less and less predictable that they begin around June 24, the date that traditionally marks the beginning of the time of making *chuño*, *kaya*, and *chullqi*.



Fermentación: tocosh y chicha

• Bill Schindler (USA), El Laboratorio de Alimentos de Eastern Shore y la Cocina Moderna de la Edad de Piedra • Stef de Haan (Perú), Centro Internacional de la Papa (CIP)

El *tocosh* (también llamado *tokosh* o *togosh*) es un método tradicional andino de producción de alimentos fermentados, que utilizan principalmente papas y maíz. La preparación de tocosh se basa en la fermentación bacteriana para desintoxicar y cambiar radicalmente la textura, el sabor, el aroma, la calidad de los nutrientes y su biodisponibilidad. El *tocosh* de papa también es valorado por sus propiedades medicinales. A veces se le conoce como un "antibiótico natural" porque contiene muchos compuestos, incluida la penicilina, producidos durante el proceso de fermentación[1,2,3,4]. Se utiliza para prevenir y tratar una variedad de enfermedades, además de servir como alimento energético. Otras prácticas de fermentación de alimentos en los Andes incluyen la preparación de chicha. Este es el nombre que se le da a diversas variedades de bebidas derivadas principalmente de la fermentación sin destilar del maíz (*Zea mays* L.).



Origen y distribución geográfica



La producción de tocosh implica una tecnología ancestral de procesamiento de alimentos de origen preínca. La domesticación de las papas, que comenzó hace casi 10,000 años, podría haberse beneficiado claramente de la fermentación bacteriana, por lo que esta práctica puede ser muy antigua[3].

Actualmente, la producción de tocosh está restringida a unas pocas áreas, principalmente en la región de Huánuco, en el Perú, pero también se practica en las regiones de Áncash, La Libertad y Junín[3]. El *tocosh* se elabora sobre todo en lugares donde el secado tradicional de papas por congelación no es posible debido a la falta de escarcha y humedad. Por lo tanto, el *tocosh* puede verse como una adaptación al entorno local y como un medio de almacenamiento a largo plazo donde la liofilización no es una opción.

A diferencia del *tocosh*, la producción tradicional de la chicha está muy extendida en toda la región andina, con formas especiales de producción que se encuentran en diferentes regiones desde Venezuela hasta Chile y Argentina. La rica historia y los orígenes tempranos de esta bebida de gran valor coevolucionaron con la domesticación y diversificación del cultivo de maíz en los Andes[5]. En el idioma quechua, la chicha se llama *aqa* o *aswa*, y *kusa* en el idioma aimara.

Nutrición

Las papas son una fuente importante de nutrientes, como se detalla en otros capítulos de este libro. Sin embargo, las papas también contienen otras toxinas y antinutrientes, así como oxalatos que pueden acumularse con el tiempo en el cuerpo, creando diversos problemas de salud en el futuro. Muchas variedades ancestrales y nativas también contienen niveles más altos de toxinas. La fermentación ayuda a desintoxicarlas, haciéndolas más seguras para el consumo humano, aumentar el contenido de nutrientes al producir vitaminas, reducir el índice glucémico y predigerir química y físicamente las papas. Esto hace que el contenido nutricional que contienen sea más biodisponible para el cuerpo humano[9]. Las investigaciones realizadas sobre el tocosh de maíz indican que el proceso modifica la composición química de los ácidos grasos en la fracción lipídica. El análisis muestra un aumento de ácido linoleico, relacionado con el tiempo de fermentación. El ácido linoleico es un lípido poliinsaturado omega-6 esencial e importante para la salud humana[7,8].

La chicha es una buena fuente de energía, minerales y vitaminas. Tiene un importante potencial funcional relevante para la salud y es muy nutritiva[8]. Uno de los valores nutricionales atribuidos a la chicha es su alto contenido en probióticos. Las recetas ancestrales y los procesos tradicionales ayudan a mantener los microorganismos nativos como un recurso de la biodiversidad con potenciales propiedades beneficiosas para la salud[10].

Atributos nutricionales (por 100 g de peso fresco)[11]

	Proteína (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina B1 (mg)	Vitamina B2 (mg)	Vitamina B3 (mg)
Tocosh	2.6	11	-	0.80	0.02	0.20	1.25
Chicha de jora	0.4	22	1.80	2.40	0.02	0.10	0.20



Gastronomía

El *tocosh* se come de muchas formas y es la base de una variedad de platos. Sin embargo, se usa con mayor frecuencia como harina natural o seca para producir una papilla conocida como mazamorra o api, en quechua. Existen variaciones regionales en la preparación de mazamorra que a veces incluye calabaza, quinua y/o azúcar. En el pueblo de Huallacayán (Áncash, Perú), los habitantes preparan una papilla de *tocosh* especial para el día de los muertos. Las aplicaciones culinarias más recientes incluyen un helado de *tocosh*, que se convirtió en el postre más exitoso en el Festival Gastronómico Internacional de Lima 2014[13].

La chicha sigue siendo una bebida tradicional muy valorada, que se consume como parte de eventos sociales y especiales en toda la región andina. Su consumo viene acompañado de una amplia variedad de tradiciones arraigadas. Sin embargo, la preparación y el uso de la chicha también están sujetos a continuas innovaciones. Estos incluyen el uso de frutas nativas o el uso de chicha para cocinar al vapor y sofreír una variedad de alimentos. La chicha realmente simboliza lo antiguo y lo nuevo en la cocina andina.





Potencial económico

El *tocosh* es un gusto adquirido, ya que tiene una textura inusual, así como un sabor y aroma muy fuertes. Sin embargo, los beneficios nutricionales y medicinales del *tocosh* pueden ser lo suficientemente poderosos como para crear un mercado para el consumidor actual que se preocupa por la salud[12]. El proceso de fermentación también se puede aplicar a las variedades modernas de papas domesticadas en todo el mundo para crear productos finales que sean más seguros y más nutritivos que los alimentos comunes a base de papa de hoy en día. El uso de harina de *tocosh* puede ayudar a abordar algunos de los aspectos negativos asociados con el olor. También existe el potencial de aprovechar el componente cultural del tocosh para crear oportunidades de turismo ecoculinario[13].

Desde hace mucho tiempo, la chicha ha establecido su potencial económico y continúa siendo una bebida muy valorada por los consumidores rurales y urbanos de los Andes. Continúan surgiendo nuevas oportunidades a medida que las tradicionales chicherías y picanterías, lugares tradicionales donde se sirve chicha, se han revalorizado para revitalizar las culturas gastronómicas locales y las oportunidades para el turismo gastronómico[14]. La chicha también se usa ampliamente como parte de la cocina novoandina en constante evolución.

Fermentation: tocosh and chicha

• Bill Schindler (USA), The Eastern Shore Food Lab and Modern Stone Age Kitchen • Stef de Haan (Peru), International Potato Center (CIP)

Tocosh (also spelled _tokosh_ or _togosh_) is a traditional method of producing fermented foods, primarily potatoes and maize, in the Andes. Preparation of tocosh relies upon bacterial fermentation to detoxify and radically change the texture, flavor, aroma, nutrient quality, and their bioavailability. Potato tocosh is also valued for its medicinal properties. It is sometimes referred to as a "natural antibiotic" because it contains many compounds, including penicillin, produced during the fermentation process[1,2,3,4]. It is used to ward off and treat a variety of illnesses as well as serving as an energy food. Other practices of fermenting foods in the Andes include the preparation of chicha. Chicha is the name given to various varieties of beverages derived mainly from the undistilled fermentation of maize (_Zea mays_ L.).



Origin and geographical distribution



The production of *tocosh* involves ancestral food processing technology considered to be of pre-Incan in origin. The domestication of potatoes could have clearly benefitted from bacterial fermentation which began almost 10,000 years ago so this practice may be very ancient[3].

Currently, *tocosh* production is restricted to only a few areas, primarily in the Huánuco region of Peru but also practiced in the Ancash, La Libertad and Junín regions[3]. Tocosh is practiced more widely in locations where traditional freeze-drying of potatoes is not possible due to the lack of frost and humidity. *Tocosh* can thus be viewed as an adaptation to the local environment and as a means of long-term storage where freeze-drying is not an option.

Contrary to *tocosh*, the tradition of chicha production is very widespread throughout the Andean region, with special forms of production found in different regions from Venezuela to Chile and Argentina. The rich history and early origins of this highly valued beverage co-evolved with the domestication and diversification of the maize crop in the Andes[5]. In the Quechua language chicha is called aqa or aswa, and kusa in the Aimara language.

Nutrition

Potatoes are an important source of nutrients, as detailed in other chapters of this book. Yet, potatoes also contain other toxins and anti-nutrients as well as oxalates that may build up over time in the body, creating a variety of health issues later in life. Many heirloom and ancient varieties of potatoes also contain higher levels of toxins. Fermenting potatoes helps detoxify them, making them safer for human consumption, and increases the nutrient content by producing vitamins, lowering the glycemic index, and chemically and physically pre-digests the potatoes making the nutrition they contain more bioavailable to the human body[9].

Research conducted on maize tocosh indicates that the process modifies the chemical composition of the fatty acids in the lipidic fraction. Analysis shows an increase in linoleic acid, related to the time of fermentation. Linoleic acid is an essential and important omega-6 polyunsaturated lipid for human health[7,8].

Chicha is a good source of energy, minerals, and vitamins. It has an important health-relevant functional potential and is highly nutritious[6]. One of the nutritional values attributed to chicha is its high probiotic content. The age-old recipes and traditional processes help maintain native microorganisms as a resource of biodiversity with potential health-beneficial properties[10].

Nutrition highlights (per 100 g fresh weight)[11]

	Protein (g)	Calcium (mg)	Iron (mg)	Vitamin C (mg)	Vitamin B1 (mg)	Vitamin B2 (mg)	Vitamin B3 (mg)
Tocosh	2.6	11	-	0.80	0.02	0.20	1.25
Chicha de jora	0.4	22	1.80	2.40	0.02	0.10	0.20



Gastronomy

Tocosh is eaten in many forms and is the basis for several dishes. However, it is most often used in its natural or dried flour state to produce a porridge known as mazamorra or api in Quechua. There are regional variations in the preparation of mazamorra which sometimes includes squash, quinoa, and/or sugar. In the village of Huallacayan (Ancash, Peru), residents make a special *tocosh* porridge for the day of the dead. More recent culinary applications include a tocosh ice cream which became the most successful dessert at the 2014 International Gastronomic Festival of Lima[13].



Chicha remains a traditional and highly valued beverage which is consumed as part of social and special events throughout the Andean region. Its consumption comes with a wide variety of long-established traditions. However, the preparation and use of chicha is also subject to continues innovations. These include the use of native fruits or the use of chicha to steam and stir-fry a variety of foods. Chicha truly symbolizes the old and the new in Andean cuisine.





Economic potential

Tocosh is an acquired taste since it has an unusual texture and a very strong flavor and aroma. However, the nutritional and medicinal benefits of tocosh may be powerful enough to create a market for today's health-conscious consumer[12]. The fermentation process can also be applied to modern domesticated varieties of potatoes around the world to create end products that are safer and more nutritious than today's common potato-based foods. Using tocosh flour may help address some of the negative aspects associated with odor. The potential also exists to leverage the cultural component of tocosh to create eco-culinary tourism opportunities[13].

Chicha has since long established its economic potential and continues to be a highly valued beverage for Andean rural and urban consumers. New opportunities continue to emerge as the traditional chicherias and picanterias, traditional venues where chicha is being served, have been revalued to revitalize local food cultures and opportunities for gastronomic tourism[14]. Chicha is also widely being used as part of the ever-evolving novoandean cuisine.

P’asa o chacu

Consumo tradicional de arcilla

• Bill Schindler (USA), El Laboratorio de Alimentos de Eastern Shore y la Cocina Moderna de la Edad de Piedra

La geofagia, el consumo intencional de tierra, es una estrategia de desintoxicación observada en todo el reino animal[1]. La práctica también introduce una variedad de minerales como cloruro de sodio, carbonato de calcio, cobre, hierro y zinc en la dieta y a menudo se observa en las poblaciones humanas durante épocas de mayores necesidades nutricionales como el embarazo, la lactancia y la escasez de alimentos[2,3,4]. En los Andes, las comunidades nativas han practicado esta estrategia durante miles de años. *P’asa* (o *phasa*, *p’asalla*) en aimara o; *chacu* (o *ch’akku*, *chachakku*) en quechua, es la práctica de consumir variedades nativas de papa sumergidas en arcilla[5].

Origen y distribución geográfica



La evidencia de geofagia en nuestro pasado dietético ancestral data de hace más de 2 millones de años, en un sitio de Kalambo Falls, en Zambia, donde los arqueólogos descubrieron restos de *Homo habilis* junto a una arcilla particularmente rica en calcio[8]. El contexto del descubrimiento, además de la idoneidad de la arcilla para la desintoxicación, llevó a los arqueólogos a creer que estaban usando arcilla como suplemento dietético.

La evidencia arqueológica más temprana del consumo de arcilla en los Andes proviene de Chirpa, Bolivia, y data de hace 2,500 años[9], pero la práctica es indudablemente mucho más antigua ya que las papas fueron domesticadas hace al menos 10,000 años y consumirlas con arcilla es una forma sencilla de desintoxicar las variedades nativas de papa[2]. Esta práctica está restringida a la región del Altiplano de Perú y Bolivia, coincidiendo con el área que rodea el lago Titicaca, precisamente la región que a menudo se indica como el principal centro de domesticación de la papa y desde donde el cultivo se extendió al norte y sur de los Andes para una diversificación adicional; la geofagia fue probablemente parte del proceso de domesticación[10,11]. Hoy en día, el consumo de arcilla y papas ocurre en la región del Altiplano andino de Perú y Bolivia.



Nutrición

Las papas son fuente de una variedad de nutrientes que incluyen proteínas, carbohidratos, fibra, vitaminas B3, B6, B9 y C, potasio, manganeso, magnesio, fósforo, hierro, zinc y ácido fólico[12]. También son deliciosas, abundantes y extremadamente versátiles. Sin embargo, las papas también contienen una serie de toxinas y antinutrientes que incluyen glicoalcaloides (tanto solanina como chaconina), fitatos, lectinas y oxalatos. Estos últimos, por ejemplo, se almacenan en el cuerpo y pueden crear diversos problemas de salud en el futuro. Muchas variedades tradicionales y nativas de papas contienen niveles más altos de toxinas como *Solanum ajanhuiri*, *S. juzepczukii* y *S. curtilobum*. Además, un almacenamiento deficiente puede aumentar la carga de toxinas, incluso de las variedades modernas disponibles comercialmente, haciéndolas potencialmente peligrosas para el consumo. Dosis bajas de glicoalcaloides pueden producir dolor abdominal y diarrea, mientras que dosis muy altas pueden provocar parálisis y muerte.

El consumo de arcilla con papas crea la oportunidad para que las arcillas cargadas negativamente se unan y neutralicen las toxinas cargadas positivamente a medida que se digieren, mientras que la nutrición de la papa se absorbe y se utiliza de manera segura[13].

Composición química de arcillas bolivianas y peruanas utilizadas para preparar aderezos[14-18]

Componente	Rango (%)	Componente	Rango (%)
SiO_2	54.4-77.4	CaO	0.5-2.8
Al_2O_3	12.9-23.4	MgO	1.4-12.2
TiO_2	0.1-0.9	Na_2O	0.2-4.7
Fe_2O3	2.2-9.2	K_2O	0.6-4.3
MnO	0.003-0.01	P_2O_5	0.01-0.09



Gastronomía

El consumo tradicional de patatas con barro es sencillo pero potente: patatas asadas bañadas en barro y consumidas a mano. Sin embargo, existe la oportunidad de que la variación y la interpretación creen experiencias gastronómicas y educativas únicas.

Por ejemplo, el chef Virgilio Martínez del restaurante Central, en Lima, ofrece platos con arcilla para brindar a los comensales la oportunidad de experimentar la geofagia en uno de los mejores restaurantes del mundo. Y, durante una comida de seis platos diseñada para llevar a los comensales a un viaje culinario a través del tiempo, el Dr. Bill Schindler sirve papas fermentadas con una espuma de arcilla para presentar a su audiencia este componente muy antiguo e importante de nuestras dietas.

• **Papas hervidas en un horno de barro que luego serán consumidas con waqa, aderezo elaborado con arccilla, agua y sal.** •• Potatoes boiled in a clay oven that will later be consumed with waqa, a dressing made with clay, water and salt.

Preparación y forma de consumo

Las papas se preparan para el consumo con arcilla cocinándolas primero en un hornito o watia, o en un pequeño horno cavado en la tierra. El horno se crea cavando un pequeño hoyo poco profundo donde se apila tierra seca con forma de domo. Estiércol de vacas y hierba seca se utilizan como combustible, y el fuego se puede mantener durante una hora para calentar el horno a una temperatura adecuada para cocinar las papas. El horno se desmonta gradualmente mientras se asegura que las patatas estén rodeadas de trozos calientes de tierra. El horno se cubre con tierra adicional para proporcionar una capa de aislamiento. Pasados unos 40 minutos se excava el horno y las patatas cocidas están listas para ser consumidas con arcilla.

Las arcillas comestibles se seleccionan tanto por su idoneidad para desintoxicar como por sus perfiles de sabor. Por lo general, se utilizan diferentes tipos y fuentes de arcilla y existe una variedad de texturas, sabores y colores como la “arcilla roja”, “arcilla amarilla” y “arcilla verde”. La *Waqa*, o aderezo de arcilla, se crea mezclando arcilla seca con agua y sal. Las papas se consumen sumergiéndolas en la waqa antes de cada bocado. Es importante señalar que las papas no se pelan antes de consumirlas con arcilla, se comen con todo y la cáscara. Estas son una fuente potencial de toxinas[6] y, por lo tanto, casi todas las papas en los Andes se pelan antes de su consumo, sin importar cómo se preparen[7]. El hecho de que las cáscaras se consuman durante la práctica de la geofagia ilustra aún más el poder desintoxicante de la arcilla.

Potencial económico

La arcilla comestible está disponible en los mercados de todo el mundo, así como a través de plataformas de compras en línea. Existe el potencial para aprovechar el componente cultural de la *p’asa* y el *chacu* para crear oportunidades educativas y de turismo ecoculinario, así como ofertas de menú únicas para restaurantes. Hacer esto posible requeriría el establecimiento de cadenas de suministro sostenibles y de comercio justo desde las comunidades locales. También requeriría educar a los departamentos de salud sobre los beneficios de los enfoques dietéticos ancestrales, como la geofagia, para incluirlos en el panorama alimentario moderno.

P’asa or chacu

Andean traditional clay consumption

• Bill Schindler (USA), The Eastern Shore Food Lab and Modern Stone Age Kitchen

Geophagy, or the intentional consumption of earth, is a detoxification strategy witnessed throughout the animal kingdom[1]. The practice also introduces a variety of minerals such as sodium chloride, calcium carbonate, copper, iron, and zinc into the diet and is often witnessed in human populations during times of increased nutritional needs such as pregnancy, lactation, and food shortages[2,3,4]. In the Andes, native communities have practiced this strategy for thousands of years. *P’asa* (or *phasa*, *p’asalla*) in Aymara or *Chacu* (or *ch’akku*, *chachakku*) in Quechua is the practice of consuming ancestral potato landraces dipped in clay[5].



Origin and geographical distribution



Evidence for geophagy in our ancestral dietary past dates to more than 2 million years ago at a site of Kalambo Falls in Zambia where archaeologists uncovered remains of *Homo habilis* next to a particularly calcium-rich clay[8]. The context of the discovery, in addition to the clay’s suitability for detoxification, led archaeologists to believe they were using clay as a dietary supplement.

The earliest archaeological evidence for consuming clay in the Andes come from Chirpa, Bolivia and dates to 2,500 years ago[9], but the practice is undoubtedly much older since potatoes were domesticated at least 10,000 years ago and consuming with clay is a simple way of detoxifying ancient potato landraces[5]. The practice is restricted to the Altiplano region of Peru and Bolivia coinciding with the area surrounding Lake Titicaca, precisely the region that is often indicated as the main center of potato domestication and from where the crop spread to the northern and southern Andes for additional diversification and geophagy was likely part of the domestication process[10,11]. Today, the act of consuming clay with potatoes still occurs in the Andean Altiplano region of Peru and Bolivia.

Preparation and consumption process

Potatoes are prepared for consumption with clay by first cooking them in a hornito or watia, or a small temporary earthen oven. The oven is created by digging a small shallow pit in the ground with dry earth stacked over the pit in a dome. Manure from cows and dry grass are used as fuel, and the fire is maintained for an hour to heat the oven to a correct temperature to cook the potatoes. The oven is gradually dismantled while ensuring the potatoes are surrounded by hot chunks of the earth. The oven is covered with additional earth to provide a layer of insulation. After about 40 minutes the oven is excavated, and the cooked potatoes are ready to be consumed with clay.

Edible clays are selected for both detoxification suitability and their flavor profiles. Different types and sources of clay are typically used and there is an array of textures, flavors and colors like ‘red clay’, ‘yellow clay’ and ‘green clay.’

Waqa, or the clay dip, is created by mixing dry clay with water and salt. Potatoes are then consumed by dipping them in the waqa prior to each bite. It is important to note that the potatoes are not peeled prior to consumption with clay and instead eaten along with the rest of the potato. Potatoes peels are a potential source of toxins in potatoes[6] and therefore almost all potatoes in the Andes are peeled prior to consumption no matter how they are prepared[7]. The fact that the peels are consumed during the practice of geophagy further illustrates the detoxification power of the clay.

Economic potential

Edible clay is available in open air markets around the world as well as via online shopping platforms. However, the economic opportunity is presently limited. Nevertheless, the potential exists to leverage the cultural component of p’asa and chacu to create eco-culinary tourism and educational opportunities as well as unique menu offerings for restaurants. Making this possible would require establishing sustainable and fair-trade supply chains from local communities. It would also require educating health departments on the benefits of ancestral dietary approaches such as geophagy to include them in the modern foodscape.

Nutrition

Potatoes are a source of a variety of nutrients including protein, carbohydrates, fiber, vitamin B3, B6, B9 and C, potassium, manganese, magnesium, phosphorus, iron, zinc and folate[12]. They are also delicious, filling, and extremely versatile. However, potatoes also contain a number of toxins and anti-nutrients including glycoalkaloids (both solanine and chaconine), phytates, lectins, and oxalates. Some of these toxins, such as oxalates, are stored in the body and can build up over time creating a variety of health issues later in life. Many heirloom and ancient landraces of potatoes contain higher levels of toxins such as *Solanum ajanhuiri*, *S. juzepczukii* and *S. curtilobum*. Further, poor storage can increase the toxin load of potatoes, even of modern commercially available varieties, making them potentially unsafe for consumption. Low doses of glycoalkaloids can produce abdominal pain and diarrhea while very high doses can result in paralysis and death.

Consuming clay with potatoes creates the opportunity for the negatively charged clays to bind and neutralize the positively charged toxins as they are digested while the nutrition from the potato is absorbed and safely utilized[13].

Chemical composition of Bolivian and Peruvian clays used to prepare dips [14-18]

Component	Rango (%)	Componente	Rango (%)
SiO_2	54.4-77.4	CaO	0.5-2.8
Al_2O_3	12.9-23.4	MgO	1.4-12.2
TiO_2	0.1-0.9	Na_2O	0.2-4.7
Fe_2O3	2.2-9.2	K_2O	0.6-4.3
MnO	0.003-0.01	P_2O_5	0.01-0.09



Gastronomía

The traditional consumption of potatoes with clay is simple yet powerful: baked potatoes dipped in clay and eaten by hand. However, the opportunity exists for variation and interpretation to create unique dining and education experiences. For example, Chef Virgilio Martinez of Restaurant Central, Lima, offers dishes with clay to provide diners with the opportunity to experience geophagy in one of the world’s top restaurants.

During a six-course meal designed to bring diners on a culinary journey through time, Dr. Bill Schindler serves fermented potatoes with a clay foam to introduce his audience to this very ancient and important component of our diets.

• El consumo de arcillas en los Andes es una tradición que se remonta a tiempos prehispánicos y hoy se realiza sobre todo en comunidades de altura •• The consumption of clays in the Andes is a tradition that dates back to pre-Hispanic times and today is carried out mainly in high-altitude communities.



LOS ANDES Y LOS ALIMENTOS DEL FUTURO

50 Andean Future Foods

Edición general • General edition
© Centro Internacional de la Papa (CIP)
Avenida La Molina 1895, La Molina
Lima, Perú

Editores científicos • Science editors
Stef de Haan
Margaret Zeigler
Fabiola Guzman Vidal

Producción editorial • Editorial production
Walter H. Wust Ediciones

Coordinacion general • General coordination
Stef de Haan
Walter H. Wust

Fotografía • Photographs
Walter H. Wust
Gabriel Herrera (imágenes de estudio)

Diseño gráfico • Graphic design
Gabriel Herrera / Wust Ediciones

Traducción • Translation
Elise van der Heijden

Impresión • Printing
Gráfica Biblos S.A.
Jr. Morococha 152, Surquillo
Impreso en noviembre de 2021

Primera edición
Lima, diciembre 2021
Tiraje: 1,000 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca
Nacional del Perú N° 2021-13259
ISBN: 978-9972-9792-2-4

Prohibida la reproducción total o parcial de
esta publicación sin autorización expresa de los editores.

AGRADECIMIENTOS

Los editores deseamos expresar nuestras más sinceras gratitudes a un grupo de personas que nos apoyaron durante el complejo proceso de recolección de los alimentos provenientes de todas partes de los Andes para que fueran fotografiados en nuestro estudio de Lima, Perú: Miguel López, Christian Quispe, Angela Baldoceda, Carmela Landeo, Alipio Canahua, Andrea Quevedo, Emilia y Lidia Albarrán, Roberto Gonzáles y Marco Antonio Huamán. También a nuestros caseros y caseras de los mercados Nº 1 de Surquillo, Lobatón de Lince y Kiwi de Chorrillos, en Lima, por su amabilidad y su buena disposición para conseguir lo mejor de sus puestos para nuestro trabajo. Y, finalmente, a los hombres y mujeres del campo a lo largo de los Andes, desde Bolivia hasta Colombia que nos permitieron fotografiar sus cosechas y el fruto de su arduo trabajo.

Acknowledgements

The editors would like to express their most sincere gratitude to a group of people who supported us during the complex process of collecting the foods from different parts of the Andes to be photographed in our studio in Lima, Peru: Miguel López, Christian Quispe, Angela Baldoceda, Carmela Landeo, Alipio Canahua, Andrea Quevedo, Emilia y Lidia Albarrán, Roberto Gonzáles and Marco Antonio Huamán. Also, to our market stall holders in the markets Surquillo Nº 1, Lobatón de Lince and Kiwi de Chorrillos, in Lima, for their kindness and willingness to help and get the best products from their stall for our work. And, finally, to the men and women of the countryside throughout the Andes, from Bolivia to Peru, who enabled us to photograph their harvests and the fruits of their hard labor.