

Info Note

El almidón de yuca y su relación con las precipitaciones

Análisis de una base de datos de almidón en Colombia

Por Patricia Moreno y Sharon Gourджи

FEBRERO 2015

Mensajes clave

- Adicional al consumo humano y animal, la yuca tiene gran potencial a nivel industrial a través de la extracción de almidón. El almidón de yuca es usado en la industria alimenticia, papel, pegamento, textiles y la industria farmacéutica (Alarcón and Dufour 2012).
- Disminuciones en el contenido de almidón de yuca genera menores rendimientos de extracción con una mayor cantidad de residuos y gasto de agua en el proceso (Maievas, et al. 2011). Para el caso de estudio con la planta de Almidones de Sucre esto disminución también ocasiona un menor pago a los agricultores en función del peso de yuca fresca.
- Este estudio busca evaluar la relación entre las fluctuaciones en el contenido de almidón de yuca y el comportamiento estacional de las precipitaciones.
- Se desarrolló un modelo estadístico relacionando variables de precipitación con el porcentaje de almidón de la yuca que ingresó a la planta de procesamiento Almidones de Sucre en el Caribe colombiano.
- Este modelo muestra que hay una relación entre la disminución del contenido de almidón y altas precipitaciones durante el último mes antes de cosecha. Así, el incremento de lluvias posterior a un periodo seco durante los últimos 3 meses antes de cosecha ocasiona menores contenidos de almidón en la yuca.

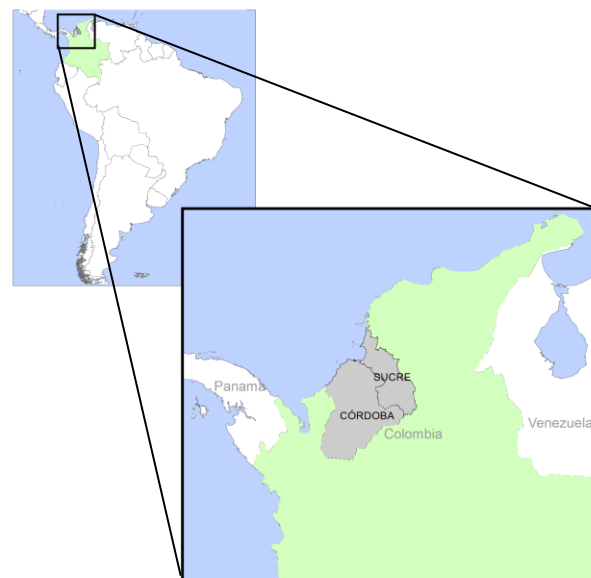


Figura 1 Ubicación de la zona de estudio

Acorde a las estadísticas disponibles en la base de datos de AGRONET (2013), más del 50% del área y producción nacional de yuca corresponde a los departamentos de la costa norte de este país. Así, los departamentos de este estudio, Córdoba y Sucre (Figura 1), ocupan el segundo y cuarto lugar de área sembrada con este cultivo a nivel nacional, respectivamente.

Adicional al consumo humano y animal, la yuca tiene gran potencial a nivel industrial a través de la extracción de almidón (Figura 2). Sin embargo, la producción de la yuca se concentra en algunas épocas acorde a la estacionalidad de las lluvias las cuales definen las fechas de siembra para este cultivo (Alarcón and Dufour 2012). Estos picos de producción generan escasez de materia prima para uso industrial y el cierre de plantas de procesamiento como la de Almidones de Sucre en algunas épocas del año (Aguilera 2012). Por otro lado, pérdidas en la calidad del almidón son asociadas con las condiciones ambientales previas a la cosecha, en donde el inicio de lluvias después de un periodo de estrés hídrico ha provocado una reducción en el contenido y la adhesión del almidón (Sriroth, et al. (2001)). Este estudio busca evaluar la relación entre las fluctuaciones en el contenido de almidón y el comportamiento estacional de las precipitaciones durante el periodo de crecimiento del cultivo.



Figura 2 (a) Cosecha de un ensayo de cosechas extendidas como parte de una investigación relacionada¹; **(b)** pesado de la yuca en Almidones de Sucre (AdS) para estimar el contenido de almidón; **(c)** picado de la yuca como proceso inicial en la planta de AdS.

Como resultado del análisis de la serie histórica de porcentaje de almidón de los ingresos a la planta de Almidones de Sucre (AdS) desde el 2009 hasta el 2013, se detectó un comportamiento estacional en donde las disminuciones de este parámetro en yuca para su uso industrial correlacionaban con meses secos o de bajas precipitaciones. Así, posterior a los meses más secos del año en diciembre, enero y febrero, y durante los meses lluviosos los contenidos de almidón disminuyeron (Figura 4 (a) y (b)).

Con información climática a nivel mensual de estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), se buscó establecer una relación entre las fluctuaciones en el contenido de almidón de yuca y la precipitación durante el ciclo del cultivo en los departamentos de Sucre y Córdoba acorde a los sitios de procedencia (fincas) de la yuca.

Datos

Los sitios de procedencia de la raíces ingresadas a la planta fueron ubicados espacialmente en conjunto con los técnicos de la planta de AdS; de esta forma, se obtuvieron 75 ubicaciones de los 3641 registros en la base de datos. Estaciones climáticas dentro de un radio de 15 km alrededor de cada ubicación de origen del material en la

base de datos de AdS fueron seleccionadas para el análisis (Figura 3). Posteriormente, las precipitaciones mensuales fueron interpoladas desde la ubicación de las estaciones al sitio del cultivo usando una ponderación por distancia (IDW-Inverse distance weighted) (Pebesma and Graeler 2015).

Para cada uno de los 3641 registros de la base de datos de AdS se estimó la fecha de cosecha como 5 días antes del ingreso a la planta de almidón considerando la corta duración post-cosecha de la yuca y que la empresa devuelve pedidos que presenten pudrición. Adicionalmente, se estimó la fecha de siembra como 10 meses antes de la cosecha considerando la duración típica del cultivo.

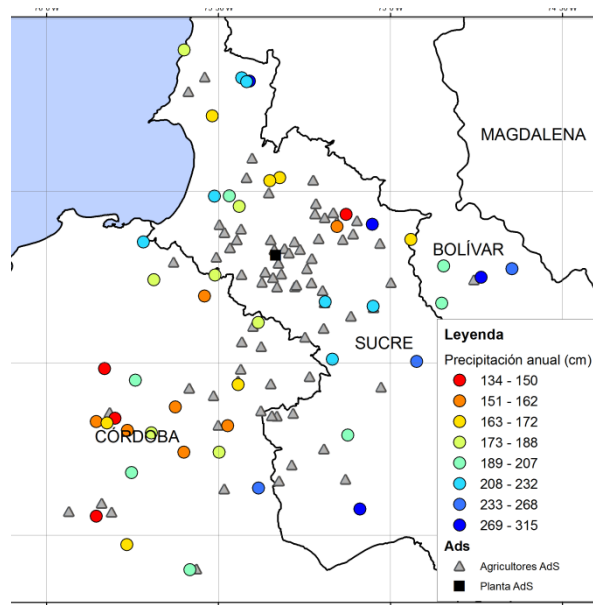


Figura 3 Ubicación de los sitios de procedencia de la yuca y las estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis. Los colores muestran la precipitación anual promedio para el 2009-2010 para aquellas estaciones con datos completos sobre este periodo.

Modelo estadístico

Basados en los estimados de fechas de siembra y cosecha de los registros de la base de datos, se calcularon las siguientes variables climáticas las cuales podrían potencialmente explicar la variabilidad en el contenido de almidón de los ingresos a la planta de almidones:

- **Prec.tot:** Precipitación durante el periodo de crecimiento del cultivo (desde la fecha de siembra hasta la de cosecha).
- **Prec.last:** Precipitación durante el último mes de crecimiento del cultivo.
- **Prec.ind:** Índice que compara la precipitación del último mes de crecimiento del cultivo con la precipitación de los últimos 3 meses.

¹ Esta investigación fue desarrollada como parte de la colaboración entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) y CIAT.

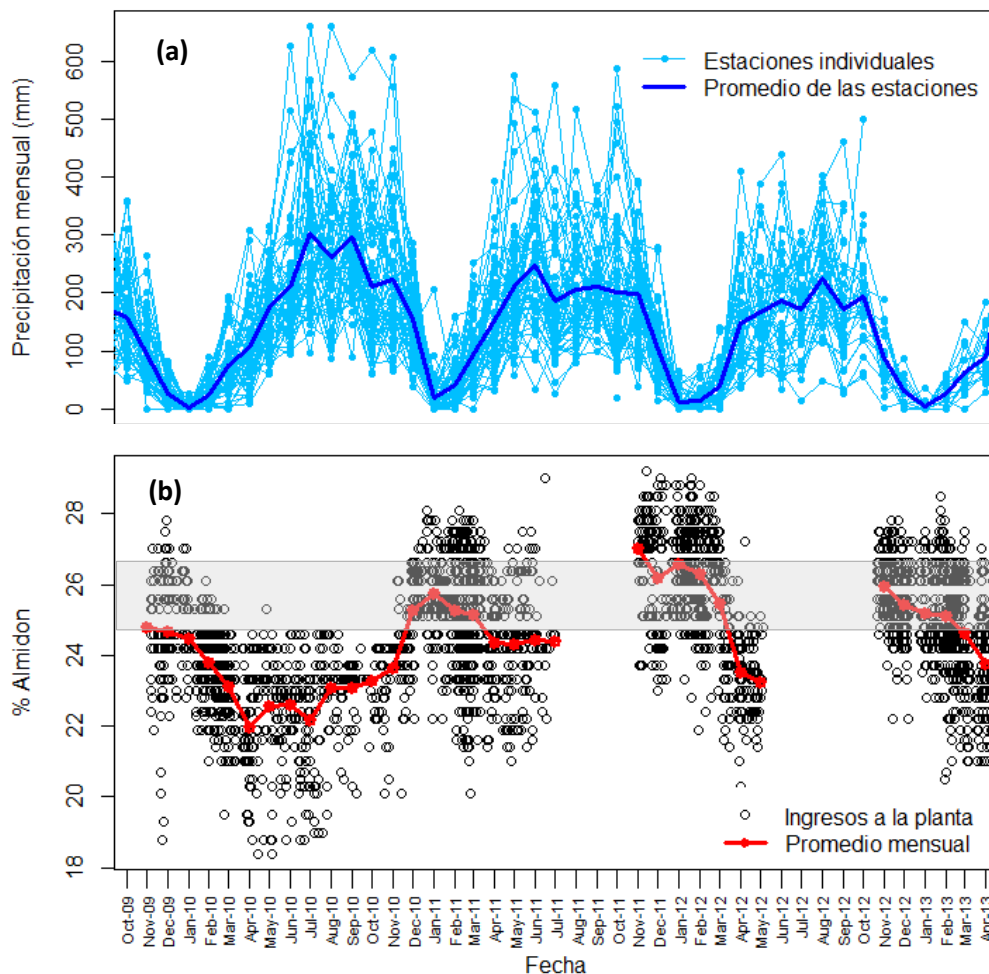


Figura 4. (a) Precipitación mensual (mm) de las estaciones usadas durante el análisis. (b) Contenido histórico de almidón en porcentaje acorde a la fecha de ingreso a la planta de AdS. Cuadro gris muestra el rango de porcentaje de almidón con un pago estándar de \$180/kg para el 2013.

Para el cálculo de todas las variables de precipitación, se asumió una distribución uniforme de la precipitación mensual para cada día del mes. Dado que todas las variables climáticas fueron definidas a una escala mensual; creemos que el supuesto no afectó la calidad de las variables calculadas.

Estas variables fueron escogidas como potencialmente explicativas del contenido de almidón de yuca, como fue corroborado por literatura previa. Por ejemplo, Howeler (2007) menciona la correlación negativa entre el contenido de almidón y las precipitaciones durante el mes antes de cosecha en Tailandia; Ceballos, et al. (2007) y CIAT (1992) argumentan que al arribar las lluvias la planta de yuca reinicia su crecimiento extrayendo energía acumulada en las raíces; como consecuencia, tanto el contenido de materia seca como de almidón caen. De igual forma, Sriroth *et al.*, (2000), mencionan la importancia que tienen las condiciones ambientales inmediatamente antes de cosecha, en donde el arribo de las lluvias después de un largo periodo de sequía genera almidón con diferentes características (rendimiento, contenido de almidón, contenido de cianuro, tamaño del granulo, viscosidad y temperatura de la pasta, entre otros).

Luego, fueron relacionadas variables climáticas con el contenido de almidón de las raíces para todos los ingresos a la planta de AdS en un modelo de regresión múltiple con la siguiente fórmula:

$$\%Almidón = prec.tot + prec.tot^2 + prec.ind + prec.ind^2 + prec.last + prec.last^2 \quad (1)$$

Factores lineares y cuadráticos fueron incluidos para cada variable climática teniendo en cuenta la existencia de relaciones no-lineales entre precipitación y la acumulación de almidón en las raíces.

Resultados y conclusiones

Los resultados del modelo arrojaron un R^2 de 0.26, lo cual muestra que estas variables climáticas están explicando el 26% de la variabilidad encontrada en el contenido de almidón de las entradas a la planta de procesamiento. Se puede ver en la Figura 5 que el modelo no captura los valores extremos, posiblemente debido a otros factores no climáticos relacionados con el manejo del cultivo (p.ej. posible fertilización que aumente los porcentajes de almidón). Pero, cada variable presentó un alto nivel individualmente de significancia en el modelo (Tabla 1).

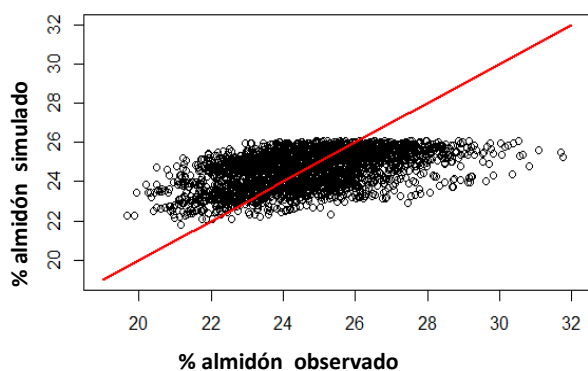


Figura 5 Porcentaje de almidón observado vs. Porcentaje de almidón simulado

Tabla 1. Valores estimados, error estándar y niveles de significancia de las variables incluidas en el modelo (**** = $p < 0.001$, *** = $p < 0.01$, ** = $p < 0.05$, . = $p < 0.1$).

	Estimado	Error Std.	Valor t	Pr(> t)	
(Intercepto)	2.00E+01	3.80E-01	52.705	< 2e-16	***
prec.tot	6.15E-03	4.97E-04	12.37	< 2e-16	***
eval(prec.tot ²)	-1.56E-06	1.62E-07	-9.636	< 2e-16	***
prec.ind	-1.52E+00	5.93E-01	-2.558	0.0106	*
eval(prec.ind ²)	-1.24E+00	6.65E-01	-1.858	0.0633	.
prec.last	5.27E-03	1.33E-03	3.967	7.41E-05	***
eval(prec.last ²)	-3.12E-05	4.13E-06	-7.561	5.06E-14	***

La influencia estimada de cada variable climática en el contenido de almidón es observado en la Figura 6. Un incremento en la precipitación total durante el periodo de crecimiento del cultivo (prec.tot) es benéfico para incrementar el contenido de almidón si esta precipitación está entre 1800 mm-2000 mm. En el último mes del cultivo antes de cosecha (prec.last), altas precipitaciones disminuyeron en contenido de almidón. Similarmente, altas precipitaciones en el último mes en comparación a la precipitación acumulada de los últimos 3 meses antes de cosecha (prec.ind) genera disminuciones en el porcentaje de almidón.

Estos resultados pueden ser explicados como una situación típica en el cultivo de yuca en donde después de pasar por un periodo de estrés hídrico y luego contar con más disponibilidad de agua, el cultivo genera un alto porcentaje de rebrotes como resultado de una translocación de asimilados de las raíces a la parte aérea; esta translocación genera una disminución en el porcentaje de materia seca y a su vez de almidón en las raíces como es mencionado en Ceballos, et al. (2007). Los resultados del modelo concuerdan con los bajos contenidos de almidón reportados en la primera cosecha extendida en la costa norte de Colombia con agricultores, CLAYUCA (Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investi-

gación y al Desarrollo de la Yuca) y la Universidad de Córdoba², la cual fue después de un periodo en el cual se incrementaron las lluvias. Análisis similares son reportados por Da et al. (2008) en el procesamiento de almidón de yuca a pequeña escala en Vietnam, donde los valores más bajos de almidón correspondieron con el final de la estación de procesamiento cuando el periodo lluvioso iniciaba. Adicionalmente, Gu et al., (2013), hacen referencia a la correlación negativa del contenido de materia seca con las precipitaciones durante los 3 meses antes de cosecha de la yuca.

Cabe aclarar que el modelo no debe ser usado bajo condiciones de precipitaciones que excedan a los datos usados para su construcción. Así, puede ser necesario contar con un mayor número de datos para evaluar el efecto de precipitaciones totales, y del último mes de desarrollo del cultivo, superiores a 2200 mm y 200 mm, respectivamente.

Con el fin de explicar mejor la variabilidad en el contenido de almidón, se desarrollaron pruebas de sensibilidad incluyendo efectos fijos en el modelo estadístico para capturar otros factores tales como propiedades físicas y químicas del suelo y el manejo (plagas, enfermedades, fertilización) los cuales varían por finca o ubicación. Por ejemplo, Benesi et al. (2004) concluyeron que la ubicación del cultivo de yuca tuvo la mayor contribución en la variación del contenido de almidón. Una prueba con efectos fijos por procedencia de ingresos a la planta aumentó el R² del modelo a 0.45, sin embargo esto no cambió mucho la relación entre las variables climáticas y el porcentaje de almidón, por lo cual los resultados no son mostrados en este estudio.

Para el modelo se consideró inicialmente el análisis de condiciones de estrés en el primer mes después de siembra dado que previos estudios han encontrado una mayor reducción en el contenido de almidón para plantas con estrés hídrico al inicio del periodo de crecimiento en contraste con plantas bajo estrés hídrico cercano a cosecha (Sriroth et al., 2000; Santisopasri, et al., 2001). Sin embargo, en este caso con los datos disponibles, no se encontró ninguna relación de la precipitación del primer mes de siembra con el contenido de almidón del cultivo a cosecha.

Este estudio nos permite evaluar la importancia que tienen las lluvias al momento de cosechar considerando el potencial que tiene la yuca para su uso industrial. Es entonces relevante considerar las condiciones ambientales de la fecha proyectada de cosecha con el fin de evitar que precipitaciones cercanas a esta época generen una disminución en el contenido de almidón de la yuca. Lo anterior, se convierte en un reto para los agricultores quienes deben lograr un balance entre cosechar antes del arribo de las lluvias y evitar largo tiempo de

² Esta investigación hace parte del mismo proyecto marco que patrocinó el estudio de la base de datos de Almidones de Sucre como parte de un Convenio con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

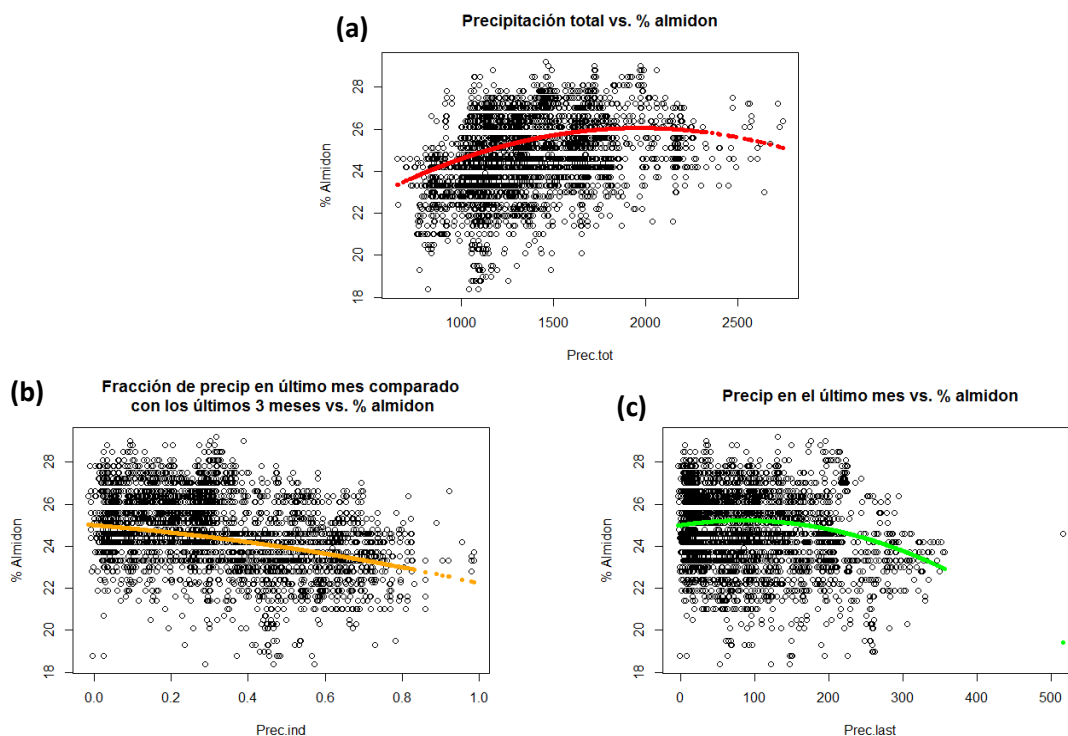


Figura 6 Influencia estimada en el contenido de almidón para cada variable climática considerada en el modelo **(a)** Precipitación total (prec.tot), **(b)** Índice de precipitación (prec.ind), **(c)** precipitación último mes (prec.last).

almacenamiento de la semilla para las posteriores siembras al iniciar el periodo húmedo o de altas precipitaciones.

En trabajos futuros, sería recomendable tener más datos de estaciones meteorológicas a escala diaria para analizar la relación entre la precipitación y el contenido de almidón a una periodicidad menor que la mensual en las fechas cercanas a cosecha.

Lecturas relacionadas

- El caso de la yuca: Pequeños agricultores, grandes investigadores - See more at: <http://www.aclimatecolombia.org/el-caso-de-la-yuca-pequenos-agricultores-grandes-investigadores/#sthash.hhBZnAw1.dpuf>

Bibliografía

- AGRONET. Sistema de Estadísticas Agropecuarias-SEA, basadas en las Evaluaciones Agropecuarias-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2013 . <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx> (último acceso: 06 de Enero de 2015).

- Aguilera, M. «La yuca en el Caribe colombiano: De cultivo ancestral a agroindustrial.» Documento de trabajo sobre Economía Regional. No. 158, 2012, 64 .
- Alarcón, F., y D. Dufour. «Sour Cassava Starch in Colombia.» En Cassava in the third millennium: modern production, processing, use, and marketing systems, de B. Ospina y H. Ceballos, 496-525. Cali, Colombia: International Center for Tropical Agriculture (CIAT); Latin American and Caribbean Consortium to Support Cassava Research and Development (CLAYUCA); Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA), 2012.
- Benesi, I. R.M, M. T. Labuschagne, A.G.O. Dixon, y N.M. Mahungu. «Stability of native starch quality parameters, starch extraction and root dry matter of cassava genotypes in different environments.» J Sci Food Agric 84 (2004): 1381-1388.
- Ceballos, H., y otros. «A new evaluation scheme for cassava breeding at CIAT.» En Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunities for an Ancient Crop. Proceedings of the Seventh regional Workshop held in Bangkok, Thailand., de R.H. Howeler, 125-135. 2007.
- Da, G, D. Dufour, C. Marouzé, M.L. Thanh, y P. Maréchal. «Cassava Starch Processing at Small Scale in North Vietnam.» Starch/Stärke 60 (2008): 358-372.

- Gu, B., Q. Yao, K. Li, y S.Chen. «Change in physicochemical traits of cassava roots and starches associated with genotypes and environmental factors.» *Starch/Stärke* 65 (2013): 253-263.
- Howeler, R. H. «Agronomic practices for sustainable cassava production in Asia Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunities for an Ancient Crop .» En *Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunities for an Ancient Crop*. Proceedings of the Seventh regional Workshop held in Bangkok, Thailand, de R. H Howeler, 288-314. CIAT, 2007.
- Maieves, H.A., D.C. De Oliveira, J.Rodrigues Frescura, y E. R. Amante. «Selection of cultivars for minimization of waste and of water consumption in cassava starch production.» *Industrial Crops and Products* 33 (2011): 224-228.
- Pebesma, E., y B. Graeler. «Package 'gstat'.» 20 de February de 2015. <http://cran.r-project.org/web/packages/gstat/gstat.pdf> (último acceso: 24 de February de 2015).
- Santisopasri, V., S. Chotineeranat K. Kurotjanawong, K. Piyachomkwan, K. Sriroth, y C.G. Oates. «Impact of water stress on yield and quality of cassava starch .» *Industrial Crops and Products*, 2001: 115-129.
- Sriroth, K., K. Piyachomkwan, S. Wanlapatit, y C. G. Oates. «Cassava Starch Technology: The Thai Experience.» *Starch/Stärke* 52 (2000): 439-449.
- Sriroth, K., K. Piyachomkwan, V. Santisopasri, y C.r G. Oates. «Environmental conditions during root development: Drought constraint on cassava starch quality.» *Euphytica* 120 (2001): 95–101.
- Tropical-CIAT, Centro Internacional de Agricultura. Annual Report . Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 1992.

Este documento hace parte de los resultados parciales de la investigación en el cultivo de yuca dentro del Convenio “Análisis integral de sistemas productivos en Colombia para la adaptación al cambio climático”

Patricia Moreno (l.p.moreno@cgiar.org) es investigadora con énfasis en modelación de yuca del equipo de modelación de clima y cultivos en CIAT dentro del Área de Investigación en Análisis de Políticas y Decisiones (DAPA).

Sharon Gourdji (s.m.gourdji@cgiar.org) es la coordinadora del equipo de modelación de clima y cultivos en CIAT dentro del Área de Investigación en Análisis de Decisiones y Políticas.

Citación correcta: Moreno L.P. & S.M. Gourdji 2014. El almidón de yuca y su relación con las precipitaciones. *CCAFS Info Brief*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen (Dinamarca). Disponible en línea en: www.ccafs.cgiar.org

Publicado como parte de una investigación con

Clima y Sector Agropecuario Colombiano

Adaptación para la Sostenibilidad Productiva



CCAFS is led by



Strategic partner



CCAFS and Info Notes

The CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) is a strategic partnership of CGIAR and Future Earth, led by the International Center for Tropical Agriculture (CIAT). CCAFS brings together the world's best researchers in agricultural science, development research, climate science and Earth System science, to identify and address the most important interactions, synergies and tradeoffs between climate change, agriculture and food security.

CCAFS Info Notes are brief reports on interim research results. They are not necessarily peer reviewed. Please contact the author for additional information on their research.

www.ccafs.cgiar.org

CCAFS is supported by:

