



Investigación participativa a través de modelos integrados de producción: Un estudio de caso en yuca (*Manihot esculenta* Crantz.)

Participatory research through integrated production models:
A case study in cassava (*Manihot esculenta* Crantz.)

Antonio José López Montes¹
Antonio María Martínez Reina²
Judith del Carmen Martínez Atencia³
Joaquín Alfonso García Peña⁴
Shirley Patricia Perez Cantero⁵
Jorge Cadena Torres⁶



DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n1.2021.11557>

RESUMEN: La participación de los pequeños productores en procesos de investigación asociados a los sistemas productivos agrícolas ha sido difícil de lograr. Por esto el objeto de la presente investigación fue el de lograr la vinculación de pequeños productores de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a procesos de investigación en la región caribe de Colombia. Por lo anterior, se implementaron ensayos de campo en los que se empleó un método de investigación participativa a través de modelos integrados de producción. La metodología utilizada incluyó entre otros, un análisis del uso actual del suelo, la identificación y priorizaron de las limitantes tecnológicas, la selección de ofertas tecnológicas que permitieron la construcción colectiva de modelos integrados de producción, que fueron posteriormente implementados en campo y evaluados técnica y económicamente. Con base en la anterior metodología se logró la participación efectiva y el intercambio de conocimientos entre agricultores, actores locales e investigadores, dando como resultado la selección por preferencia de modelos productivos que integraron tecnologías del conocimiento de los productores con tecnologías provenientes de procesos de investigación para la solución de las principales limitantes tecnológicas que afectan la producción de yuca en la región caribe. Se concluyó que esta metodología de investigación participativa podría ser una alternativa para mejorar los niveles de adopción, impacto e incorporación de las tecnologías a los sistemas productivos asociados a pequeños productores.

PALABRAS CLAVES: conocimiento local; investigación participativa; integración de tecnologías; pequeños agricultores.

ABSTRACT: The participation of small farmers in research processes associated with agricultural production systems has been a task difficult to achieve. For this reason, the purpose of this research was to link small cassava (*Manihot esculenta* Crantz) producers to the research processes in the Caribbean region of Colombia. Therefore, field trials were implemented in which a participatory research method was implemented through integrated production models. The methodology included, among others, an analysis of current land use, identification, and prioritization of technological constraints, selection of alternative solutions with which integrated production models were collectively built, which were subsequently implemented in the field and technically and economically evaluated. Based on the above methodology, an effective participation and integration among farmers, local actors, and researchers was achieved, resulting in the selection of models that integrated local farmers knowledge with technologies from research processes to solve the main technical constraints that affect cassava production in the Caribbean region. It was concluded that this participatory research methodology could be an alternative to improve the levels of adoption, impact, and incorporation of technologies to the production systems associated with small farmers.

KEYWORDS: local knowledge; participatory research; integration of technologies; small farmers.

FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de noviembre de 2020 **FECHA DE APROBACIÓN:** 04 de febrero de 2020

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO: López, A.J., Martínez, A.M., Martínez, J.C., García, J.A., Pérez, S.P. & Cadena, J. (2021). Investigación participativa a través de modelos integrados de producción: Un estudio de caso en yuca (*Manihot esculenta* Crantz.). *Cien. Agri.* 18(1): 46-62. <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n1.2021.11557>

- 1 Ph.D. International Trade Center (ITC-UN), Tropical Root and Tubers Crops' Agricultural System specialist, Accra, Ghana. mijuamarel@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0001-5801-2475>
- 2 Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. Centro de investigación Turipaná (Colombia). amartinezr@agrosavia.co
 <https://orcid.org/0000-0002-9312-842X>
- 3 Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. Centro de investigación Turipaná (Colombia). jcmartinez@agrosavia.co
 <https://orcid.org/0000-0002-8275-2956>
- 4 Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. Centro de investigación Turipaná (Colombia). jagarcia@agrosavia.co
 <https://orcid.org/0000-0002-1805-9487>
- 5 M.Sc. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. Centro de investigación Turipaná (Colombia). sperez@agrosavia.co
 <https://orcid.org/0000-0001-5260-0321>
- 6 Ph.D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia Centro de investigación Turipaná (Colombia). jcadena@agrosavia.co
 <https://orcid.org/0000-0002-5180-2893>

I. Introducción

El continuo desarrollo de nuevas tecnologías a través de procesos de investigación ha sido visto como la ruta más importante para lograr mejoras en la producción agrícola y la calidad de vida de los productores rurales. Sin embargo, las tasas de adopción de las nuevas tecnologías en el sector agropecuario actualmente continúan siendo muy bajas en la mayoría de los países (Mwangi & Kariuki, 2015). Como alternativa, se ha propuesto utilizar modelos orientados a lograr la incorporación de las tecnologías a través de la integración del conocimiento científico con el conocimiento local, como una complementariedad fundamental para lograr la adopción (Zúñiga-González *et al.*, 2016). En este contexto, la participación del agricultor y los actores locales en este tipo de investigación es considerada de vital importancia debido a que no siempre los diseños generados por la investigación se ajustan a las condiciones reales de producción que viven los agricultores en el campo. Al respecto, varios autores (Barrezueta-Unda & Chabla-Carrillo, 2017; Lawrence *et al.*, 2007), sostienen que la participación de los productores propicia la interacción entre actores del desarrollo, propicia la comunicación e interacción comunitaria, facilitando el ajuste y adopción de las ofertas tecnológicas (OTs). En este tipo de metodologías es de suma importancia la incorporación del conocimiento local, que permite adaptar con eficiencia nuevos desarrollos a las condiciones locales. Estos factores son muchas veces desconocidos y subvalorados por parte de los investigadores.

En Colombia, los esfuerzos realizados por las instituciones, orientados a mejorar la competitividad de los sistemas productivos se han orientado principalmente a los componentes técnicos de los cultivos y su uso como materia prima. La diversidad del ambiente, las características y habilidades del productor, su conocimiento y disponibilidad de factores de producción, han sido ignorados por mucho tiempo. Como consecuencia, han sido negativos los intentos por mejorar la competitividad solamente a partir de la tecnología, desconociendo otros aspectos del cultivo y del entorno del agricultor (Maertens & Barret, 2013; Martínez *et al.*, 2020; Weltzien *et al.*, 2019). Por lo anterior, cobra importancia actualmente la implementación de estrategias que orienten la competitividad hacia un enfoque donde se privilegie el sistema de producción y su entorno (Aksoy & Öz, 2020). Esto implica cambios que van desde lo operativo hasta la concepción, lo cual hace que el proceso sea mucho más complejo, pues implica abordar los sistemas de producción con sus interacciones sociales y ambientales, tal como se desarrollan en la realidad. El presente trabajo tuvo como objetivo propiciar la participación y el intercambio de conocimientos entre investigadores, actores locales y productores, mediante la implementación en campo de modelos de producción, utilizando como caso de estudio el cultivo de yuca, al cual se vinculan principalmente pequeños productores en la región caribe de Colombia.

II. Materiales y Métodos

A. Área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en tres localidades de la subregión del Alto Sinú y San Jorge, localizada al Norte de Colombia, en la región Caribe. Las localidades correspondieron a los corregimientos de San Domingo (8° 10.2' 0" N, 76° 18' 0" W), Patagonia (8° 14' 32.6" N 76°14' 11.9" W) y El Reposo (8° 10' 0" N, 76° 10.9' 0" W), pertenecientes al municipio de Valencia en el departamento de Córdoba. Este municipio se encuentra ubicado en el piso térmico cálido con una altura promedio de 60 msnm, temperatura promedio de 30°C y 1,539 mm de precipitación media anual (Palencia *et al.*, 2006). El paisaje de la subregión en el sur del departamento de Córdoba está dominado por relictos de bosques y sabanas, con serranías y montañas de poca altura, con suelos erosionables, de fertilidad baja a media en la parte alta y media a alta en las estribaciones de la serranía de Abibe (Viloria de la Hoz, 2004). Se escogió esta subregión por presentar como actividad económica principal el cultivo de yuca, caracterizado por ser manejado por pequeños productores.

B. Limitantes tecnológicas y alternativas de solución

Mediante un primer taller participativo (n=131), se identificaron y priorizaron las limitantes tecnológicas que afectan el cultivo de la yuca en la subregión, considerando las diferentes etapas productivas, desde la siembra hasta la cosecha y la postcosecha. Posteriormente, conjuntamente los investigadores, productores y actores locales, seleccionaron por consenso diversas alternativas para superar los limitantes tecnológicas identificadas. Dichas alternativas, provenían tanto de procesos de investigación como del conocimiento acumulado de los productores y los actores locales (Tabla I).

TABLA I. Limitantes tecnológicas identificadas en el sistema de producción de yuca y alternativas de solución propuestas por investigadores, productores y actores locales. Subregión del Alto Sinú y San Jorge.

Limitantes identificadas*	Alternativas de los investigadores**	Alternativas de los productores y actores locales***
Bajos rendimientos de campo	Introducción de variedades mejoradas de yuca de mayor productividad, para consumo en fresco e industrial.	
Baja calidad del producto final (raíz fibrosa).	Introducción de variedades mejoradas con alto contenido de almidones, baja fibra para consumo en fresco e industrial.	Uso de variedades tradicionales de alta gustosidad y aceptación en el mercado
Perdidas de plantas y población en los cultivos.	Uso de semillas certificadas, tratamiento de semillas, altas densidades de población.	
Deterioro y erosión de los suelos.	Labranza reducida y/o acorde al diagnóstico inicial del suelo.	Cultivos intercalados con maíz y frijol.
Mal drenaje natural de los suelos.	Caballoneo de suelos.	
Alto costos del cultivo, debido al elevado costo de los fertilizantes.	Uso de cultivos de cobertura fijadores de nitrógeno.	Fertilización orgánica.
Pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades durante el desarrollo del cultivo.	Uso de semilla certificada, tratamiento de semilla. Siembra de altas densidades de población.	

*Descripción textual de los agricultores y actores locales. **AGROSAVIA, CIAT, CLAYUCA, ICA. ***SENA, UMATA, Fundación Mario Santo Domingo, FUPAD.

C. Identificación de sistemas productivos

Posteriormente, en un segundo taller se identificó el entorno y las características en las cuales se establecen los sistemas productivos de yuca en la subregión. Para ello se utilizaron los mapas de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en donde se ubicaron las zonas productivas de yuca, se identificaron las características de los suelos, topografía, características de los productores, tenencia de la tierra, área promedio de las parcelas, lo cual permitió identificar los sistemas de producción predominantes en la subregión. De igual forma, se identificaron participativamente otros componentes del sistema, incluyendo prácticas de producción, manejo y postcosecha y los modelos de toma de decisiones. Mediante encuestas y entrevistas individuales y grupales se obtuvo el perfil tecnológico de los agricultores. Acorde a lo anterior, se identificaron tres sistemas productivos (SP) predominantes en la subregión y las localidades más representativas para cada uno de ellos (Tabla II).

TABLA II. Sistemas productivos identificados para la producción de yuca en la subregión del Alto Sinú y SaJorge.

Sistemas productivos	Paisaje	Características	Localidad representativa en la subregión
Sistema productivo 1 (SP1):	Paisaje dominado por colinas y montañas estructurales de baja altura y laderas moderadas, correspondientes a la serranía de Abibe, suelos de media fertilidad, erosionables, clima cálido húmedo.	Cultivos de yuca establecidos en áreas entre 26,0 y 1.8 ha, sembrados con variedades criollas, en monocultivo y/o intercalamiento, siembras en suelos con topografía ondulada a quebrada, fertilidad media, textura arcillosa, buen drenaje, con productores que son propietarios o arrendatarios.	Santo Domingo
Sistema productivo 2 (SP2):	Corresponde a las estribaciones de las montañas estructurales, laderas moderadas, con suelos ácidos de color amarillo a rojizo y baja fertilidad.	Cultivos de yuca establecidos en áreas entre 12,0 y 2,9 ha, sembrados con variedades criollas y mejoradas, en monocultivo y/o intercalamiento, en suelos con topografía plana a ondulada, baja fertilidad, textura arcillosa y pesada, drenaje moderado, con productores que son propietarios o arrendatarios.	Patagonia
Sistema productivo 3 (SP3):	Planicie aluvial y de lomerío, con suelos de alta fertilidad, correspondientes a terrazas altas, medias y bajas, topografía plana, con texturas franco-arcillosas y mal drenaje.	Cultivos de yuca establecidos en áreas entre 4,8 y 2,6 ha, sembrados con variedades preferencialmente mejoradas, en intercalamiento. En suelos de topografía plana, textura arcillosa, fértiles, drenaje natural deficiente, con productores que son propietarios y arrendatarios.	El Reposo

D. Modelos productivos

Con las alternativas tecnológicas disponibles se procedió a la construcción de modelos productivos (MP) para cada localidad, para la solución de las limitantes tecnológicas. Las tecnologías que conformaron cada MP se seleccionaron por discusión y consenso entre agricultores, actores locales e investigadores, y combinaron el conocimiento ancestral de los agricultores y actores locales con la oferta tecnológica (OT) generada por los programas de investigación de las distintas entidades (Agrosavia, CIAT, CLAYUCA, ICA). Para las OT era requisito indispensable contar con procesos completos de investigación (generación, evaluación en centros de investigación y validación en fincas).

La anterior metodología no considera la inclusión de testigos modales, frecuentemente usados para comparar el conocimiento del productor con las OT provenientes de la investigación. Por el contrario, se propicia la integración del conocimiento, independientemente de su origen, conformando modelos integrados de producción (MP) para su evaluación en ensayos de campo. Los MP incluyeron entre otros, variedades mejoradas de yuca y maíz, variedades tradicionales, semillas certificadas y tratadas, siembras en monocultivo e intercalamiento, densidades de población, sistemas de labranza y abonos orgánicos, entre otros (Tabla III).

TABLA III. Modelos integrados de producción de yuca evaluados en tres localidades de la subregión del Alto Sinú y San Jorge.

Sistema de Producción	Localidad	Modelos Productivo	Descripción del Modelo*
SP1	Santo Domingo	MP1	Variedad ICA-Costeña intercalada con maíz, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP2	Variedad ICA-Costeña en monocultivo, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP3	Variedad ICA-Costeña en monocultivo, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero, con aplicación de bovinaza en la superficie del suelo.
		MP4	Variedad tradicional Venezolana en monocultivo, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP5	Variedad tradicional Chiroza en monocultivo, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
SP2	Patagonia	MP1	Variedad CORPOICA-Caribeña en monocultivo, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP2	Variedad CORPOICA-Tai en monocultivo, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP3	Variedad CORPOICA-Caribeña en intercalamiento con maíz, a una densidad 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza cero, con aplicación de bovinaza en la superficie del suelo.
		MP4	Variedad CORPOICA-Tai en intercalamiento con maíz, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza cero, con aplicación de bovinaza en la superficie del suelo.
		MP5	Variedad CORPOICA-Caribeña en intercalamiento, con frijol Caupi, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero, con aplicación de bovinaza en la superficie del suelo.
		MP6	Variedad CORPOICA-Tai en intercalamiento con frijol caupí, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero, con aplicación de bovinaza en la superficie del suelo.
		MP7	Variedad CORPOICA-Tai en intercalamiento con frijol caupí, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP8	Variedad CORPOICA-Caribeña en intercalamiento con frijol caupí, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP9	Variedad CORPOICA-Tai en intercalamiento con maíz, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
		MP10	Variedad CORPOICA-Caribeña en intercalamiento con maíz, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza cero.
SP3	El Reposo	MP1	Variedad CORPOICA-Caiseli en monocultivo, sembrado con la, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza con arado de discos y rastrillo, con caballoneo.
		MP2	Variedad CORPOICA-Orense en monocultivo, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza con arado de discos y rastrillo, con caballoneo.
		MP3	Variedad CORPOICA-Caiseli en intercalamiento con maíz, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo.
		MP4	Variedad CORPOICA-Caiseli en intercalamiento con maíz, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo y aplicación de bovinaza sobre la superficie del suelo.
		MP5	Variedad CORPOICA-Orense en intercalamiento con maíz, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo.
		MP6	Variedad CORPOICA-Orense en intercalamiento con maíz, a una densidad de 10,000 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo y aplicación de bovinaza sobre la superficie del suelo.
		MP7	Variedad CORPOICA-Caiseli en intercalamiento con frijol caupi, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo.

Continúa

CONTINUACIÓN TABLA III.

Sistema de Producción	Localidad	Modelos Productivo	Descripción del Modelo*
SP3	El Reposo	MP8	Variedad CORPOICA-Caiseli en intercalamiento con frijol capi, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo y aplicación de bovinaza sobre la superficie del suelo.
		MP9	Variedad CORPOICA-Orense en monocultivo, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo y aplicación de bovinaza sobre la superficie del suelo.
		MP10	Variedad CORPOICA-Orense en monocultivo, a una densidad de 8,333 pl ha ⁻¹ , labranza profunda con arado de cincel y rastrillo, con caballoneo.

*Los modelos que incluyen intercalamiento con maíz (*Zea mays* L.), corresponden a la variedad mejorada Corpoica V114 sembrado a una densidad de 25,000 pl ha⁻¹ en Santo Domingo y Patagonia, y 33,000 pl ha⁻¹ en El Reposo. ** Los modelos que incluyen intercalamiento con una variedad local de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) corresponden a una densidad de 120,000 pl ha⁻¹.

E. Tratamientos

Cada uno de los MP fue implementado en campo, en áreas de 2,500 m² en las fincas seleccionadas por los productores, en tres localidades de la subregión del Alto Sinú y San Jorge. La siembra, monitoreo y manejo de los mismos estuvo en todos los casos a cargo del consenso del conocimiento de los productores, a través de tres talleres participativos, que contaron con el acompañamiento técnico de los investigadores y de los actores locales vinculados al sector en la subregión (ICA, Sena, Umata). Los tratamientos consistieron en la evaluación técnica y económica de los diferentes MP, mediante formatos especialmente diseñados para hacer el seguimiento y la evaluación.

F. Análisis estadístico

Con base en las evaluaciones realizadas, se registró el orden de preferencia de los productores por los MP, mediante regresión logística, identificando los tres modelos de mayor preferencia en cada localidad (Digby, 1978). A los tres modelos preferidos por los agricultores se les realizó un análisis económico conformando patrones de costos de producción tomando las actividades secuenciales y los insumos que intervinieron, valorándolos a precios del mercado (Martínez-Reina *et al.*, 2019). Con la información obtenida se calcularon los ingresos brutos teniendo en cuenta el valor comercial de las raíces frescas, pagado al productor en la cabecera municipal en la planta de procesamiento de la Fundación Panamericana para el Desarrollo (FUPAD). Los parámetros de costos (directos, indirectos y totales), rentabilidad, valores unitarios y el punto de equilibrio fueron determinados para cada modelo productivo.

Los resultados obtenidos fueron procesados y analizados mediante componentes principales. Para el procesamiento de los datos, se utilizó el software SAS®, versión 9.4. Para medir el cumplimiento de las expectativas del

proyecto, se utilizó el sistema participativo de seguimiento y evaluación propuesto por el CGIAR (Ashby, 1990).

III. Resultados y Discusión

La participación efectiva en este caso se refiere a la incorporación activa de los productores y actores locales en el proceso de toma de decisiones, seguimiento y evaluación durante las etapas de planificación, implementación, evaluación y difusión de los resultados. En el desarrollo de la fase de campo se realizaron tres evaluaciones de los MP que según la localidad, contaron con la participación de entre 90 y 131 productores. Aunque se decidió trabajar con el capital social existente en cada localidad, los agricultores por iniciativa propia decidieron la conformación en cada localidad de un grupo de trabajo, a los cuales se le denominó Comités Agropecuarios para el Desarrollo Tecnológico Agroempresarial o CADET. Una vez conformado el CADET, durante el desarrollo de los ensayos, toda la comunidad funcionó alrededor de estos grupos de trabajo.

A. Base del conocimiento de los productores

La base del conocimiento de los productores resultó de gran importancia para la integración de tecnologías y la construcción colectiva de los MP. En términos generales se encontró que los productores tienen un claro entendimiento de la importancia del suelo, sus propiedades físicas y químicas sobre la productividad, calidad y sanidad del cultivo de la yuca. Con relación a este recurso, consideran que la topografía del terreno, la textura y la fertilidad del suelo, determinan en buena parte la aptitud de las tierras para el cultivo. Según su criterio, la textura tiene muchos efectos sobre la productividad del cultivo de la yuca, debido a que está correlacionada con el tamaño final de las raíces. Al respecto numerosos estudios efectivamente correlacionan la textura del suelo y los impedimentos físicos con el crecimiento de las raíces y la productividad (Andrade *et al.*, 2020; Burt, 2009; Contreras-Santos *et al.*, 2020).

Los productores también asocian los suelos pesados, con enfermedades que afectan las raíces. Al respecto, se han reportado varios agentes causales asociados a la pudrición de raíces de yuca, entre estos *Phytophthora drechsleri*, *Rhizoctonia solani*, *Diplodia manihotis* y *Fusarium solani* las cuales son más prevalentes en suelos pesados, sujetos a encharcamientos periódicos (Da Silva *et al.*, 2016). Por el contrario, los productores indican que los suelos sueltos o francos son más adecuados para el cultivo debido a que se reduce el ataque de enfermedades y los tubérculos producidos son de mayor tamaño y se facilita el arranque de las raíces, al momento de la cosecha.

El rendimiento del cultivo de la yuca en general es asociado con el tamaño y número de raíces, pues manifiestan que en cultivos donde se obtienen raíces de mayor diámetro o tamaño, los rendimientos son superiores. Al respecto la investigación reportada ha correlacionado positivamente la variación que se presenta en los rendimientos de campo con el número y tamaño de las raíces, especialmente en suelos de texturas francas (Ntawuruhunga & Dixon, 2010) Bulisa and Kapchorwa. Los productores indican además que el tamaño de las raíces está asociado con la variedad sembrada, en donde las variedades más precoces, generalmente presentan tubérculos más pequeños y por tanto menores rendimientos. Según el conocimiento de los productores, el rendimiento es también afectado por el sistema de cultivo (monocultivo o como cultivo intercalado). Indican que los cultivos de yuca intercalados con otras especies como maíz, reducen el rendimiento de la yuca, pero diversifica la producción, genera otros productos y reduce el ataque de enfermedades. Varios autores han mostrado las ventajas del intercalado de cultivos en yuca para la reducción del ataque de enfermedades, especialmente las que causan pudrición de raíces (De Medeiros *et al.*, 2019). Con respecto a la importancia del cultivo de yuca y su asocio, en general los agricultores resaltan la importancia de las raíces y los productos asociados como base para la seguridad alimentaria de la familia.

B. Evaluación participativa de modelos productivos

En cada localidad se realizaron tres evaluaciones de tipo abierto, tanto individuales como grupales, durante el desarrollo del cultivo de yuca (establecimiento, desarrollo del cultivo y cosecha). Durante las evaluaciones los agricultores y los técnicos de las instituciones participantes, registraron los criterios, descriptores, bondades, ventajas, desventajas de cada MP. En la última evaluación realizada, se calificaron aspectos como rendimiento, número y peso de raíces, calidad y aceptación de raíces en el mercado, así como los costos de producción y la rentabilidad de los modelos.

Los análisis de regresión logística indicaron que en la localidad de Santo Domingo los modelos de mayor preferencia por los productores fueron en su orden MP1, MP2 y MP3 sembrados con la variedad ICA-Costeña (Figura 1). En la localidad de El Reposo, los agricultores mostraron preferencia por los modelos productivos que involucran las variedades mejoradas Corpoica-Orense (MP10, MP9 MP6) y Corpoica-Caiseli, (MP3, MP7 y MP1). En la localidad de La Patagonia en el taller de evaluación final se presentó un número de agricultores considerado insuficiente para la aplicación de la regresión logística ($n < 15$), por lo que el orden de preferencia se calculó basado en evaluaciones previas, el rendimiento y la apariencia final. En esta localidad los modelos considerados como de mayor preferencia fueron en su orden MP6, MP4 y MP9, sembrados con la variedad mejorada Corpoica-Tai (Tabla IV).

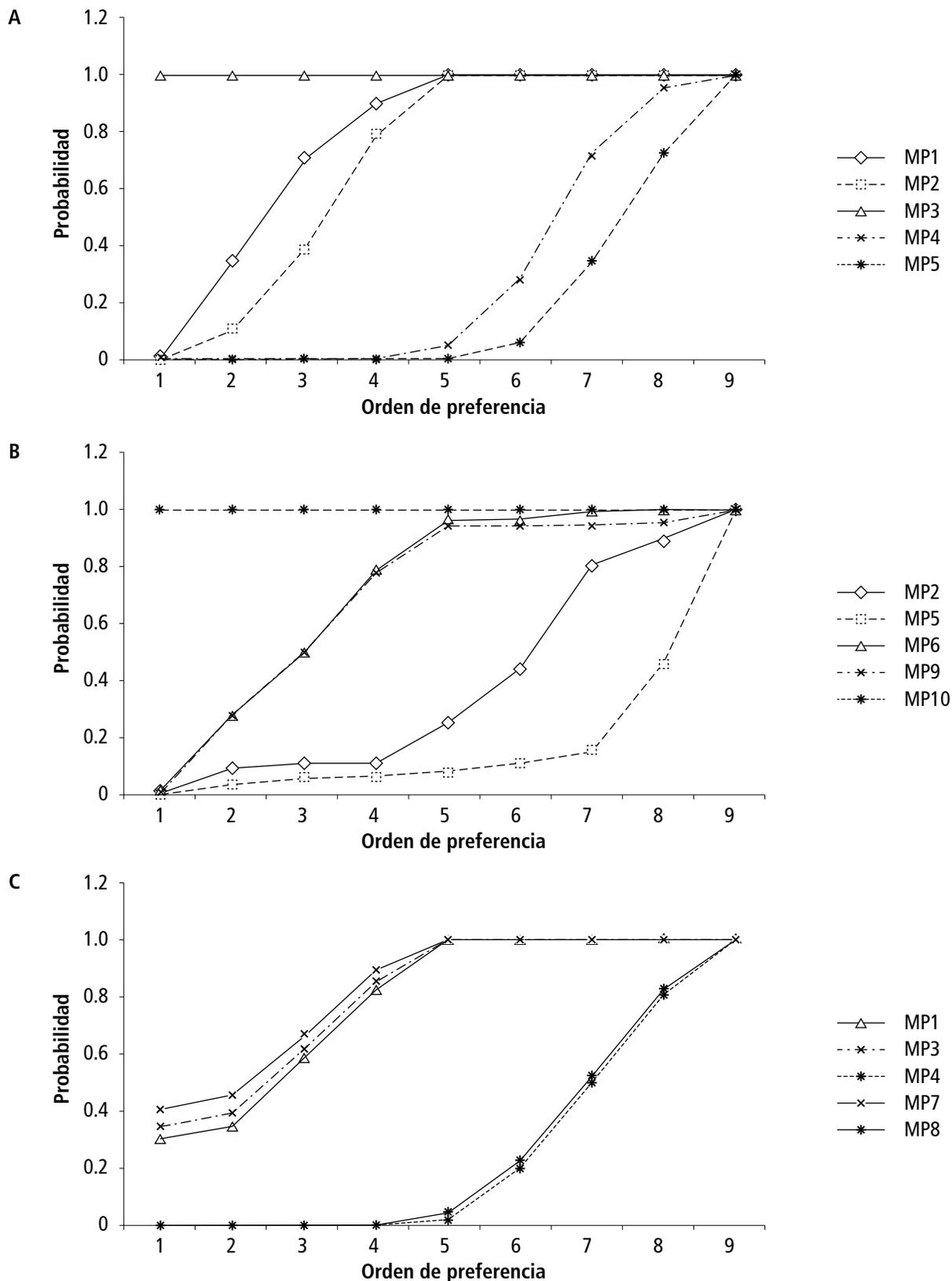


FIGURA 1. Orden de preferencia de modelos productivos de yuca para en las localidades de a) Santo Domingo y b) El Reposo con la variedad Orense y c) El Reposo variedad con la variedad Caiseli. Subregión del Alto Sinú y San Jorge.

TABLA IV. Orden de preferencia de modelos productivos en la localidad Patagonia, con base en las evaluaciones del cultivo, rendimientos y apariencia final.

Localidad	Modelo Productivo	Rendimiento de raíces de yuca t ha ⁻¹	Orden de Preferencia
Patagonia	MP6	16	1
	MP4	12	2
	MP9	12	3

Con el objeto de determinar las características más sobresalientes asociadas a cada MP, se realizó un análisis de componentes principales que permitió relacionar el orden de preferencia con las tecnologías que lo integran (Figura 2).

En la localidad de Santo Domingo, la preferencia de los agricultores por el modelo MP2, estuvo principalmente correlacionada con la variedad utilizada (ICA-Costeña), la cual fue catalogada de rendimiento muy bueno, semilla delgada, pedúnculo largo y buena formación de las raíces, lo cual consideran muy importante para el mercado en fresco de la yuca. En contraste el MP1 estuvo asociado a rendimientos aceptables a malos y raíces delgadas. En la localidad de El Reposo, los modelos con la variedad CORPOICA-Orense, fueron asociados con rendimientos muy buenos, buena calidad de la semilla y buena formación de raíces, lo que es considerado de alta importancia para la aceptación del producto final en el mercado. Para el caso de los modelos con la variedad Corpoica-Caiseli, se resaltan los rendimientos aceptables, raíces delgadas y buena calidad de la semilla. En la localidad de Patagonia, asociados a la variedad Corpoica-Tai, fueron asociados a buenos rendimientos, facilidad de la cosecha y buena calidad de la semilla.

C. Factibilidad económica de los modelos productivos

Los análisis de factibilidad económica se realizaron solo para los MP de preferencia de los agricultores. Para ello se tuvieron en cuenta el rendimiento de raíces frescas de yuca, los costos de producción asociados a la integración de tecnologías y el precio de comercialización de las raíces, sumado a los productos comerciales resultantes del intercalamiento. Las raíces frescas de yuca se comercializaron en la planta de la Fundación Panamericana para el Desarrollo (FUPAD), localizada en el casco urbano del municipio de Valencia en Córdoba, lo cual coincidió con una temporada de precios extremadamente bajos. También se incluyeron los costos asociados al transporte del producto a los sitios de comercialización. Los resultados del análisis económico se muestran en la Tabla V.

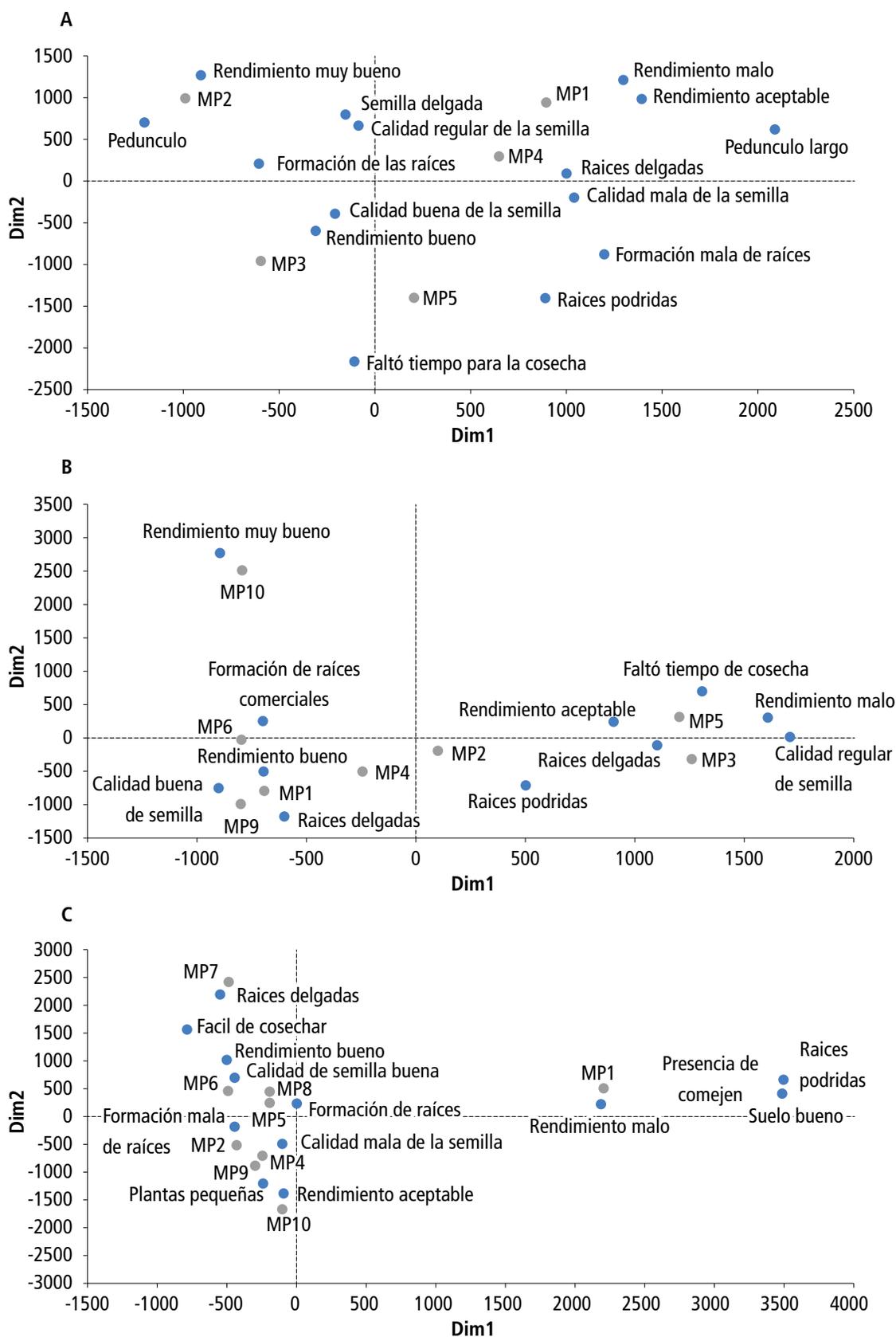


FIGURA 2. Criterios asociados por los productores a los modelos productivos de preferencia en las localidades de a) Santo Domingo; b) El Reposo y c) Patagonia, en Subregión del Alto Sinú y San Jorge.

TABLA V. Rendimientos de yuca e ingreso neto por hectárea de modelos productivos preferidos por localidad en el municipio de Valencia, Córdoba.

Localidad	Modelo Productivo	Rendimiento de raíces de yuca t ha ⁻¹	Ingreso neto \$ ha ⁻¹	Orden de preferencia
Santo Domingo	MP1	19	+527,585	1
	MP2	21	+945,829	2
	MP3	18	+572,075	3
Patagonia	MP6	16	-91,793	1
	MP4	12	-558,140	2
	MP9	12	-206,750	3
El Reposo	MP10	35	+442,696	1
	MP9	27	+474,889	2
	MP7	18	+774,724	3
	MP1	30	+635,610	4

En la localidad de Santo Domingo, el modelo con mayores ingresos netos para el agricultor fue el MP2, con un ingreso neto de \$945.829 ha⁻¹, el cual incluyó la siembra de la variedad ICA-Costeña en monocultivo. Esto se debió a que dicho modelo presentó los más altos rendimientos de campo y mayor valoración del producto en el mercado. Este modelo presentó unos ingresos netos que fueron 76 % superiores al MP1, indicando que la yuca en monocultivo a alta densidad de población permitió por un lado aumentar los rendimientos y por el otro reducir los costos de producción, debido a la implementación del sistema de labranza de conservación. Lo anterior ocasionó mayores ingresos netos para los pequeños productores, justificando la inversión en las innovaciones tecnológicas, por lo que se puede concluir que, para esta localidad, en paisajes de laderas y suelos de fertilidad media, la siembra de variedades mejoradas de yuca en monocultivo, representa una alternativa viable para maximizar los ingresos de los pequeños productores vinculados al sistema productivo de yuca.

En la localidad de Patagonia, se obtuvieron los rendimientos más bajos en el ensayo, fluctuando entre 12 y 16 t ha⁻¹ con lo cual ninguno de los modelos productivos seleccionados por los productores logró la generación de ingresos netos positivos. Un factor determinante en la obtención de resultados negativos en esta localidad se asoció a la baja fertilidad natural y condición ácida de los suelos, lo cual asociado la mayor distancia al sitio de mercadeo y costos asociados al transporte, ocasionaron ingresos negativos para los productores. Frecuentemente los altos costos del transporte afectan negativamente a los productores rurales en Colombia, quienes en muchas ocasiones deben transportar sus productos grandes distancias a los centros de acopio, por vías rurales que en general se encuentran en mal estado de conservación. Para esta localidad se concluye que las tecnologías implementadas en

los MP no fueron suficientes para impactar positivamente los ingresos de los productores.

En la localidad de El Reposo, se obtuvieron comparativamente los rendimientos más altos en el ensayo (18 a 35 t ha⁻¹), lo cual se asoció con suelos más fértiles ubicados en planicies de topografía plana, lo cual aunado a la implementación de tecnologías como variedades mejoradas, labranza profunda, abonos orgánicos y los sistemas de intercalamiento, incidió positivamente en los resultados obtenidos. En este caso los mayores ingresos netos se presentaron con el modelo MP7 que incluían la siembra de la variedad Corpoica-Caiseli, en intercalamiento con frijol caupi, labranza profunda y el caballoneo de los suelos. Un factor diferencial en este caso se presenta debido a los ingresos adicionales generados por el frijol Caupí producido.

La evaluación final de las expectativas planteadas por los productores al inicio de los ensayos con los resultados finales obtenidos, permitió verificar que en las localidades de Santo Domingo y El Reposo se cumplió con las expectativas de los productores, toda vez que los MP presentaron superaron sus aspiraciones, generaron mejores ingresos y se contribuyó con el bienestar general de los agricultores y su familia. En la localidad de Patagonia, por el contrario, el proyecto no llenó las expectativas pues los MP presentaron bajos rendimientos, altos costos de transporte y consecuentemente, se registraron ingresos netos negativos. Para esta última localidad se requiere la implementación de otras tecnologías que coadyuven en el mejoramiento de la fertilidad de los suelos, aumenten los rendimientos de campo y reduzcan los costos de transporte.

Los anteriores resultados mostraron que la metodología permitió la participación efectiva de los productores en el proceso de investigación y el intercambio de conocimientos entre agricultores, actores locales e investigadores, dando como resultado la selección por preferencia de modelos productivos que integraron tecnologías del conocimiento de los productores con tecnologías provenientes de procesos de investigación para la solución de las principales limitantes tecnológicas que afectan la producción de yuca en la región caribe. A este respecto, diversos autores han indicado que la integración de prácticas locales con las tecnologías generadas por los programas de investigación, permite la incorporación efectiva de las OTs acorde a las condiciones específicas de producción, minimizando la brecha entre lo teórico y lo práctico, lo cual genera una mayor seguridad de éxito en la adopción de las nuevas tecnologías (Snapp *et al.*, 2019; Thapa *et al.*, 1995).

La anterior metodología permitió la incorporación de las variedades mejorada de yuca al sistema productivo local, en particular de las variedades ICA-Costeña, Corpoica-Orense, Corpoica-Caiseli y Corpoica-Tai. Estas variedades, a pesar de haber sido liberadas hace mucho tiempo (CIAT y CORPOICA, 2004; (De la Torre y Hershey, 1991), eran desconocidas por los agricultores de la

subregión, de las cuales se resalta sus características productivas, calidad de sus raíces y diversidad de usos (consumo en fresco, industrial y doble propósito), con lo cual se amplía el mercado y se diversifican los ingresos de los pequeños productores.

Conclusiones

La metodología planteada permitió la integración del conocimiento acumulado durante muchos años por el productor y los actores locales con las tecnologías desarrolladas por los investigadores, a través del establecimiento de un dialogo de saberes que permitió la construcción colectiva de modelos integrados de producción para la solución de las principales limitantes tecnológicas que afectan el cultivo de yuca en la región caribe de Colombia. En este caso, la integración de saberes permitió la obtención de mayores rendimientos, ingresos y bienestar de los productores en dos de las tres localidades evaluadas. La metodología a su vez permitió la incorporación efectiva de nuevas tecnologías al sistema productivo, lo que sugiere que es una alternativa para mejorar los niveles de adopción e impacto.

Se concluyó que esta metodología de investigación participativa podría ser una alternativa para mejorar los niveles de adopción, impacto e incorporación de las tecnologías a los sistemas productivos asociados a pequeños productores.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por el Fondo Común de los Productos Básicos (CFC) a través del convenio Agrosavia-CIAT-CLAYUCA, a quienes los autores expresan su agradecimiento.

Referencias

- Aksoy, Z., & Öz, Ö. (2020). Protection of Traditional Agricultural Knowledge and Rethinking Agricultural Research from Farmers' Perspective: A Case from Turkey. *Journal of Rural Studies*, 80, 291-301. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.09.017>
- Andrade, R., Faria, W. M., Silva, S. H. G., Chakraborty, S., Weindorf, D. C., Mesquita, L. F., Guilherme, L. R. G., & Curi, N. (2020). Prediction of Soil Fertility Via Portable X-Ray Fluorescence (Pxf) Spectrometry and Soil Texture in the Brazilian Coastal Plains. *Geoderma*, 357, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113960>
- Ashby, J. A. (1990). Small Farmers' Participation in the Design of Technologies. In Altieri, M. & S. Hecht (Eds), *Agroecology and Small Farm Development* (pp. 245-253). CRC Press.

- Barrezueta-Unda, S. & Chabla-Carrillo, J. (2017). Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista La Técnica, Edición Especial*, 25–34.
- Burt, R. (2009). *Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 51 Vers. 1.0*. United States Department of Agriculture.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT- & Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-. (2004). *Nuevas variedades de yuca para uso industrial en la región Caribe colombiana*. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA). <https://hdl.handle.net/10568/72089>
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J. & Cadena-Torres, J. (2020). Una evaluación de las propiedades fisicoquímicas de suelo en sistema productivo de maíz-algodón y arroz en el Valle del Sinú en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 23(2), 1-10. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1375>
- Da Silva, JAT., De Medeiros, E. V., Da Silva, JM., Tenório, D. de A., Moreira, KA., Da Silva Nascimento, TCE & Souza-Motta, C. (2016). *Trichoderma aureoviride* URM 5158 and *Trichoderma hamatum* URM 6656 are biocontrol agents that act against cassava root rot through different mechanisms. *Journal of Phytopathology*, 164(11/12), 1003–1011. <https://doi.org/10.1111/jph.12521>
- De la Torre, J. & Hershey, C.H. 1991. *ICA-Costeña nueva variedad de yuca de alta producción para la Costa Atlántica*. Plegable divulgativo no. 232, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- De Medeiros, E.V., Notaro, K.D.A., de Barros, J.A., et al. (2019). Soils from Intercropped Fields Have a Higher Capacity to Suppress Black Root Rot in Cassava, Caused by *Scytalidium lignicola*. *J. Phytopathol.*, 167, 209-217. <https://doi.org/10.1111/jph.12788>
- Digby, P.G.N. (1979) Modified Joint Regression Analysis for Incomplete Variety x Environment Data. *Journal of Agricultural Science*, 93, 81-86. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086159>
- Lawrence, D., Christodoulou, N., & Wish, J. (2007). Designing Better On-Farm Research in Australia Using A Participatory Workshop Process. *F. Crop. Res.*, 104, (1–3), 157-164. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.03.018>
- Martínez-Reina, A. M., Tordecilla-Zumaqué, L., Grandett-Martínez, L. M., Rodríguez-Pinto, M. D. V., Cordero-Cordero, C. C., Silva-Acosta, G. E., Romero-Ferrer, J. L., Correa-Álvarez, E. M., & Orozco-Guerrero, A. R. (2019). Análisis económico de la producción de berenjena (*Solanum melongena* L.) en dos zonas productoras del Caribe colombiano: Sabanas de Sucre y Valle del Sinú en Córdoba. *Ciencia y Agricultura*, 16(3),17–34. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9514>
- Martínez, A., Tordecilla, L., Grandett, L.M. & Rodríguez, M. V. (2020). Adopción de la variedad de berenjena C015 (*Solanum melongena* L.) en la región Caribe colombiana. *Ciencia y Agricultura* 17(3), 1–10. <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n3.2020.11062>

- Maertens, A., & Barrett, C. B. (2013). Measuring Social Networks' Effects on Agricultural Technology Adoption. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2), 353-359.
- Mwangi, M., & Kariuki, S. (2015). Factors Determining Adoption of New Agricultural Technology by Smallholder Farmers in Developing Countries. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 6(5), 208-216.
- Ntawuruhunga, P., & Dixon, A.G.O. (2010). Quantitative Variation and Interrelationship Between Factors Influencing Cassava Yield. *Journal of Applied Biosciences*, 16, 1594-1602.
- Palencia, G., Mercado, T. & Combatt, E. (2006). *Estudio agroclimático del departamento de Córdoba* (n.º P01-295). Universidad de Córdoba, Colombia, Facultad Ciencias Agrarias.
- Snapp, S.S., Dedecker, J., & Davis, A.S. (2019). Farmer Participatory Research Advances Sustainable Agriculture: Lessons from Michigan and Malawi. *Agronomy Journal*, 111(6), 2681-2691. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0769>
- Thapa, B., Sinclair, F.L. & Walker, D.H. (1995). Incorporation of Indigenous Knowledge and Perspectives in Agroforestry Development. *Agroforest. Syst.*, 30, 249-261. <https://doi.org/10.1007/BF00708924>
- Viloria de la Hoz, J. (2004). *La economía del departamento de Córdoba: ganadería y minería como factores clave*. Banco de la República, Documentos de Trabajo sobre Economía Regional.
- Weltzien, E., Rattunde, F., Christinck, A., Isaacs, K. & Ashby, J. (2019). Gender and Farmer Preferences for Varietal Traits. In I. Goldman (Ed.), *Plant Breeding Reviews*, <https://doi.org/10.1002/9781119616801.ch7>
- Zúñiga-González, C.A., Jarquín-Saez, M.R., Martínez-Andrades, E., Rivas, J.A. (2016). Investigación acción participativa: un enfoque de generación del conocimiento. *Participative, Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 2(1), 218-224. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v2i1.5696>