

In-situ Monitoring System in the Dry Corridor of Guatemala through the Establishment of a Digital Agricultural Plot / Sistema de monitoreo *in situ* en el corredor seco de Guatemala a través del establecimiento de una parcela agrícola digital

Jesus David Martinez, j.d.martinez@cgiar.org, Alliance Bioversity-CIAT
Daniel Ricardo Jimenez, d.jimenez@cgiar.org, Alliance Bioversity-CIAT
Gresia Dalal Ramos, g.d.ramos@cgiar.org, Alliance Bioversity-CIAT
Oscar H. Estrada Vargas, o.estrada@cgiar.org, Alliance Bioversity-CIAT
Luis Armando Muñoz, **Luis Armando Muñoz**, Alliance Bioversity-CIAT
Anna Muller, anna.muller@cgiar.org, Alliance Bioversity-CIAT
Jelle Filip Van Loon, j.vanloon@cgiar.org, CIMMYT
Melissa Bonilla, melissa.bonilla@futop.org, FUTOP

Abstract

In early 2023, following the graduation of 26 professionals from the "Digital Agriculture" diploma at CUNORI in Chiquimula, Guatemala, an *In-situ* monitoring system was established. This concept, birthed from the diploma program, recognized the need for a real-world space equipped with the latest technology. An *In-situ* monitoring system based on the establishment of a digital agricultural plot in Guatemala represents a testing ground for automated agriculture. Located in the region's challenging dry corridor. This innovative plot, supported by CGIAR, CUNORI University, and the CGIAR initiatives on Digital Innovation and AgriLac, is designed to enhance decision-making and efficiency for small-scale farmers. It achieves this through advanced *in situ* sensors and technologies that deliver precise data on climate and soil conditions. The plot functions as a laboratory, testing technologies that are apt for the unique challenges of the dry corridor, with a focus on social, environmental, and economic efficiency, while also addressing the needs of the regional community. Conducting user research is crucial, serving as a compass to guide our actions. This pioneering laboratory aims to optimize agri-food systems and expand the model, benefiting farmers in Guatemala and potentially in other countries, through the advancement of digital technology.



AgriLAC Resiliente:
Resilient Agrifood Innovation
Systems in Latin America and
the Caribbean

Date:21/12/2023

// Work Package:4

// Partner: CUNORI (Centro Universitario de

Oriente – Universidad de San Carlos de Guatemala

This publication has been prepared as an output of **CGIAR Research Initiative on [Digital Innovation](#)**, which researches pathways to accelerate the transformation towards sustainable and inclusive agrifood systems by generating research-based evidence and innovative digital solutions. This publication has not been independently peer-reviewed. Any opinions expressed here belong to the author(s) and are not necessarily representative of or endorsed by CGIAR. In line with principles defined in [CGIAR's Open and FAIR Data Assets Policy](#), this publication is available under a [CC BY 4.0](#) license. © The copyright of this publication is held by [IFPRI](#), in which the Initiative lead resides. We thank all funders who supported this research through their contributions to [CGIAR Trust Fund](#).

Contents

Abstract.....	1
Introduction.....	1
Location of the Digital Agricultural Plot.....	2
What is Digital Agricultural Plot?.....	3
Metodología – Diseño Centrado en el Humano	4
Fases y Resultados - DCH.....	5
Fases de definición y exploración – brief insight.....	5
Objetivos y desafíos	5
Investigación de usuario	7
Descarga de aprendizajes.....	15
Fase de creación – brief insight.....	16
Tormenta de ideas.....	16
Storyboards.....	18
Evaluación de recursos.....	22
Fase de validación	23
Reflexiones.....	23
Fase de escalamiento.....	24
Cronograma del proyecto	24
Definir el éxito.....	25
Información agroclimática generada con los sensores de la parcela digital....	26
Next Steps	28

Introduction

The Digital Agricultural Plot is an innovative concept that originated in early 2023, immediately after the graduation of 26 professionals from the “Digital Agriculture” diploma program at the Centro Universitario de Oriente (CUNORI) in the region and municipality of Chiquimula, in the dry corridor of Guatemala. Throughout the development of this diploma program, the need for an area equipped with technology for monitoring agroclimatic variables became evident, aiming to support decision-making in the agricultural and environmental sectors.

Therefore, this diploma, in addition to strengthening the technical capacity of the participants, also served as the starting point for an innovative idea that, over time, transformed into a tangible reality thanks to the digital innovation initiative of CGIAR. This initiative successfully established a space for the generation of information and learning, equipped with various types of technology at CUNORI university. This university plays a crucial role in the region as a significant contributor to the education of professionals in the agricultural and environmental sectors.

This municipality of Chiquimula is situated within the Central American Dry Corridor, which, according to reports from INSIVUMEH¹, falls under the Eastern Valleys Climatic Region at the national level. Its primary characteristic is a rainfall deficit, making it the driest region in the country, with an annual rainfall average ranging between 700 to 1300 mm. In this context, the integration of the digital plot adds to the efforts aimed at generating local agroclimatic information. The main goal is to support decision-making and achieve adaptation to climate change, especially for small-scale producers of basic grains in this region. These producers have been adversely affected by the rainfall deficit, resulting in reduced crop yields or even total loss, posing a threat to the food security of the region. In this context, the establishment of the digital plot adds to the efforts aimed at generating local agroclimatic information with the purpose of supporting decision-making and achieving adaptation to climate change.

¹ Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

Location of the Digital Agricultural Plot

figura 1 shows the spatial location of the Digital Agriculture Plot at the Centro Universitario de Oriente, in the region and municipality of Chiquimula, Guatemala. The geographic coordinates of the plot are $14^{\circ}48'11''$ N y $89^{\circ}31'44''$ W, with a terrain elevation and average slope of 360 meters above sea level and 10% respectively

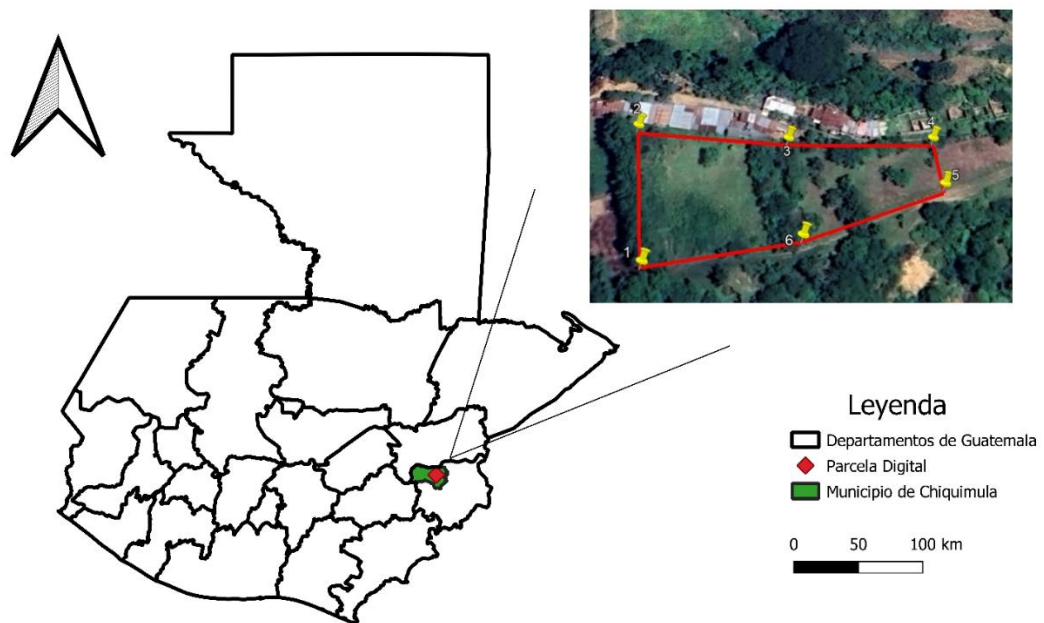


Figura 1. Location of Digital Agricultural Plot, Chiquimula, Chiquimula, Guatemala.

What is Digital Agricultural Plot?

The Digital Agricultura Plot is an in-situ monitoring system located at the facilities of the Centro Universitario de Oriente -CUNORI-. This Plot serves as a strategic space to promote and explore the use of sensors and advanced technologies in agriculture. It acts as a laboratory to test how field sensing technologies can benefit small-scale agriculture and how the generated information can support decision-makers in the sector. Established in 2023, this learning space incorporates innovative technologies focused on agroclimatic variables, along with agronomic practices aimed at achieving adaptation to climatic variability in the region of Guatemala. Among these practices, the use of biofortified and drought-resistant varieties of staple crops is highlighted.

Another key practice being assessed for the food security of the region is moisture retention in the soil when crop residues are left. This information is crucial in the dry corridor, where heatwaves can impact the food security of the region (see <https://www.youtube.com/watch?v=2WgmgUmm-iY&t=1s>). In the assessment of crop residue management, including crop residue, the physical, chemical, and biological characteristics of the soil also evaluated using sensors for moisture, temperature, salinity, and macroelements.

In addition to these sensors, the digital plot also features specialized equipment for measuring the water requirements of plants (lysimeters), as well as weather stations that measure variables such as precipitation, temperature, ambient humidity, and wind speed. In this way, the Digital Agricultural Plot incorporates the implementation of climate-smart agronomic practices, digital equipment such as lysimeters unique in Guatemala, and the use of drones to facilitate agronomic management activities in the crops.

Finally, it is important to note that some sensors and weather stations are currently in the calibration phase for their respective validation. Successful calibration will provide tools for the generation of real-time agroclimatic information to support decision-making for students, professors, researchers, members of agroclimatic technical committees, field technicians, farmers, and others.





Metodología – Diseño Centrado en el Humano

En la *figura 2* está representada la metodología utilizada con el enfoque del Diseño Centrado Humano (DCH) buscando garantizar el éxito de este proyecto teniendo en cuenta a todas personas involucradas en las fases del diseño.

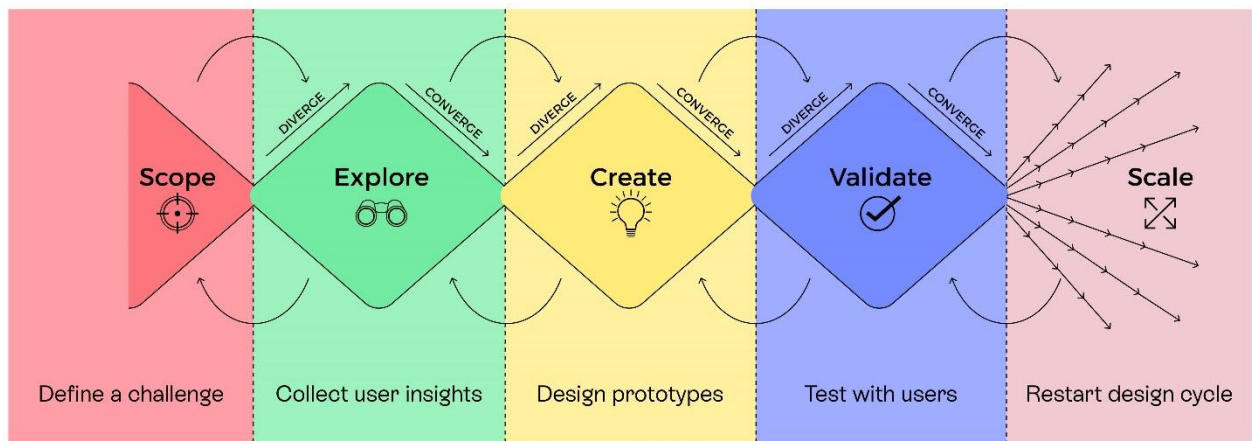


Figura 2. Proceso de las etapas del Diseño Centrado en los Humanos propuestas por el equipo HCD de la Alianza Bioversity & CIAT.

De esta manera, se pretende involucrar a los/las usuarias en todas las fases en las que se desarrolla el proyecto, desde la conceptualización hasta la evaluación, incluyendo, en lo que se pueda, el desarrollo. El objetivo del DCH es crear productos que las personas encuentren útiles y usables; es decir, que satisfagan sus necesidades específicas, actuales y reales. Entendiendo como producto el resultado esperado de la Parcela Digital..

Fases y Resultados - DCH

Fases de definición y exploración – brief insight

Objetivos y desafíos

Definir los desafíos de diseño fue esencial para lograr el impacto que se desea alcanzar con la parcela digital, estableciendo así las diversas limitaciones y soluciones a estos. Así pues, fue necesario evaluar el desafío de diseño identificado para evitar ser demasiado específicos o bien demasiado general, tener objetivos generales y específicos que respondan a las necesidades de los usuarios.

De esta manera, los resultados se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Definición de desafíos.

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es el problema que se está tratando resolver?	Acceso a información local agroclimática y de suelo.
Enmarcarlo como una pregunta de diseño	¿Cómo dar acceso a información local agroclimática y de suelos?
Indicar el impacto que se está tratando de tener	Fomentar el uso de tecnologías de información agroclimática y de suelos para la mejor toma de decisiones.
¿Cuáles son las posibles soluciones al problema?	*Mesas técnicas agroclimáticas. *Alianzas con actores que tengan experiencia con sensores en el país. *Proveer información a través de sensores y plataformas web. *Asesoría y capacitación para el uso de sensores de bajo costo y de fácil utilización. *Parcela digital piloto. *Alianzas con actores que tengan experiencia con sensores en el país.
Limitaciones identificadas	*Tecnología de los sensores adaptadas para otros países más no para Guatemala, así como también la escasez de proveedores nacionales de dichos sensores. *Parcela digital - demostrativa donde se irán involucrando los usuarios interesados. *Instalación de sensores - sept 2023

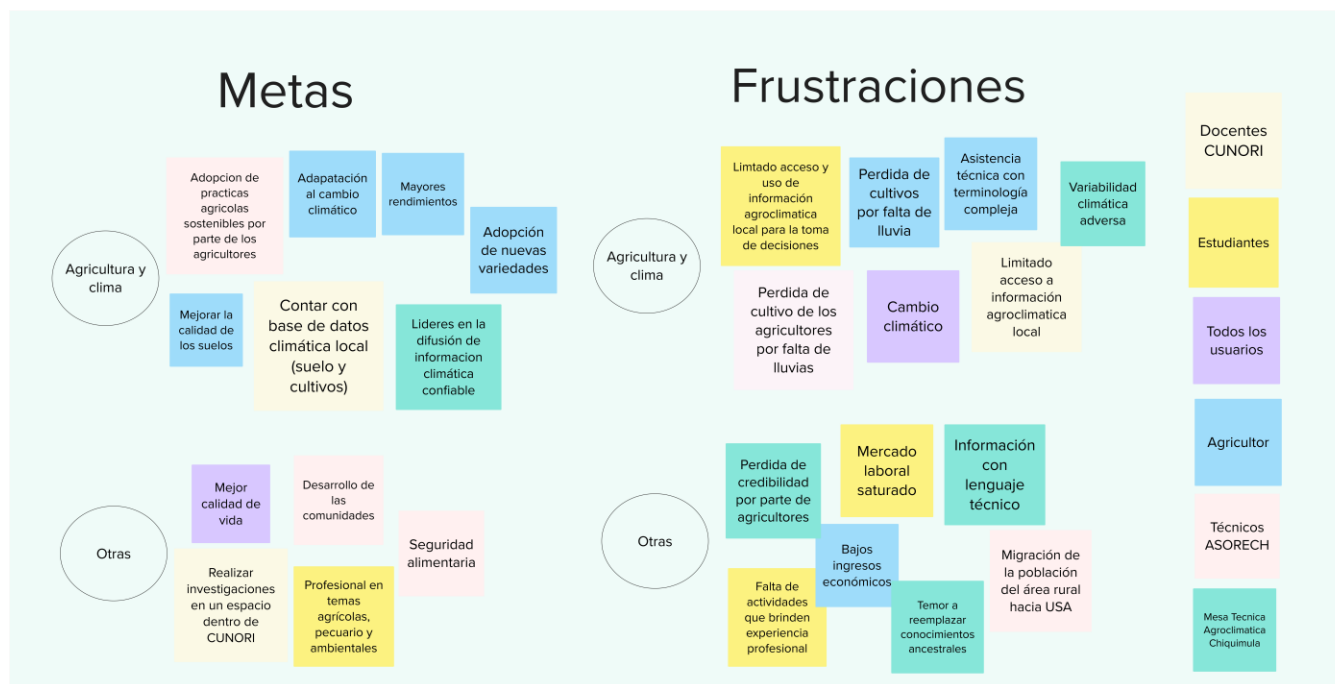
Objetivo general: Generar soluciones agrícolas económicamente viables a los usuarios de la parcela digital a través esta.

Objetivos específicos: Identificar las necesidades de los usuarios e involucrar a cada uno de ellos, incentivando la creación de soluciones que contribuyan a satisfacer sus necesidades técnicas agrícolas a través de la parcela digital.

Investigación de usuario

Considerando la amplia gama de personas que se vieron involucradas en el uso del proyecto, fue esencial, comprender para quién se estaba diseñando antes de sumergirse en la investigación contextual. Aunque sin duda se logró mayor comprensión durante la inmersión en campo, tener una comprensión previa de las necesidades, los contextos y la historia del público objetivo fue crucial para asegurar que la investigación comenzara con preguntas informadas.

En resumen, el interés de la Investigación de Usuarios (UR) fue comprender a fondo a los usuarios antes de idear innovaciones destinadas a satisfacer sus necesidades. En última instancia, se buscó mejorar la alineación entre el grupo objetivo y el proyecto que se estaba desarrollando. La investigación de usuarios, en particular, requirió la recopilación e interpretación de datos a través de entrevistas con el objetivo de entender el comportamiento, las necesidades, la experiencia y las motivaciones de los futuros usuarios durante la fase de diseño. Los resultados de estas entrevistas proporcionaron información importante sobre cada uno de los usuarios, como se detalla en las *figuras 4, 5, 6, 7 y 8* información que se resume en la *figura 3* al analizar sus metas, frustraciones, intereses y obstáculos en común, haciendo énfasis especialmente en temas de agricultura y clima, entre otros.



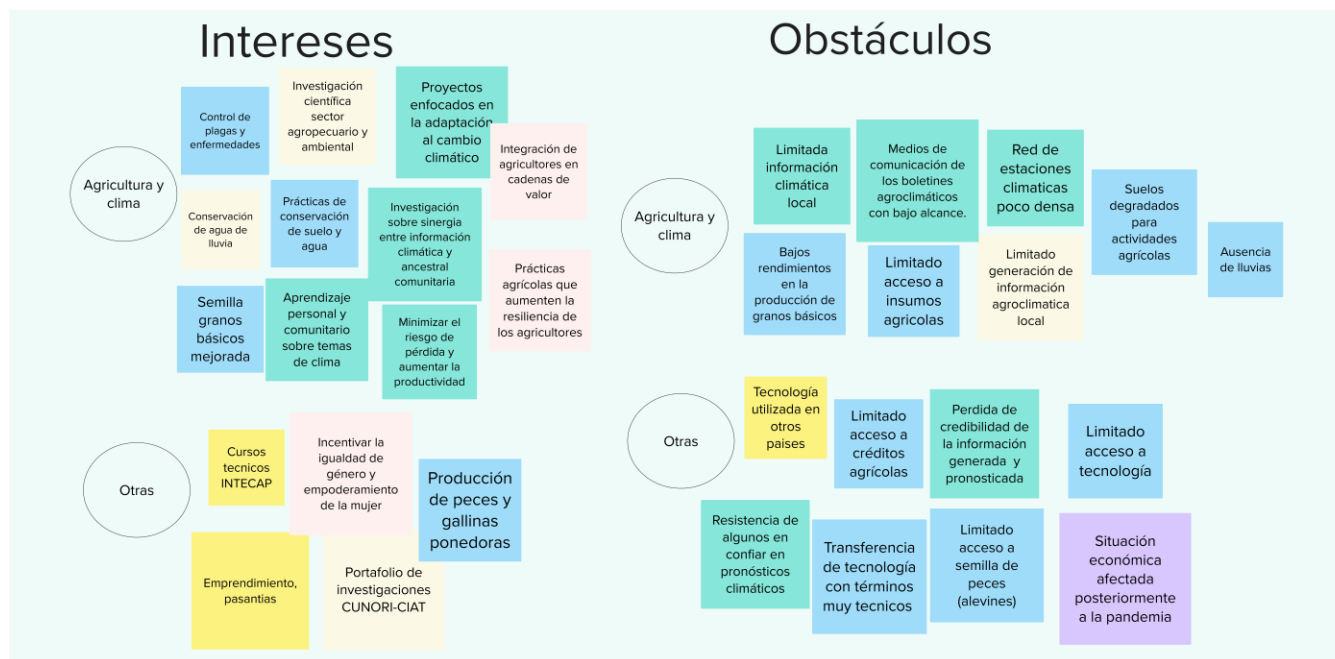


Figura 2. Metas, frustraciones, intereses y obstáculos en común de los usuarios de la parcela digital



Figura 4. Perfil de usuario “Estudiantes”

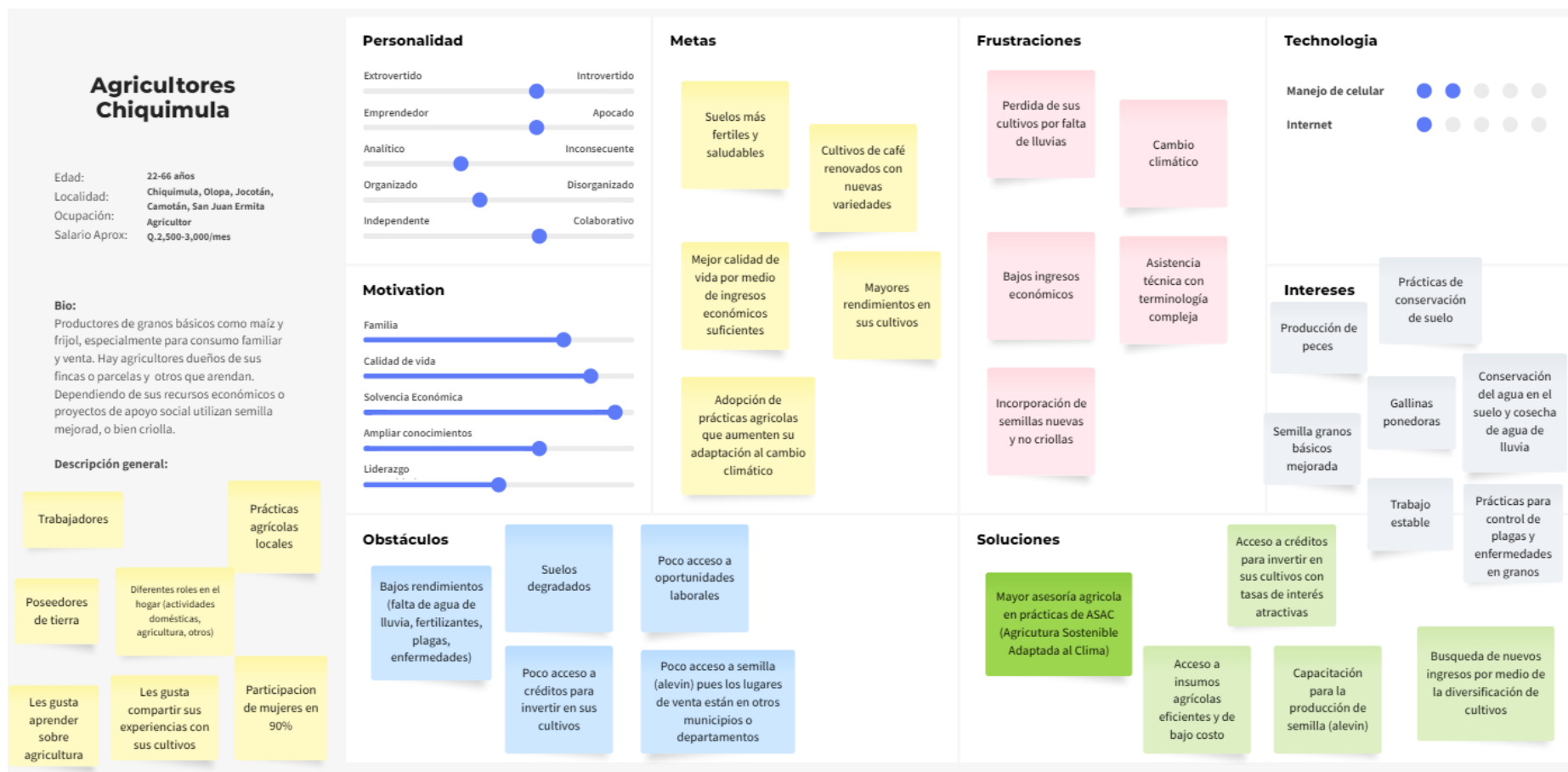


Figura 5. Perfil de usuario "Agricultores granos básicos Chiquimula"

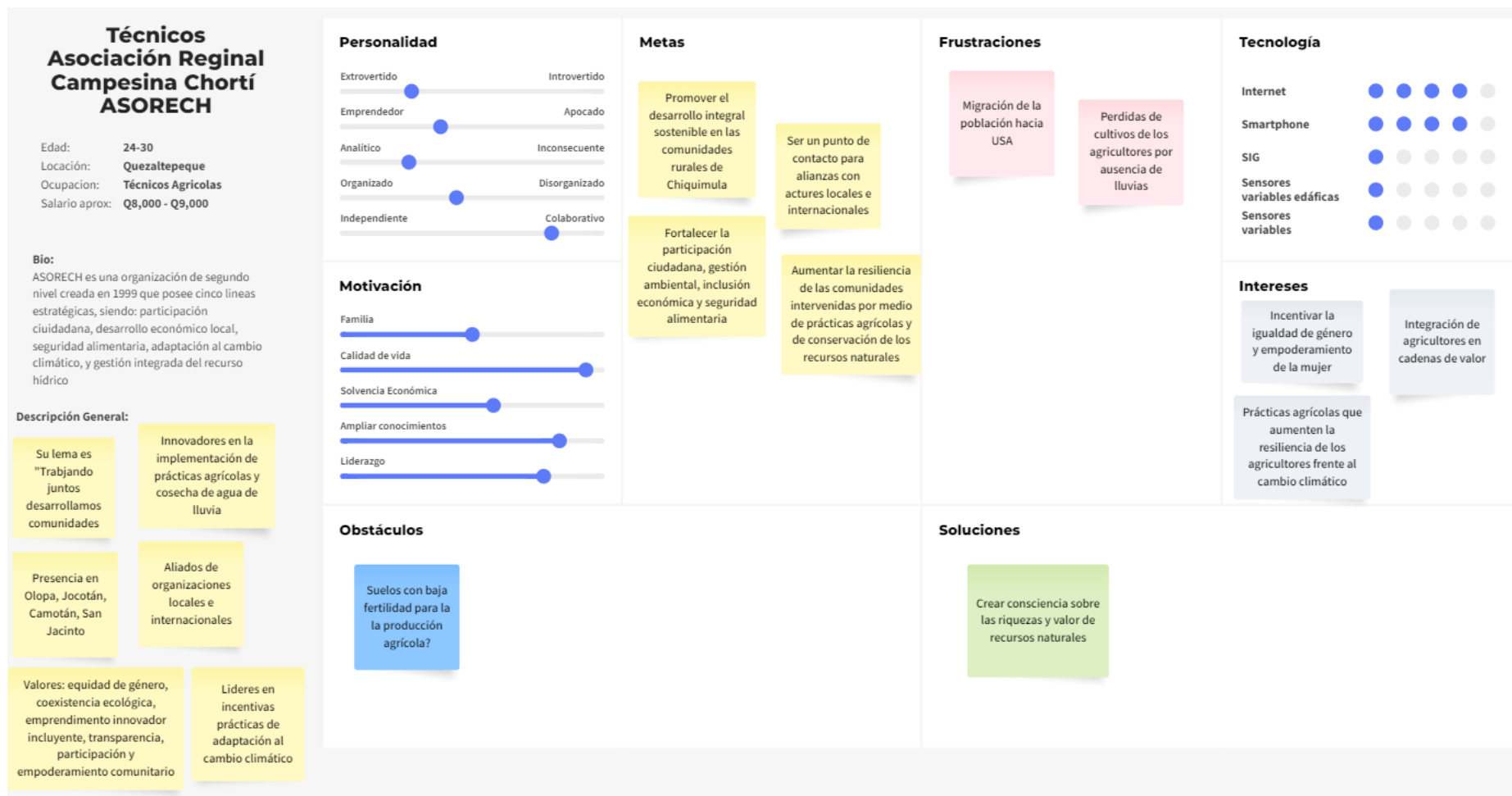


Figura 6. Perfil de usuario "Técnicos Asociación Regional Campesina Chortí"

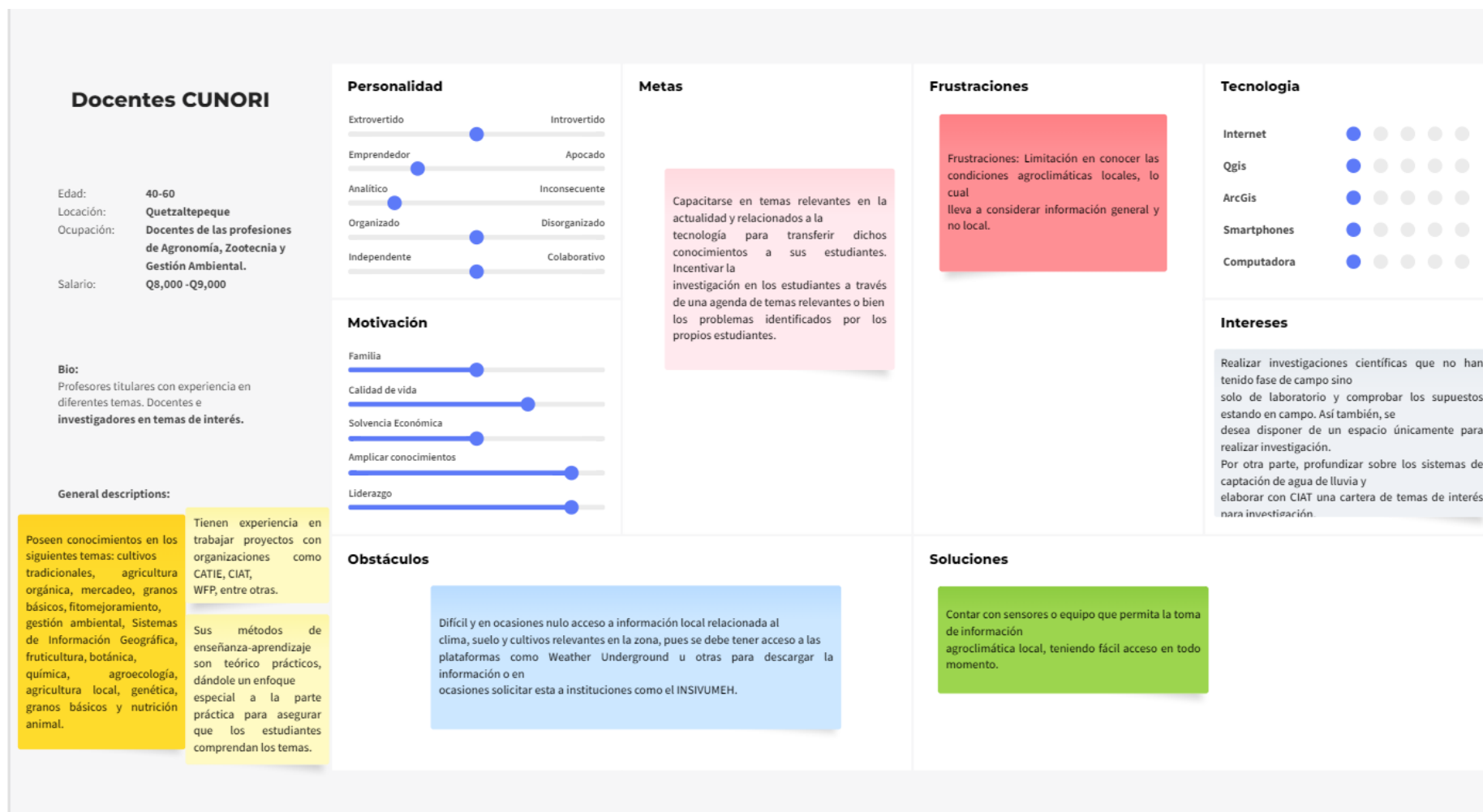


Figura 7. Perfil de usuario "Docentes CUNORI"

Descarga de aprendizajes

En esta etapa, el objetivo fue recapitular lo que se sabe, “dónde estamos” y “hacia dónde vamos”, dando respuesta a la siguiente interrogante: "¿Tenemos todo lo que necesitamos?"

Debido a que el trabajo en equipo es tan importante para DCH, por medio de este se incentiva compartir los aprendizajes individuales al resto del equipo.

La sesión de descarga de aprendizajes permitió comprender los problemas y dudas que tenían los miembros del equipo de trabajo (figura 9). Tener este ejercicio para abordar las dudas y reflexionar sobre lo que se había hecho como proyecto abrió un diálogo más preciso con los demás.

Realizar este ejercicio, ayudó a apropiarse del proyecto, saber a quién preguntar, visualizar qué iba bien para continuar, pausar lo que ya estaba en progreso y priorizar algunos pasos para avanzar.



Figura 9. Resultado de sesión creativa para descargar aprendizajes.

Fase de creación – brief insight

Tormenta de ideas

En el transcurso del proyecto, se identificaron algunos obstáculos o simplemente decisiones que tomar, esta herramienta es una buena forma para buscar las formas más creativas de solucionar. Este ejercicio puede realizarse no solo con el equipo de diseño, sino también con los socios y las personas para las que está diseñando.

Así pues, se realizó la primera tormenta de ideas compartiendo un formulario de Google a los visitantes de la Parcela Digital durante una visita el 14 de septiembre de 2023. Estas opiniones fueron clasificadas dentro de lo que está considerado a realizar dentro de la parcela digital, lo posible a realizar y lo interesante, tal como se observa en la *figura 10 y 11*.

También se tuvo oportunidad de preguntar si alguno de los visitantes había estado en un espacio similar a la parcela digital, a lo cual la totalidad de los visitantes respondieron no haber estado antes en un espacio de investigación como el de la parcela digital.



Figura 10. Tormenta de ideas pregunta: ¿Qué te gustaría hacer en el espacio de la parcela digital?

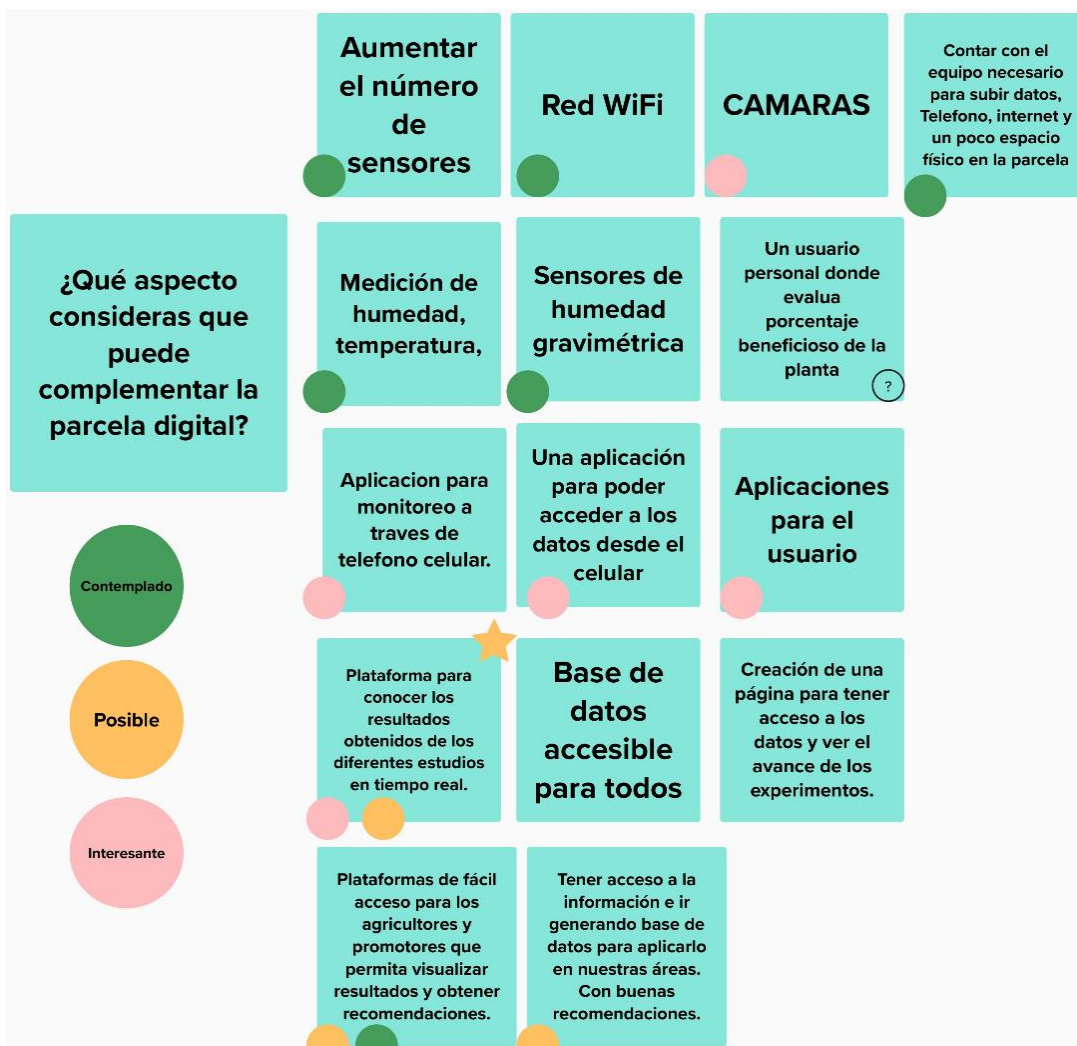


Figura 11. Tormenta de ideas pregunta: ¿Qué aspecto consideras que puede complementar la parcela digital?

Storyboards

Son un prototipo rápido y de baja resolución. Este método no solo ayuda a refinar cómo se está estructurando el proyecto, sino que también puede ayudar a comprender quién lo usará, cuándo y cómo. Como todos los prototipos, la idea aquí es hacer algo realmente áspero pero como una forma de ayuda para repensar los procesos de comunicación, implementación y diseño. En este caso, en las *figuras 12*,

13, 14, 15 y 16 se visualiza la interacción de cada usuario en la parcela digital por medio de los Storyboards.

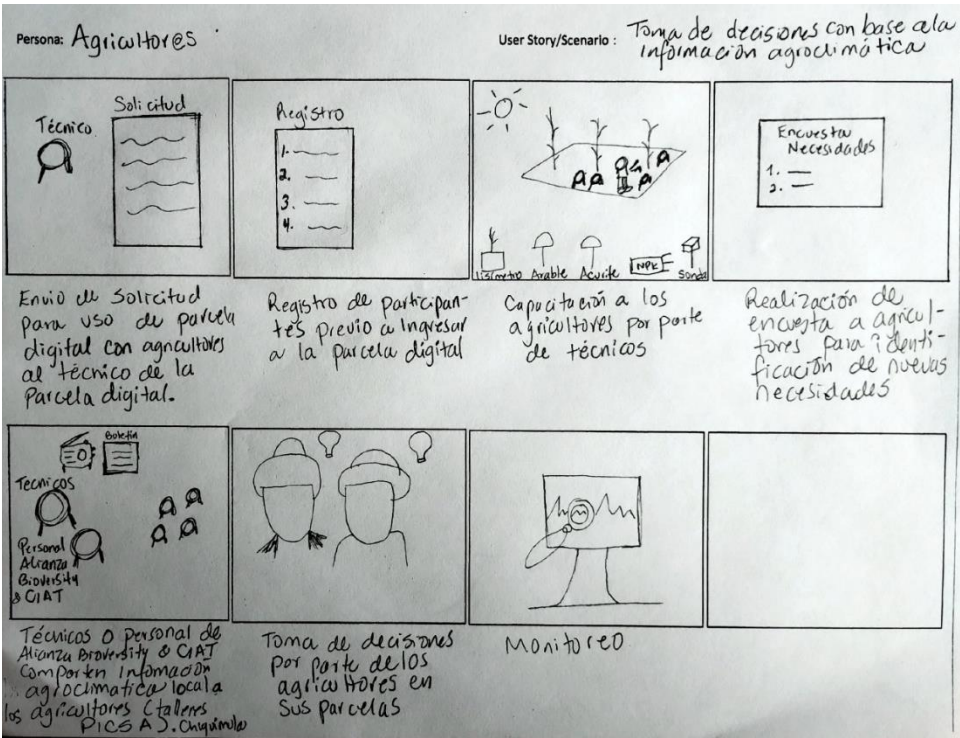


Figura 12. Storyboard. Representación gráfica de la forma en la que los agricultores se podrían vincular con la Parcela Digital.

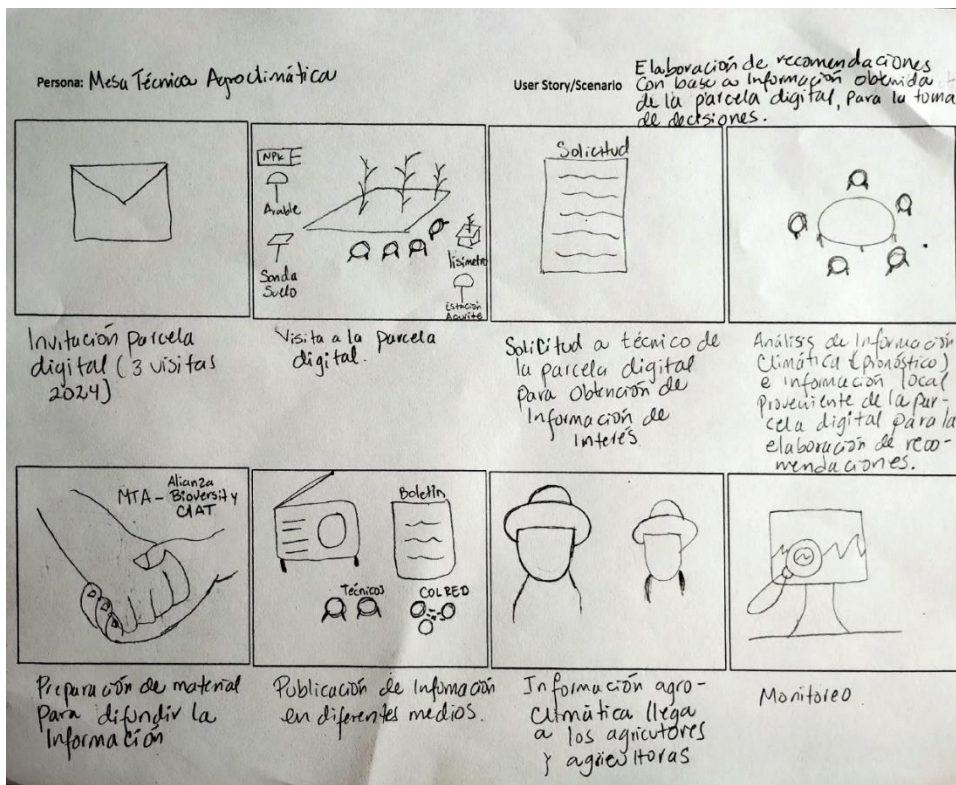


Figura 13. Storyboard. Representación gráfica de la forma en la que la Mesa Técnica Agroclimática de Oriente se podría vincular con la Parcela Digital.

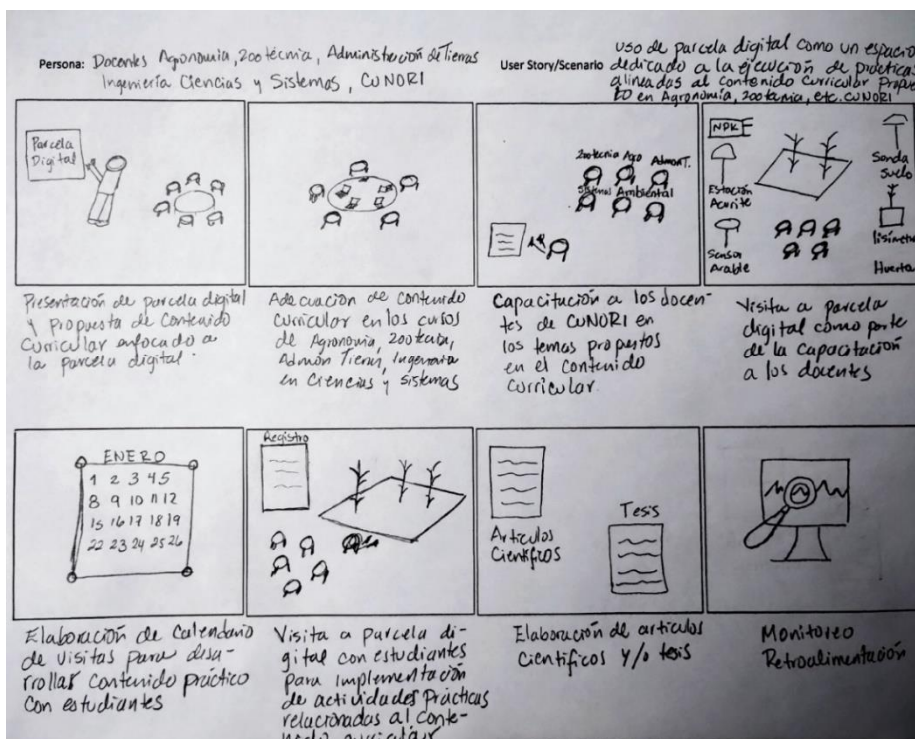


Figura 14. Storyboard. Representación gráfica de la forma en la que los docentes de CUNORI se podrían vincular con la Parcela Digital.

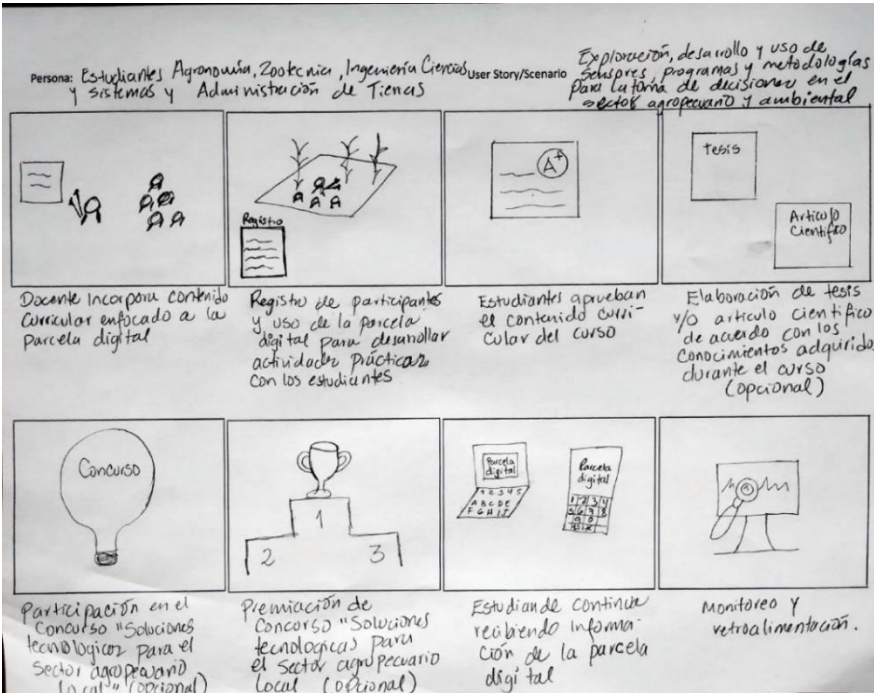


Figura 15. Storyboard. Representación gráfica de la forma en la que los estudiantes de CUNORI se podrían vincular con la Parcela Digital.

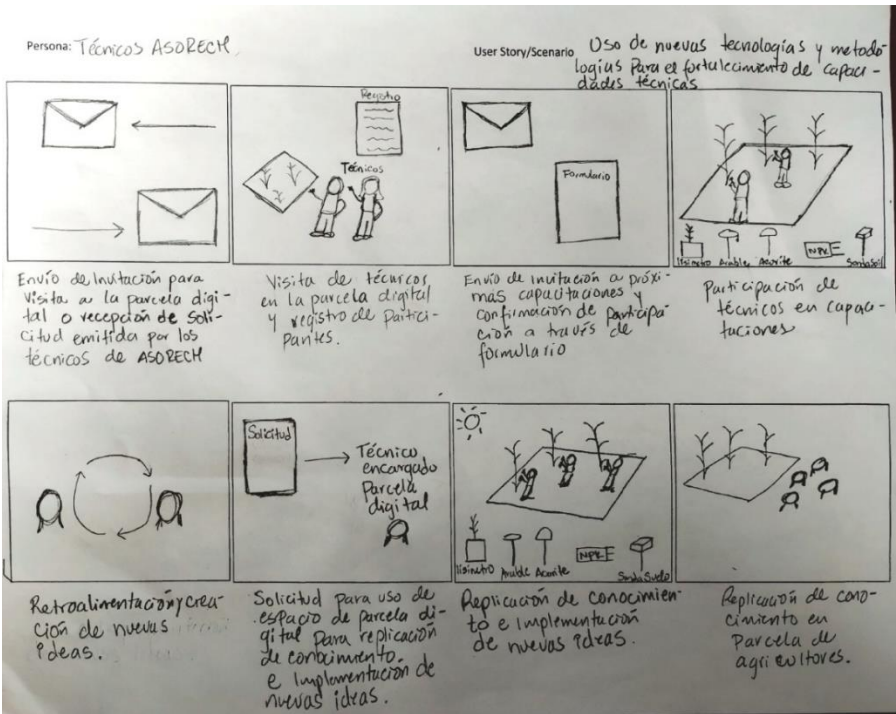


Figura 14. Storyboard. Representación gráfica de la forma en la que los técnicos de ASORECH se podrían vincular con la Parcela Digital.

Evaluación de recursos

Idear una solución innovadora y ponerla en práctica son dos propuestas diferentes. Este método nos ayudó a comprender la viabilidad de las soluciones e ideas y dónde debemos de buscar ayuda.

Cuadro 2. Evaluación de recursos

Matriz de evaluación											
Formas de difundir la información	Actividades	Capacidades	Responsabilidades								
			Asociada Investigación Iniciativa DX/DI	Personal Alianza Bioversity-CIAT	Técnico Iniciativa DX/DI	Técnicos ASORECH	Docentes CUNORI	Estudiantes CUNORI	Persona de comunicaciones CUNORI	MTA's	Otras organizaciones
Lanzamiento de parcela digital	Invitación a usuarios identificados (docentes y estudiantes CUNORI, técnicos ASORECH, agricultores (TeSAC), MTA's) y organizaciones como FAO, PMA, CRS, USAID, IICA, DICORER, JICA, KOIKA, TAIWAN) SOY502	Elaboración de presupuesto									
		Elaboración de invitaciones									
		Envío de invitaciones									
		Publicación del evento en redes sociales									
		Agenda o programa de la visita									
Talleres de capacitación (Alianza Bioversity & CIAT-tecnico-agricultor)	Organización de talleres según el tema de interés	Elaboración y envío de invitación a técnicos									
		Recepción de solicitud de espacio de la parcela digital									
Concurso sobre innovaciones tecnológicas en el sector agropecuario y ambiental	Organización del concurso	Elaboración de bases de participación del concurso									
		Comunicación con docentes									
		Publicación en redes sociales									
		Evaluación de propuestas de proyectos									
	Realización del concurso	Premiación									
		Presentación de propuestas de proyectos para la obtención de financiamiento (capital semilla)									
Diplomado "Herramientas digitales para la investigación, colecta, monitoreo y análisis de datos de sistemas agropecuarios y ambientales"	Elaboración del contenido curricular	Diseño de módulos de aprendizaje									
		Presentación de propuesta de módulos de aprendizaje									
		Presentación de contenido curricular Consejo Directivo CUNORI									
		Contactar a personas expertas en cada temática									
	Realización de diplomado	Realización de actividades teórico-prácticas en la parcela digital									

Fase de validación

Reflexiones

Un hito crucial en este proceso fue el escaneo profundo que realizamos para identificar a todas las partes interesadas y usuarios que están involucrados o estarán involucrados con la Parcela. Este análisis exhaustivo nos dio una comprensión completa de quiénes son los actores clave, cómo interactúan con nuestra iniciativa y, lo que es más importante, cómo podemos alinear sus intereses con nuestros objetivos.

En resumen, el enfoque HCD no solo ha mejorado las interacciones con la Parcela, sino que ha transformado la dinámica de nuestro equipo y la gestión del proyecto. Ha sido la brújula que nos ha mantenido anclados en la realidad, ha facilitado la toma de decisiones estratégicas y ha permitido un análisis profundo para identificar y comprender a todos aquellos que dan forma y serán parte integral de nuestro camino hacia el éxito. Este enfoque no es solo una metodología, sino una filosofía que ha elevado nuestro proyecto a nuevas alturas

Fase de escalamiento

Cronograma del proyecto

En el siguiente código QR se puede observar el Road Map de actividades realizadas y por realizar de la parcela digital desde junio 2023 a mayo 2024. Cabe resaltar que dentro de este se encuentra la investigación de maíz y frijol, así como también la investigación en frijol con los lisímetros, además del monitoreo de información agroclimática a través de las estaciones y sensores respectivos. Finalmente, también se encuentra cada una de las fases del Diseño Centrado en el Humano realizado en 2023:



Figura 5. Escanear o hacer clic sobre código QR para visualizar el Road Map

Definir el éxito

El éxito de la parcela digital se proyecta de la siguiente manera:

A corto plazo (2024-2026)	A mediano plazo (2027-2031)	A largo plazo (2031-2040)
Establecimiento otros sensores de variables agropecuarias y ambientales	Establecimiento de ensayos agrícolas, agropecuarios y ambientales de acuerdo con la necesidad de los usuarios	Construcción de invernaderos equipados para el desarrollo de investigaciones según la necesidad de los usuarios
Establecimiento otros ensayos agrícolas de acuerdo con la necesidad de los usuarios	Desarrollo de nuevas tecnologías (sensores, inteligencia artificial, etc) aplicados al sector agropecuario y ambiental de la localidad	Establecimiento de parcelas digitales en otros departamentos de Guatemala
La parcela digital será un espacio utilizado por los docentes de CUNORI para llevar	Profesionales egresados de CUNORI y de otras universidades tendrán acceso a la información	

a cabo prácticas de aprendizaje.	generada en la parcela digital Empoderamiento de estudiantes y docentes de CUNORI para el manejo y funcionamiento de la parcela digital	
----------------------------------	--	--

Información agroclimática generada con los sensores de la parcela digital

La generación de información agroclimática local es fundamental para respaldar decisiones informadas basadas en datos precisos obtenidos a través de sensores. El acceso a esta información en Guatemala suele ser limitado, sin embargo, la información generada por las estaciones climáticas de la parcela digital se suma a los esfuerzos de las Mesas Técnicas Agroclimáticas para consolidar recomendaciones técnicas para los agricultores del municipio de Chiquimula. *(para mayor informacion ver entregable ensor datasets from the value-proposition Ag-plot testing of automated field data collection and monitoring tools in Guatemala)*

Un ejemplo concreto de este aporte es el análisis gráfico del comportamiento de la humedad del suelo y la precipitación de los meses de julio a noviembre de 2023 (ver *figura 16*). Este grafico muestra los meses con mayor y menor precipitación, evidenciando cómo la humedad del suelo estuvo influenciada por las precipitaciones.

Para el año 2024 se proyecta ampliar la generación de información, incluyendo variables adicionales como temperatura y textura de suelo. El propósito, es desarrollar una metodología que permita a los productores de granos básicos identificar el momento óptimo para la siembra, además de fomentar la retención de humedad mediante prácticas de conservación de suelo. Este enfoque integral pretende brindar herramientas valiosas para mejorar la productividad y la sostenibilidad agrícola en la región.

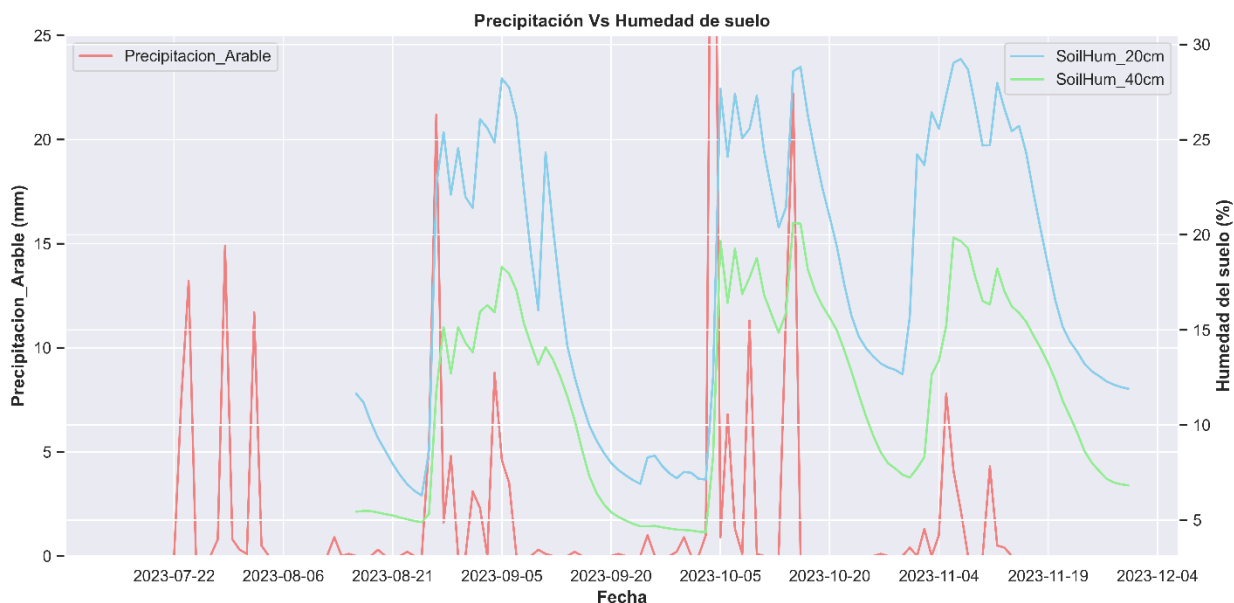


Figura 6. Gráfica de precipitación con datos del sensor ARABLE vrs humedad de suelo sonda nMetos (hacer clic sobre la imagen para visualizar otras gráficas)

Es importante mencionar que, además de las estaciones climáticas y sensores mencionados anteriormente, en la actualidad se encuentran otros sensores dentro de la parcela en fase de calibración y validación, los cuales miden variables vinculadas al suelo y la fisiología de las plantas, como la demanda hídrica, y su eventual implementación exitosa promete aportes significativos para los agricultores. Estos sensores adicionales representan una herramienta valiosa para mejorar la precisión en la toma de decisiones agrícolas, permitiendo un manejo más eficiente de los

recursos hídricos y optimizando las prácticas de cultivo. En caso de una exitosa validación, se anticipan contribuciones sustanciales que podrían transformar positivamente la productividad y sostenibilidad de las actividades agrícolas en la región.

Next Steps

Continuous Sensor Validation: It is essential to continue with the calibration and validation of existing sensors and those in the implementation phase. This ensures the accuracy and reliability of the collected data, especially those related to soil moisture, temperature, salinity, and macronutrients, as well as lysimeters and weather stations.

Technical feasibility assessment: Conduct a detailed analysis of the feasibility of the technologies used in the digital plot. This analysis should include aspects such as adaptability to the local climate, ease of use, cost, and availability of maintenance and technical support

Determine Added Value for Small-Scale Agriculture: Identify and clearly document how these technologies benefit small-scale agriculture in the region. This may include improvements in decision-making based on accurate data, increased efficiency in water use, enhanced crop management, and adaptation to climate change.

Development of Methodologies and Tools to Support Farmers: Create methodologies that enable local users to interpret and apply the information collected by the sensors.

Strengthening Training and Educational Programs: Expand and deepen training programs, not only for professors but also for students, technicians, and farmers. These training sessions should focus not only on the use and interpretation of data collected by sensors but also on sustainable agronomic practices.

Integration of New Technologies and Expansion of Research: Consider the incorporation of new technologies, such as drones for crop monitoring, and expand research to other areas of agricultural and environmental interest.

Establish Collaborations with Other CGIAR Stakeholders: Evaluate the possibility of implementing the irrigation system developed by IWMI in the Digital Agricultural Plot, which involves powering the conventional irrigation pump with electricity obtained from solar panels.

Establishment of Collaboration Networks and Strategic Partnerships: Seek partnerships with other relevant stakeholders, such as government organizations, ONGs, FAO, and the private sector, to expand the reach and application of the technologies and knowledge developed in the digital plot.