



MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL

Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el cultivo de

ñame

(*Dioscórrea rotundata*)



AGROSAVIA
EDITORIAL

Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el Cultivo de ñame
(*Dioscórea rotundata*)

Autores

Manuel Ramón Espinosa Carvajal y Martha Marina Bolaños-Benavides

PREPRINT

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Centro de Investigación Tibaitatá, kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Citación sugerida: Espinosa, C. M. & Bolaños, B. M. 2022. *Crecimiento verde y agricultura climáticamente inteligente en el Cultivo de ñame (Dioscorea sp.)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia.

Parte de la información que se presenta en esta publicación se obtuvo de la parcela de integración del cultivo de ñame del proyecto “Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático- Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA)”. La información suministrada se ha generado a partir de los resultados de investigación desarrollados por AGROSAVIA y sus aliados.

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Dirección editorial

Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición de contenidos

Valentina Ramírez-Valencia

Corrección de estilo

Felipe Solano Fitzgerald

Realización gráfica e ilustración

María Cristina Rueda Traslaviña y Wilson Martínez Montoya

Fotografía

Manuel Ramón Espinosa Carvajal, Martha Bolaños B, Blas Panza T



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

AGRADECIMIENTOS

Los autores y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, agradecen a:

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación con recursos públicos de esta obra.

A la Dirección de Planeación y Cooperación Institucional; Dirección de Investigación y Desarrollo y al Departamento de Producción Intensiva Sostenible de AGROSAVIA, por priorizar este sistema productivo en el análisis de estrategias para implementar las políticas de Crecimiento Verde.

A los investigadores y productores participantes en los proyectos “Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático – MAPA (Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática), financiado con recursos del Fondo Adaptación”.

CONTENIDO

Descripción general del sistema productivo

Recomendaciones tecnológicas con enfoque de crecimiento verde

Protección del capital natural como base para el desarrollo de las actividades productivas: Manejo de semillas, suelos y aguas

Maximización de la eficiencia en el uso de los recursos en las actividades productivas, para lograr más con menos mejorando la productividad de la economía y su competitividad en los mercados

Fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático

Consideraciones finales

Glosario

Introducción

La economía colombiana se proyecta como una de las de mayor crecimiento a nivel regional, entre los años 2000 y 2015 tuvo un crecimiento del 4.26% (CONPES; DNP, 2018), lo cual ha tenido efectos en el país sobre la disminución de la pobreza, la desigualdad y el desempleo. Sin embargo, esta presenta grandes problemas relacionados con su diversificación, productividad y sostenibilidad, así como con la baja generación de bioproductos, las deficientes capacidades en Ciencia y Tecnología, y el control de los efectos del cambio climático.

Este panorama ha expuesto la necesidad de formular diversas políticas y leyes que propicien espacios para promover el desarrollo productivo, la mitigación y la adaptación al cambio climático. En el año 2018 se plantea la **Política de Crecimiento Verde**, cuyo objetivo es impulsar la competitividad y productividad económicas del país, sin dejar de lado la necesidad de garantizar la gestión sostenible de recursos naturales, la igualdad social, la mitigación y adaptación frente al cambio climático, y el manejo adecuado de biotecnología y recursos sólidos, todo esto con un horizonte definido al año 2030.

La situación actual del país y del mundo conlleva a plantear alternativas encaminadas a la producción agropecuaria sostenible. En este marco, Colombia cuenta con la política de crecimiento verde, la cual incluye entre sus objetivos:

- 1. Generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural;*
- 2. Fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo;*
- 3. Desarrollar lineamientos para constituir capital humano para el Crecimiento Verde;*
- 4. Fortalecer las capacidades de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) para el*

Crecimiento Verde y

- 5. Mejorar la coordinación interinstitucional, la gestión de la información y el financiamiento para la implementación de la Política de Crecimiento Verde a largo plazo.*

Este documento se plantea como contribución de Agrosavia a las líneas estratégicas del objetivo 1 y 2, y en menor medida a los objetivos 3 y 5 de la Política Pública de Crecimiento Verde mediante la presentación de prácticas que permiten mejorar el desempeño del sector agropecuario, promover nuevas estrategias para la producción integral y sostenible del cultivo de ñame, mejorar la eficiencia del uso del agua, promover la adopción de tecnologías para la gestión eficiente de recursos naturales como el suelo, fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático y motivar la transición hacia una economía circular, especialmente con el uso de la biomasa residual.

Agrosavia desarrolla acciones de investigación y vinculación de tecnologías y mediante el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional, se busca mejorar las capacidades nacionales y regionales, así como el desarrollo de estrategias de gestión de la información para el crecimiento verde.

1. Descripción general del sistema productivo

El ñame (*Dioscorea rotundata*) es una raíz rica en almidón, similar a la papa, por lo cual se considera un alimento predominantemente energético, contiene aminoácidos esenciales, su contenido en vitamina C es inferior al de la papa, pero el contenido de vitaminas del complejo B es similar (Universidad Nacional, 2010). El ñame es fuente de fibra dietética, potasio, manganeso y es bajo en sodio y grasa (Leonel et al., 2006). Chou (2006) sugiere que el ñame es un alimento energético por su alto contenido de almidón (70- 80% de su peso en materia seca), contenido de proteínas (12%) el cual puede considerarse alto comparado con otros tubérculos o raíces en condiciones tropicales. Además, su contenido de fibra dietética oscila entre 7-8%, y presenta compuestos antioxidantes, y vitaminas y minerales tales como ácido ascórbico (30 µg/g), calcio (140 µg/g) y fósforo (430 µg/g), quienes contribuyen a darle mayor valor nutricional (Lowell et al., 2007).

De acuerdo al portal TRIDGE (2022), la producción de ñame para el 2020 fue de 67,71 Millones de toneladas de ñame, liderado en 74.51% por Nigeria con 50.05 Millones de toneladas. Colombia se ubica en el puesto 9 a nivel mundial aportando el 0,63% con 423.830 toneladas, ubicándolo inclusive por encima de países de Sur América como Brasil y Venezuela.

Las cifras de producción de ñame en Colombia en los últimos 10 años muestran un crecimiento exponencial, alcanzando su máxima cifra en 2020 con 423.830 toneladas. (Agronet, 2020). La producción de ñame en Colombia se concentra en los departamentos de la región Caribe, zona donde también se centraliza su consumo, aportando más del 92% de la producción nacional de ñame, mientras que otros departamentos como Antioquia, Chocó, Casanare, Caquetá, Nariño, Cundinamarca y Vaupés tienen una participación minoritaria (Agronet, 2020). A partir de las cifras mencionadas con la ampliación de zonas potencialmente productoras de ñame en Colombia, se vislumbra un potencial productivo del cultivo, más aún si se cuenta con estímulos técnicos, científicos

y económicos como los que la Política Pública de Crecimiento Verde del 2018 (CONPES 3934) aporta a los cultivadores de ñame y otras especies en el país.

Muchas de las características del proceso productivo como la calidad e inocuidad de la semilla, el tipo de siembra, el tipo de suelos y la existencia de variedades o clones resistentes, son determinantes para alcanzar un buen rendimiento (Sánchez-López et al., 2020); sin embargo, este tubérculo, por no ser reconocido en algunas regiones de Colombia, aún no cobra la importancia que se merece en la canasta familiar, que ayude a suplir las carencias alimentarias de la población. situación que ocurre con otras especies que han sido desconocidas en la historia (Rajyalakshmi y Geervani, 1999). Como consecuencia su establecimiento se hace de forma empírica y no existen en la actualidad herramientas tecnológicas validadas de cultivo tendientes a mejorar los resultados productivos y ampliar estrategias para su comercialización en los mercados Nacionales e Internacionales, lo cual conlleva a una baja capacidad en el desarrollo agroindustrial y un desconocimiento de las ventajas de las tecnologías agrícolas en este cultivo (Sánchez y Mejía, 2011).

Estudios de caracterización del sistema productivo y definición de demandas para mitigar los efectos adversos del clima realizados para el cultivo de ñame en escenarios asociados al fenómeno de La Niña y de El Niño, evidenciaron que el nivel tecnológico aplicado al cultivo es bastante bajo, con un inadecuado manejo agronómico, lo que convierte a este sistema de cultivo altamente vulnerable a eventos climáticos extremos de periodos prolongados de sequía o altas precipitaciones (Agrosavia, 2016). Dentro de las limitantes tecnológicas que se presentan en el cultivo, se resaltan, la nula utilización o mal tratamiento a la semilla, mal manejo de enfermedades, poco uso de abonos o fertilizantes con fines de aumentar la producción, poca o nula inclusión de técnicas agroecológicas, ausencia estrategias bioeconómicas para la producción y comercialización de los productos generados, entre otras.

En el municipio de El Carmen de Bolívar perteneciente a los Montes de María, la implantación del cultivo de ñame se ha visto afectada por largos periodos de sequía, altas temperaturas, lluvias erráticas y ausencia de técnicas y tecnología agrícola que han provocado pérdidas económicas y desinterés en los agricultores locales para establecer este tipo de cultivo (García, 2019).

Adicionalmente los productores, destruyen áreas de reserva forestal para el establecimiento de sus cultivos, las cuales muchas veces no son aptas para la explotación agrícola, despojando el suelo de la cobertura vegetal, lo que ocasiona problemas de deslizamientos, erosiones de suelos e interrumpiendo de esta forma el ciclo natural de la materia orgánica. Este tipo de prácticas dejan de manifiesto el bajo nivel técnico dentro de los productores para la implementación sostenible del cultivo ñame (Aguilera, 2014). A partir de estas limitantes se visionan grandes oportunidades de mejoramiento productivo del cultivo de ñame conectado al mejoramiento de la calidad de vida de los cultivadores que deseen incorporar la agroecología, la bioeconomía y la innovación en sus predios.

Los productores y actores técnicos del sistema de cultivo de ñame dentro de sus limitantes identifican los efectos generados por excesos de lluvias o disminución de estas con respecto a sus ciclos normales; para mitigar el efecto adverso que puedan generar, describen dentro de sus demandas algunas ofertas tecnológicas y las priorizan acorde a los escenarios climáticos que se enfrentan, como es el caso para la época seca, donde el uso de prácticas de manejo en el suelo que contribuyan al almacenamiento y conservación del agua son fundamentales como la aplicación de cincel y caballoneo en contra de la pendiente para facilitar la mayor acumulación de agua en el perfil (Aguilera, 2014); los productores dentro de sus requerimientos mencionaron el uso de sistemas de riego, no obstante, este tipo de alternativas dependerá de la disponibilidad de agua, la calidad de esta y recursos económicos para su implementación (Agrosavia, 2016).

Así mismo, para épocas de exceso de lluvias requieren que la preparación del suelo contribuya al desarrollo del tubérculo, favorezca su infiltración y facilite la evacuación de los excesos de agua,

como es el diseño y uso de caballones y construcción de canales de drenajes; el uso de semillas certificadas e identificando las alternativas de manejo en el proceso de producción; la nutrición, se enfoca el uso de abonos orgánicos y fuentes químicas los cuales pueden contribuir de forma complementaria a la nutrición y sostenibilidad del cultivo de ñame; Así mismo, mediante los procesos participativos desarrollados para la identificación de necesidades en el cultivo de ñame en algunas regiones de la región Caribe, el levantamiento de líneas base socioeconómicas, técnicas y de manejo sostenible del cultivo ante eventualidades climáticas (Agrosavia, 2016), se evidencia que este sistema productivo tiene un gran potencial para contribuir de forma sistemática a la dinámica económica en las regiones donde se cultiva (Jessen *et al.*, 2022), principalmente por ser un cultivo que puede comercializarse rápidamente, mantiene precios constantes, es de fácil almacenamiento y, especialmente, por la apertura comercial de exportación en mercados internacionales donde es bien recibido y la ventana de comercialización permite mejorar los precios de venta, lo cual favorece al productor primario (Martínez *et al.*, 2021). Así mismo, su fácil adaptación a prácticas agroecológicas y tecnológicas priorizadas y financiadas por la Política Pública de Crecimiento Verde de 2018 (CONPES 3934) permitirá ampliar las áreas productivas en Colombia, lo cual podría posicionar al país competitivamente por los rendimientos que se logran, en especial cuando se integra diversas actividades en su manejo.

2. Recomendaciones tecnológicas con enfoque de crecimiento verde

2.1 Manejo de suelos y aguas, orientado a la Protección del capital natural como base para el desarrollo de las actividades productivas

Las pautas a considerar en el manejo del cultivo de ñame con miras a la protección del capital natural como base para el desarrollo de este cultivo consideran aspectos importantes como la conservación de suelo, en la cual de manera específica se plantea que este tipo de prácticas debe contemplar un manejo integrado en la preparación del suelo con el uso de herramientas adecuadas cuando sea

posible su mecanización y labranza de conservación como son el cincel, rome, caballoneo entre otros, aplicados en contra o perpendiculares a la pendiente que no afecten la estructura del suelo y eviten las pérdidas por erosión; así mismo, el empleo de las mismas deberá estar acorde con las condiciones topográficas del suelo y evitar de este modo pérdidas de suelo en altas pendientes, por tanto el trazado de la preparación y establecimiento del cultivo deberá ser en curvas de nivel y perpendicularmente a la pendiente como se ilustra en la figura 1, lo cual ayuda acumular mayor humedad en el perfil, evita erosión por escorrentía o lavado de partículas y minerales del suelo mejorando la productividad para el cultivo (Agrosavia, 2016); la siembra bajo coberturas arbóreas se propone como alternativa para reducir el impacto de la tala desmedida de los bosques, ya que el cultivo responde muy bien a su crecimiento y desarrollo bajo sombrío con lo cual se reducen las pérdidas de carbono en el suelo por efecto de la deforestación (Oliveira *et al.*, 2011). En ese sentido, la implementación de Sistemas Agro Forestales (SAF) se convierten en una alternativa para mejorar la productividad en zonas cálidas al incrementar la cobertura del suelo, disminuyendo la erosión hídrica y eólica (Pavón *et al.*, 2010). Este tipo de prácticas se asocian con las políticas de crecimiento verde cuando en ellas se busca desarrollar la agricultura de manera compatible con el clima, entendiendo que los SAF podrán aumentar la resiliencia de los modelos productivos, garantizando el uso adecuado de los suelos y generando ingresos para el sostenimiento de los productores. Los Sistemas Agroforestales (SAF) pueden mejorar la producción agrícola y a la vez generar una serie de beneficios socioeconómicos para los productores. Asimismo, pueden contribuir a conservar los recursos naturales y proporcionar diversos servicios ambientales a nivel local, regional y global, que incluyen la protección de agua, suelo, nutrientes y biodiversidad, entre otros. Aun cuando los SAF no constituyen una panacea que pueda solucionar todos los problemas ambientales, sí pueden contribuir significativamente tanto a evitar muchos problemas, como a solucionarlos una vez que se presenten (Montagnini, 2015).



Figura 1. Preparación de suelo mediante mecanización con cincelado, rone y caballoneo a curvas de nivel perpendiculares a la pendiente. Autor. Manuel Espinosa C.

La fertilización orgánica y química -como se ampliará más adelante hacen parte de la estrategia de conservación de la calidad del suelo, aportando los elementos necesarios para mantener el equilibrio nutricional, físico y biológico del suelo (Agrosavia, 2016).

El manejo de la semilla, especialmente en el establecimiento, se convierte en una estrategia importante para el desarrollo del cultivo ya que con estrategias dirigidas a obtener material sano se podrán proyectar cultivos con baja incidencia de enfermedades y con una óptima producción. Producto de investigaciones adelantadas desde el año 2019, se han desarrollado a nivel experimental protocolos para la producción semillas en forma de minitubérculos de ñame (10 a 20 gramos) mediante la utilización de ciertas cepas de rizobacterias (*Azotobacter chroococcum* DBC12 y *A. vinelandii* DBC9) que fueron aisladas de campo por tener la capacidad para producir fitohormonas que inducen la formación de las semillas en forma de minitubérculos (Sánchez, *et al.*, 2021). Esta

tecnología es de bajo costo y permite garantizar la disponibilidad de material de siembra o semillas para el establecimiento del cultivo. La producción de semillas en forma de minitubérculos se puede realizar bajo condiciones de casa de malla a partir de la siembra masiva de esquejes apicales, lo cual podría significar el control de la calidad y el aumento en la disponibilidad de semilla para la siembra de los cultivos (Sánchez *et al.*, 2021).

Se puede inferir que a partir de las observaciones realizadas durante la ejecución de proyectos en zonas de los Montes de María del departamento de Sucre, que la transición de sistemas agroforestales como prácticas en el cultivo de ñame, será la disminución en las pérdidas de suelo por escorrentía que genera erosión superficial, generando retención y conservación de humedad, evitando las pérdidas de carbono en el perfil del suelo por efecto de la disminución de la arborización en zonas amenazadas por deforestación, contribuyendo al mejoramiento de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo para con ello obtener un mejoramiento en la calidad del tubérculo.

Los sistemas agroforestales (SAF) tienen la ventaja de poseer características de complejidad vegetal dada por su heterogeneidad multiestrato y los copiosos niveles de materia orgánica que protegen al suelo, aumentando la capacidad de resiliencia al cambio climático (Díaz *et al.*, 2019). De esta forma, los sistemas multiestrato generados por los SAF ofrecen mayores ventajas para enfrentar los desafíos actuales y futuros del cambio climático, especialmente en zonas de minifundio donde la presencia de baja precipitación; Se convierten así en una opción diferente al modelo tradicional en monocultivo, que es desarrollado en muchas regiones con suelos degradados o vulnerables y bajo sistemas de agricultura familiar con alto rezago tecnológico (Sanabria, 2017).

El desarrollo de modelos productivos usando arreglos multiestrato, específicamente SAF que integran y combinan cultivos para la producción de frutos y leña, podrían constituir estrategias de adaptación y mitigación, contribuyendo a la resiliencia de los territorios que con apropiación social del conocimiento y tecnologías para la producción sostenible y fácilmente aplicable por agricultores

de bajos recursos podrán tener mejores niveles de vida y sustentabilidad en sus territorios (Alegre, 2015); así mismo, se debe considerar que estas estrategias serán importantes en la medida que contribuyan a la conservación de los recursos naturales, especialmente la calidad de los suelos tanto física como química e incremento de la capacidad resiliente sobre las condiciones adversas del clima. En la figura 2, se ilustran de manera secuencial las pautas a establecer para el desarrollo sustentable del cultivo de ñame que contribuyan a la protección del capital natural disponible en los territorios.

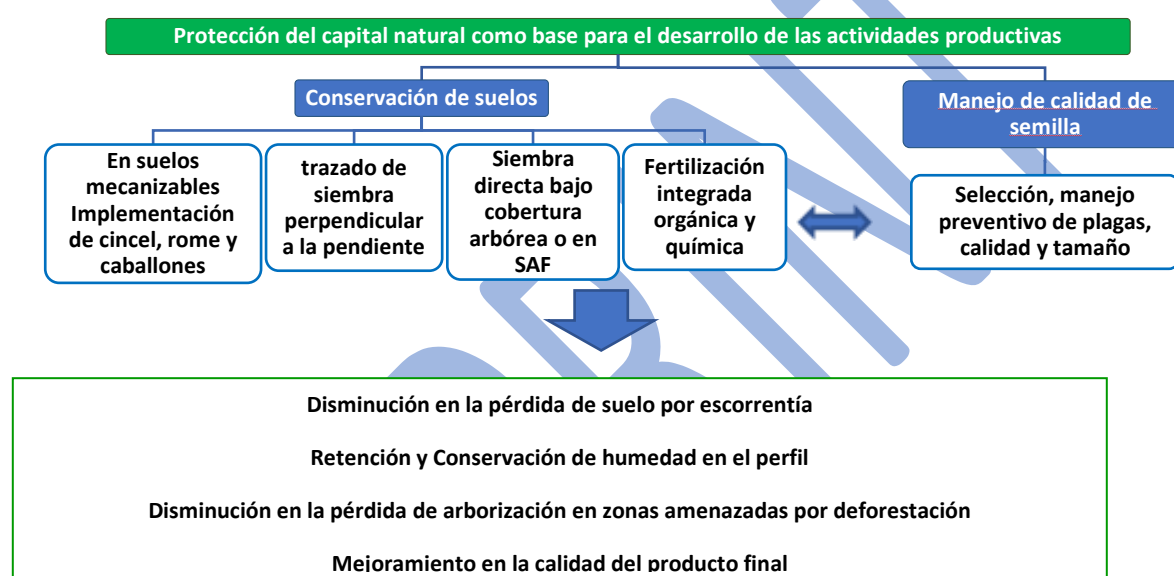


Figura 2. Principales recomendaciones tecnológicas que contribuyen a la protección del capital natural en sistemas productivos de ñame. **Fuente:** Los autores.

Manejo de la semilla

De forma tradicional se conoce y se aplica la propagación de ñame a través de tubérculos enteros o secciones de tubérculos a partir de tubérculos menores a 2 kg, los productores están utilizando secciones de tubérculos que oscilan entre 100 g y 250 g (Espitia & García, 2017); no obstante, su principal limitante es el bajo índice de multiplicación (1:10) comparado con los cereales (1:300) (Espitia, et al., 2021). La semilla de ñame para la plantación del cultivo en ocasiones constituye el 50 % del costo de producción total (Balogun, 2013). Para dar solución a esta problemática se han estudiado varios métodos como la producción de plántulas y minitubérculos (Espitia, et al., 2021).

La selección y multiplicación de semilla de ñame es fundamental para el desarrollo de un buen cultivo y más aún en el contexto de crecimiento verde, ya que el manejo y conocimiento de los materiales de ñame disponibles y adaptados al país promueve su caracterización, manejo, conservación y multiplicación. Para la semilla de ñame se registran múltiples reportes que indican la factibilidad de la producción de “microtubérculos” bajo condiciones de laboratorio, con la aplicación de hormonas sintéticas e insumos, lo cual sería de muy alto costo para los productores (Suárez y Otero, 2016; Díaz et al., 2017, Espitia et al., 2021). En su lugar, el uso de rizobacterias como ha venido trabajando AGROSAVIA podría permitir la producción masiva de minitubérculos, bajo condiciones de casa de malla a un costo mucho menor (Sánchez *et al.*, 2021).

El éxito del sistema productivo de ñame radica en una buena selección de semilla, provenientes de cultivos sanos, tubérculos sin daños mecánicos o pudriciones generadas por patógenos. Antes de establecer un cultivo de ñame se debe programar la selección de semilla como rutina previa al establecimiento, aplicando sistemáticamente la selección de semillas sanas, picado del tubérculo, separación de las partes (Figura 3) (cabeza, centro y cola) y desinfección (Agrosavia, 2016).



Figura 3. Secciones del tubérculo de ñame que deben ser separadas al momento del corte para la obtención de semillas. Autor. Blas Panza 2022

Durante la selección de los tubérculos que servirán para la obtención de las presas (semillas) se escogen que estén libres de daños externos e internos. El proceso para la partición del tubérculo y obtención de la semilla o presa, consiste inicialmente en realizar la adecuada desinfección de los cuchillos con los cuales se realizará el picado en una solución de hipoclorito de sodio al 5%, este proceso se hace repetitivamente de un tubérculo a otro, de ahí se obtienen semillas con pesos entre 80 a 150 gramos y 200 a 250 gramos (el peso varía acorde al tipo de tecnología a emplear en el establecimiento) y en ese instante se van separando por la parte del tubérculo, dejando de manera independiente las semillas provenientes de la cabeza, el centro y la cola del tubérculo (Espitia et al., 2021)) (Figuras 4 y 5). Posteriormente las semillas empacadas en sacos tipo malla se sumergen por un tiempo de 5 a 10 minutos en una solución con fungicida ligeramente tóxico (4g i.a./L) + insecticida (2 i.a./L) por única vez (Figura 6) y finalmente se dejan en reposo en lugar aireado para que su secado y cicatrización (Figura 7) la siembra se debe hacer lo más pronto posible a esta práctica con el fin de evitar la deshidratación de la semilla.



Figura 4. Selección y división del tubérculo de ñame en las tres secciones que lo conforman (cabeza, centro y cola). **Fuente:** Manuel Espinosa.



Figura 5. División y separación de las semillas de ñame acorde al tamaño requerido. **Fuente:** Manuel Espinosa.



Figura 6. Desinfección de la semilla de ñame. **Fuente:** Manuel Espinosa.



Figura 7. Secado de semilla y organización para la siembra de ñame. **Fuente:** Manuel Espinosa.

Estas semillas serán distribuidas de manera organizada en el predio, separando por áreas las que corresponde a las escogidas para cada una de las partes de la cabeza, el centro y la cola, buscando con ello homogeneizar la germinación y a futuro hacer un buen manejo técnico del cultivo. Las semillas de acuerdo con el arreglo o distribución de la siembra se ubicarán en el hueco a una profundidad de dos veces su tamaño, a una distancia máximo de un metro entre una y otra. Se espera que la germinación inicie y se cumpla a partir de los 10 a 30 días después de su siembra. En la figura XX, se evidencia las etapas que tiene la semilla de ñame para su germinación, pasando por la emisión de raíces, brotación, crecimiento y desarrollo del brote, emisión de plúmula y emergencia de la planta.

Figura XX. Fases del proceso de germinación de la semilla de ñame.



Conservación de suelo

La producción agrícola se enfrenta a diversos problemas, entre los que se destaca la desertificación en zonas cálidas, resultante de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas (UNCCD, 2001). La implementación de Sistemas productivos integrales como los Sistemas Agroforestales en asocio o intercalados con el cultivo de ñame permitirán muchas ventajas en la conservación de suelo y la utilización de técnicas agroecológicas o amigables con el medio ambiente; ; en este sentido, estos ecosistemas tienen un funcionamiento de pulso-reserva; los cuales se relacionan con mecanismos de acumulación, protección, restauración, rehabilitación de áreas entre otros, que logran niveles de sostenibilidad y que cuando son intervenidos se acelera la pérdida de sus recursos intangibles, disminuyendo la resiliencia del ecosistema y modificando las interacciones bio-socioculturales que influyen en este mecanismo (Matteucci, Colma y Pla, 1999).

El cultivo de ñame se desarrolla en diferentes condiciones topográficas y agroecológicas, las cuales en muchos casos no permite la implementación de labores de mecanización, bien sea por la pendiente del terreno, por la agregación de las partículas del suelo, por su estructura, por la presencia de árboles con raíces superficiales, entre otros relacionados; no obstante, la adecuación del sitio de siembra o del suelo a establecerse el cultivo debe contar con una remoción que propicie el normal desarrollo radicular y por consiguiente la formación del tubérculo sin deformación (Agrosavia, 2016).

Adicionalmente, con la mecanización localizada de los suelos o mínima alteración mecánica del suelo se logra: adecuar la estructura del suelo para generar condiciones favorables que permitan la fácil y rápida circulación del agua y los gases en la capa mecanizable del suelo; esto permite el desarrollo de raíces con gran facilidad, evitando torceduras o daños que reduzcan el valor comercial del ñame; se generan condiciones óptimas que permiten una buena cama para la germinación de la semilla; permite controlar y destruir las malezas o arvenses, algunas plagas y enfermedades que compiten con el cultivo y dejar una capa protectora con los residuos que reduce el impacto de las alteraciones del clima y a su vez contribuye al incremento de la capacidad de retención de humedad del suelo (FAO, 2022).

Dentro de las labores tradicionales en suelos de pendiente y con presencia de cultivos forestales, arbóreos o maderables, para la preparación del suelo en el sitio de siembra, los productores emplean la técnica de remoción del suelo haciendo un hueco in-situ de 30 x 30 cm de ancho y 40 cm de profundidad, buscando con ello garantizar el normal desarrollo del tubérculo, una buena asimilación de nutrientes por la incorporación de estos al momento de la siembra y retención de humedad en el sitio específico (Agrosavia, 2017). Este tipo de prácticas permite el desarrollo del cultivo en áreas arborizadas, con niveles de sombrero transitorio y permanente, convirtiéndose en un cultivo asociado al sotobosque, el cual puede interactuar en asocio con otras especies sin afectar su adaptabilidad y

respuesta productiva. Las observaciones del cultivo de ñame bajo sombra, sugieren una baja incidencia de enfermedades reduciendo las aplicaciones de fungicidas, así como una baja prevalencia de algunos insectos plagas que puedan limitar la producción ahorrando aplicaciones de insecticidas, y también promueve la conservación de las áreas forestales procurando la priorización de especies nativas, endémicas o de regeneración espontánea en estas zonas de producción. Los resultados de la implementación de Sistemas agroforestales contribuyen a generar valor agregado en los sistemas productivos, los cuales se entienden como Servicios Ecosistémicos, siendo estos los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad de los cuales depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, así como el bienestar de nuestras sociedades. Se identifican 4 tipos de servicios ecosistémicos: soporte, regulación, provisión y valores culturales.”

El cultivo a su vez se desarrolla de manera más tecnificada solamente en suelos civilizados o que han sido sometidos a procesos de adecuación para la agricultura, incluida la deforestación y mecanización, lo cual es favorable ante diversos escenarios climáticos y el nivel de tecnología que se cuente (Agrosavia, 2016b). Estudios realizados con la implementación de rince y cincel (Figuras 8 y 9) como estrategia de manejo de perfiles compactados, con el propósito de aumentar la capacidad de retención de humedad en los diferentes perfiles del suelo tuvieron resultados positivos en la conservación de humedad en el perfil, buen crecimiento del tubérculo e incremento de los rendimientos (Agrosavia, 2017). Este sistema de preparación de suelo se realiza mediante la mecanización en curvas de nivel, donde la pendiente sea mínima y cuando el contenido de humedad lo permita. Esta se debe realizar teniendo en cuenta que no sea en áreas con pendientes altas y propensas a la erosión (Moreno *et al.*, 2012).

La mecanización de suelos donde es posible la aplicación de esta práctica y para el escenario de exceso hídrico, además de los dos aperos anteriores (rome y cincel), se recomienda implementar otro apero de labranza denominado caballoneador (Figura 10) como práctica de manejo de los excedentes de agua en el perfil superficial de suelo, para mejorar la velocidad de infiltración de la lámina de agua y disminuir el arrastre (erosión) de la capa superficial de suelo (Agrosavia, 2016b). El caballoneador también puede ser utilizado para una condición de déficit hídrico en el suelo, ya que por su ubicación y trazado en contra de la pendiente puede convertirse en retenedor de los flujos de agua internos o superficiales del suelo. Esta práctica ayuda a mejorar el desarrollo del tubérculo por la generación de un montículo donde se desarrollará el tubérculo, situación similar se puede emplear en plantas individuales con establecimiento del cultivo en zonas arborizadas o con SAF, garantizando con ello el desarrollo normal del tubérculo y mejorando la calidad del mismo para los diferentes mercados de consumo.



Figura 8. Empleo de rome para preparar la cama de semillas para la siembra de ñame. **Fuente:** Manuel Espinosa C.



Figura 9. Empleo de cincel para romper capas endurecidas y favorecer infiltración y almacenamiento de humedad en el perfil de suelo. **Fuente:** Manuel Espinosa C.



Figura 10. Empleo del caballoneo para optimizar el espacio de crecimiento del tubérculo de ñame para evitar su daño mecánico y favorecer el manejo de la humedad en el perfil de suelo, evitando excesos o déficit en la zona de crecimiento radicular. **Fuente:** Manuel Espinosa C.

La profundidad del suelo para el desarrollo del ñame debe ser superior a los 0,6 m (Coursey, 1967). Esta característica coincide con lo encontrado por Ferguson y Gumbs (1976) quienes encontraron que en condiciones de compactación del suelo se reduce el sistema radical de la planta de ñame y deforma sus tubérculos. Igualmente, Rodríguez (1994) encontró que la presencia de un “pie de arado” o capa dura en el horizonte donde crece el tubérculo causa que el mismo emerja del suelo y que la forma de su extremo distal o punta se distorsione. Rosas et al (2016), indican que las propiedades físicas del suelo de sistemas agroforestales establecidos sobre suelos de lomerío, son similares a las encontradas en suelos bajo bosque secundario, principalmente en densidad aparente, porosidad total, penetrabilidad y profundidad del horizonte A, lo cual se puede inferir que el establecimiento de sistemas agroforestales favorecen los parámetros físicos, químicos y biológicos y garantizando la sostenibilidad en los sistemas productivos; esta condición, puede contribuir a favorecer incentivos tributarios, económicos y técnicos en la política de crecimiento verde, los cuales se pueden gestionar mediante la Línea Sostenible Adelante de Bancoldex; Crédito agropecuario del Banco Agrario, crédito agropecuario verde de Banco Mundo Mujer, sistema de administración de riesgos ambientales y sociales (SARAS) y el programa de Educación Financiera y Ambiental (FINCA) de Asobancaria. Así mismo bajo el esquema de pagos por beneficios ecosistémicos, en los cuales los campesinos y pequeños productores pueden acceder a Pagos por Servicios Ambientales (PSA) empleados en el programa BanCO2 (BanCO2), de Bancolombia, pensado para los pequeños productores que presenten servicios ecosistémicos en sus sistemas productivos y mediante el cual es un mecanismo tangible para acceder a los beneficios económicos de la compensación por la conservación de los ecosistemas.

Estudios realizados en la región Caribe colombiana con alternativas de mecanización de suelo enfocados hacia la conservación física, la promoción de aireación, conservación de humedad y reducción de la erosión por arrastre, indican que los rendimientos se ven favorecidos mediante este

tipo de prácticas en suelo mecanizable, es así que el uso de cincel, rome, caballoneo (perpendicular a la pendiente), promueven un buen desarrollo del tubérculo y garantizan una mayor calidad tipo exportación, evitando la deformación de los mismo y los daños físicos o mecánicos durante el proceso de extracción (Espinosa *et al*, 2018). A pesar de estos resultados es importante considerar que una mala implementación de estas prácticas agrícolas como arar en sentido de la pendiente, con implemento inadecuado, sin control de la profundidad, entre otros, puede ir en detrimento de la calidad del suelo, ocasionando una disminución en el contenido de materia orgánica y nutrientes, afectando el pH que debe mantenerse en el rango de 5,5 - 6,0 (Pinzón 2014, Méndez *et al*. 2013), en la distribución y la estabilidad de los agregados, , en el incremento en la resistencia a la penetración, en la disminución de porosidad, que generan cambios en la estructura, composición y función de la comunidad microbiana, conllevando a un detrimento de la calidad edáfica (Vallejo *et al.*, 2012; Araya *et al.*, 2016; Cubillos *et al.*, 2016; Vallejo *et al.*, 2018).

Montaldo (1991) analizó el comportamiento de la altura del montículo (aporque individual) de suelo y la fertilización en el cultivo de ñame sobre la calidad y producción del tubérculo, llegando a la conclusión que la plantación de ñame en montículos produjo rizomas comestibles más grandes y acortó la época de cosecha del cultivo; así mismo, han evidenciado que la construcción de montículos o caballones puede hacer frente a las malas condiciones físicas (mal drenaje) del suelo, las condiciones climáticas (Moreno *et al.*, 2012) e incrementar la respuesta del cultivo de ñame a los fertilizantes (Kang y Wilson, 1981).

No obstante, es importante indicar que la aplicación de buenas prácticas de mecanización y manejo del suelo pueden generar un notorio mejoramiento de algunas variables físicas, químicas y biológicas especialmente cuando existe la implementación de policultivos, en cuyos sistemas se ha reportado una mejor calidad edáfica, por ejemplo, se ha reportado que el uso controlado de equipos de labranza, los sistemas de labranza mínima y de labranza cero, la incorporación de árboles en los sistemas pastoriles, la rotación de cultivos y la presencia de una cobertura permanente en el suelo (residuos de

cultivos), generan un impacto positivo en el estado físico del suelo, resultando en una menor resistencia a la penetración en comparación con los monocultivos (Ferrerías et al., 2007, Vallejo *et al.*, 2018).

En la compilación de experiencias desarrolladas por Moreno et al., (2012), indican que la siembra en montículos individuales es un método tradicional de los agricultores de ñame en el departamento de Sucre quienes acostumbran a emplear en algunas ocasiones dos semillas por sitio las cuales van situadas en los extremos de cada montículo a profundidad de 8 a 15 cm. Este sistema de siembra se aconseja utilizarlo en terrenos de pendiente pronunciada o de faldas, donde el proceso de mecanización es complicado y difícil de emplear, este sistema de siembra consiste en levantar promontorios o montículos de 20 a 30 cm de altura sobre la superficie del terreno con herramientas manuales.

Las alternativas de manejo de suelo expuestas para la producción de ñame son necesarias para garantizar un tubérculo de calidad y que pueda competir en mercados de exportación, por lo tanto, es indispensable evitar problemas de compactación en el suelo donde crecerá la planta ya que se reduce el sistema radical del ñame y se deforman sus tubérculos (Rodríguez, 1994). Igualmente, encontró que la presencia de un “pie de arado” o capa dura en el horizonte donde crece el tubérculo causa que el mismo emerja del suelo y que la forma del extremo correspondiente a la cola se doble o distorsione (Espinosa *et al.*, 2018).

Establecimiento de ñame en sistemas agroforestales

Los Sistemas Agroforestales (SAF) pueden mejorar la producción agrícola y a la vez generar una serie de beneficios socioeconómicos para los productores como la generación de una amplia diversidad de productos agrícolas posibles bajo condiciones de sombrero. Asimismo, pueden contribuir a conservar los recursos naturales y proporcionar diversos servicios ambientales -a nivel local,

regional y global- que incluyen la protección de agua, suelo, nutrientes y biodiversidad, entre otros. Aun cuando los SAF no constituyen una panacea que pueda solucionar todos los problemas ambientales, sí pueden contribuir significativamente tanto a evitar muchos problemas, como a solucionarlos una vez que se presenten (Jiménez et al. 2001).

Los SAF pueden presentar una serie de ventajas tanto desde el punto de vista productivo, como socioeconómico y ambiental, en ese sentido los productores pueden reducir sus gastos al satisfacer necesidades del uso de madera, leña y alimentos, incluyendo productos arbóreos que pueden mejorar la dieta de las familias con la contribución de un avance progresivo hacia prácticas conservacionistas de los recursos naturales (Mendieta y Rocha, 2007). La FAO (2018) considera que los sistemas agroforestales son sistemas multifuncionales que pueden proporcionar una gran variedad de beneficios económicos, socioculturales y ambientales. Pueden ser especialmente importantes para los pequeños agricultores ya que genera diversos productos y servicios en una zona o porción de tierra limitada.

Acorde a lo descrito por FAO (2018) Los SAF pueden ser un modo eficaz de utilizar la tierra, ya que permite producir más bienes en un área de tierra determinada que otros sistemas; por ejemplo, los diversos estratos de vegetación en los sistemas agroforestales pueden aprovechar la luz solar, el agua y los nutrientes de manera más eficiente que los estratos únicos de los monocultivos. Este tipo de ventajas se pueden asociar al cultivo de ñame, donde se han visto respuestas favorables para el cultivo en condiciones de sombra.

Los sistemas agroforestales son más productivos que los sistemas agrícolas más simples o monocultivos, en donde la relación productiva en asocio supera en gran medida a los modelos tradicionales. Además, los sistemas agroforestales pueden producir más servicios ambientales con menos insumos y costos inferiores que otros sistemas. Por ejemplo, las especies leñosas que fijan el nitrógeno pueden disminuir la utilización de fertilizantes y mejorar la fertilidad del suelo. (Montagnini *et al.*, 2015).

Es importante recordar, sin embargo, que muchas de las ventajas pueden volverse desventajas cuando las asociaciones de plantas y leñosas perennes no son las adecuadas generando una sobreexplotación sobre una de ellas como la extracción de madera, o cuando las condiciones ambientales y socioeconómicas cambian al generar pérdidas por la muerte de plantas en escenarios adversos del clima. Las ventajas de los SAF pueden ser productivas, socioeconómicas y ambientales. Beer *et al.* (2003), menciona las siguientes:

Productivas:

1. *Mejora la calidad de los cultivos y sus productos.*
2. *Permite la agricultura en áreas subóptimas o marginales.*
3. *Disminuye la presencia de plagas, enfermedades y malezas.*
4. *El asocio con leguminosas podría incorporar nitrógeno al sistema (fijación biológica).*

Socioeconómicas:

1. *Incrementa la productividad por unidad de área.*
2. *Reduce el uso de insumos agrícolas y el costo de producción.*
3. *Disminuye el riesgo de fluctuaciones en los precios de mercado a través de la diversificación agrícola.*
4. *Se generan diversos productos que suplen las necesidades de los productores.*
5. *Se integra mano de obra familiar.*

Ambientales

1. *Se incrementa y/o conserva y protege la biodiversidad (aves migratorias, control biológico).
(prácticas que pueden contribuir a la generación de Pagos por Servicios Ambientales (PSA)).*
2. *Disminuye la erosión del suelo y la lixiviación de nutrientes (mayor fertilidad del suelo).*

3. *Mejora el micro-clima (temperatura, humedad y reducción del viento), lo que favorece los cultivos asociados y los pobladores cercanos.*

Comparado con el modelo de siembra tradicional establecido durante los últimos años en el territorio colombiano, el sistema agroforestal SAF ofrece ventajas comparativas y competitivas frente a la productividad del cultivo de ñame al favorecer las condiciones agroecológicas del cultivo (USAID, 2017); su implementación beneficia el aumento de los niveles de materia orgánica, la fijación de nitrógeno atmosférico y el reciclaje de nutrientes, así como optimizar la producción y mejora el microclima del sistema productivo (Rengifo *et al.*, 2012), dando valor agregado al producto. Asimismo, favorece la calidad de vida de los productores y controla la agricultura migratoria transfiriendo un modelo que suministra conocimientos técnicos claves para propiciar un saber hacer en los productores. Lo anterior está acorde con la política de crecimiento verde porque se protegen los recursos naturales, a la vez que se optimiza su uso mejorando la calidad de vida de los productores, con incrementos de la productividad, generación de mayores ingresos y apertura de nuevas oportunidades a partir del sistema productivo con valor agregado y mercados especializados.

Estudios realizados en el municipio de Tolú viejo -zona de influencia de la región Montes de María- indican que los mayores rendimientos del cultivo de ñame se debieron a la presencia de condiciones de sombrío (Figuras 9 y 10), logrando un mejor desarrollo del cultivo el ñame Agrosavia (2016), asociando esta respuesta a su nicho ecológico y el hábitat natural donde evolucionó el cual fue el sotobosque. Según Montaldo (1991), cuando la exposición a la luz es menor de 12 horas, las plantas de ñame tienden a producir mejores tubérculos, es decir, que se hace más eficiente el proceso de translocación de asimilados al órgano de reserva. En la medida en que la planta se expone a mayor cantidad de horas luz, la tendencia es a producir más follaje, reduciendo el índice de cosecha del

cultivo. Este tipo de respuestas tiene asocio con estudios realizados por varios autores, quienes indican que la ausencia de sombrero y la sequía además de disminuir la sobrevivencia también puede influir negativamente en el crecimiento de éstas, por ejemplo, (Hooper, Condit, & Legendre, 2002), encontraron que en los tratamientos en los cuales se poda, las plántulas retardaron su crecimiento al verse sometidas a una mayor radiación, temperatura y menor humedad, mientras que en los tratamientos con sombra artificial del 75 y 95% se presentó una mejor respuesta en el crecimiento de las plantas. En otro experimento similar se obtuvo un crecimiento hasta tres veces mayor durante la época seca. (Vargas, 2008).



Figura 9. Desarrollo del cultivo de ñame a libre exposición municipio de Tolúviejo, Sucre, Colombia.

Fuente: Manuel Espinosa.



Figura 10. Desarrollo del cultivo de ñame bajo sombra de Campano (*Samanea saman*) en el municipio de Toluvié, Sucre, Colombia. **Fuente:** Manuel Espinosa.

En la región Caribe especialmente en los departamentos de Sucre y Bolívar, existe una alta presión por las áreas de reserva natural destinadas a preservar la flora y la fauna, esto debido a la expansión de cultivos transitorios dentro de esas áreas. El ñame, no obstante, la implementación de este cultivo bajo sombra podrá no solo mantener la estabilidad de las zonas de reserva, sino a su vez podrá garantizar una producción más sostenible y con valor agregado para su comercialización en mercados especializados de exportación donde Colombia ocupa un lugar en el mercado internacional (USAID, 2017), ya que observaciones iniciales dan garantía de hasta 60% de reducción de incidencia de enfermedades foliares especialmente la antracnosis o la llamada mancha de hierro (*Colletotricum* sp.) (Agrosavia, 2016b). Beatrice et al (2020), ratifica que la tuberización del ñame se ve favorecida por una disminución de las horas luz durante el día, lo cual se puede favorecer con la presencia de plantas que brinden sombrío y con ello lograr una mayor acumulación de fotoasimilados en las hojas y posterior traslocación al tubérculo. A partir de ello, se puede inferir que es indispensable la aplicación y promoción del cultivo de ñame bajo sombra, en especial en las zonas de mayor impacto sobre los ecosistemas especialmente el bosque seco, donde sus zonas de reserva están seriamente amenazadas

por una expansión errónea en la habilitación de áreas descubiertas para el establecimiento del cultivo, dejando de lado las virtudes y bondades que puede tener el cultivo al desarrollarlo de manera asociada. Dentro de las especies de árboles que se pueden emplear en los sistemas agroforestales para el cultivo de ñame se destacan para el bosque seco en la región Caribe, el Campano (*Samanea saman*), Guacamayo, Acacias, Varasanta (*Triplaris americana*), Roble (*Tabebuia rosea*), Cedro (*Cedrela odorata*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Abarco (*Cariniana pyriformis*), Mata Ratón (*Gliricidia sepium*), Guacimo (*Guazuma ulmifolia*), frutales como el mango, el aguacate, el cacao, cítricos, entre otros cultivos, de un amplio listado de muchas especies potenciales.

Nutrición del ñame

La nutrición en el cultivo de ñame se enfoca a partir del análisis de suelo (<https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/servicios-de-laboratorio/quimica-analitica>), esta herramienta ofrecida por AGROSAVIA como servicio ayuda a optimizar la producción y evitar problemas futuros en el manejo del cultivo. Una vez determinada las características del suelo, se hace el balance entre las fuentes nutricionales a aplicar, los requerimientos del cultivo y el aporte del suelo requiriendo en mayor proporción Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K) (Moreno *et al.*, 2012). Para el departamento de Sucre, reportes evidencian requerimientos de nivel de nutrientes del suelo para nitrógeno N 125-155 kg/ha, fósforo P_2O_5 17-19 Kg/ha y potasio K_2O 155-180 Kg/ha (Procaribe, 2014).



Figura 11. Incorporación de la mezcla entre abonos y fertilizantes antes de la siembra de ñame.

Fuente: Manuel Espinosa C.

Estudios realizados por Espinosa et al., (2018) emplearon estrategias de optimización de la fertilización con incorporación de los fertilizantes y abonos y fraccionamiento de las cantidades calculadas en el balance. En ese orden de ideas al momento de siembra se depositó el fertilizante en el fondo del hueco, luego se agregó una capa de suelo y, finalmente, se colocó la semilla y se tapó. Las cantidades de fertilizante y abono al inicio de la siembra fueron:

Fosfato Di amónico (DAP).....100 kg/ha.....3,7 gramos por planta

Cloruro de Potasio (KCL).....100 kg/ha.....3,7 gramos por planta

Lombriabono.....1,6 t/ha.....100 gramos por planta

Una segunda fertilización se realizó un mes después de la emergencia de manera incorporada, colocando los fertilizantes cerca de la zona de las raíces y luego se incorporaron al suelo, las dosis empleadas fueron

Urea.....	75 kg.ha ⁻¹	2,8 gramos por planta
Triple 15.....	50 kg.ha ⁻¹	1,8 gramos por planta
Lombriabono.....	1,6 t.ha ⁻¹	100 gramos por planta

Las prácticas de la agricultura orgánica incluyen muchas acciones como, la rotación de cultivo, el uso de microorganismos benéficos y controles biológicos, además del uso de sustancias de origen natural, biológicas u orgánicas que estimulan el rendimiento y mecanismos de defensa en las plantas (Paz-Lago et al., 2000), así como de abonos orgánicos bajo diferentes mecanismos de producción, entre otras (Reyes et al, 2017).. Los fertilizantes orgánicos (Lombriabono, Compost, Bocachi, Bioles) aportan nutrientes a través de la descomposición de residuos vegetales y animales en el suelo, lo que constituye un proceso biológico en el cual el carbono es reciclado a la atmósfera como dióxido de carbono, el nitrógeno se vuelve disponible como amonio y nitrato, y otros elementos como fósforo, azufre y algunos micronutrientes se presentan en las formas requeridas por las plantas (Chaimsohn et al., 2007). Moreno et al. (2012), indican que al momento de la siembra de ñame el espacio interior del orificio formado puede ser ocupado por una mezcla de material orgánico (estiércol) (60%), ceniza (5%) y paja (35%).

Dentro de los abonos orgánicos más empleados se encuentra el humus de lombriz obtenido del proceso de lombricompostaje que ha demostrado ser un estimulante del rendimiento en una gran variedad de cultivos incluidas las hortalizas (Reyes *et al.*, 2017). También mejora la fertilidad natural de los suelos incluso aunque estén afectados por la salinidad (Mogollón *et al.*, 2016). Adicionalmente incide favorablemente en el aumento de la microbiota del suelo, además de aportar sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, como fitohormonas (Borges *et al.*, 2014). Vale la pena resaltar que es indispensable que estos materiales orgánicos deben ser compostados acorde a las condiciones de la materia prima, lo cual incluye desinfección, separación de materiales extraños, lugar o espacio adecuado, control de temperatura y humedad, revisión y homogeneización frecuente, con el fin de habilitar la materia orgánica y sus atributos para lograr mejores efectos en la actividad biológica del suelo, propiedades físicas como la retención de humedad, aireación, conductividad hidráulica, entre otras, y a mediano o largo plazo la mejora de la fertilidad del suelo.

El lombriabono presenta alto contenido de minerales como nitrógeno, fósforo y potasio, que son liberados lentamente, por lo cual se incrementa la disponibilidad de los elementos en el suelo para ser absorbidos por la planta (Canellas y Rocha, 2004). Debido a la riqueza en microelementos, el lombriabono es uno de los fertilizantes más completos, ya que mejora las condiciones del suelo, reteniendo la humedad y aumentando la capacidad de retención de agua, propiciando y acelerando las etapas de germinación, floración y llenado de vainas en leguminosas (Perea *et al.*, 2000).

Los ñames requieren suelos fértiles con buenos contenidos de materia orgánica, buena Capacidad de intercambio catiónico (CIC), entre otros; profundos con más de 100 cm, de textura franca y bien drenada (Coursey, 1967). Ferguson y Haynes, (1970) señalan que el uso de fertilización nitrogenada en ñame genera incremento del 10% en la producción de

tubérculos y en algunos casos, bajos niveles de potasio provocaron leves aumentos del rendimiento, pero, las respuestas al fósforo son poco comunes. Ayoola y Adeniyani, (2006) indican a partir de sus estudios que los rendimientos en el cultivo de ñame fueron bajos con el uso de fertilización química inorgánica, respaldando de este modo que la nutrición orgánica puede ser complementaria para garantizar calidad y productividad en el cultivo de ñame.

La mejora de las condiciones físicas del suelo se puede atribuir al aumento en el contenido de materia orgánica del suelo (Stockdale et al., 2001). Varios trabajos realizados en el sistema productivo de ñame han informado que la aireación, porosidad y capacidad de retención de humedad de los suelos aumenta bajo fertilización orgánica (Colla et al, 2000; Radhakrishnan et al, 2006; Ramesh et al, 2010). La construcción de montículos o caballones puede hacer frente a las malas condiciones físicas del suelo e incrementar la respuesta de los ñames a los fertilizantes (Kang y Wilson, 1981). Este tipo de prácticas agronómicas en el cultivo pueden contribuir al incremento de la productividad en el cultivo de ñame, lo cual favorecerá la sostenibilidad del modelo de producción, garantizando mejores ingresos para los productores con un aporte significativo a la conservación del suelo y la sustentabilidad de este (Espinosa *et al*, 2018). Así mismo, una rotación de cultivos bien diseñada contribuye a una buena estructura del suelo, fomenta la diversidad de flora y fauna del suelo que contribuye al ciclaje de nutrientes y mejora la nutrición de las plantas lo cual que ayuda en la prevención de plagas y enfermedades. (FAO, 2022).

Maximización de la eficiencia en el uso de los recursos en las actividades productivas, para lograr más con menos mejorando la productividad de la economía y su competitividad en los mercados

En el cultivo de ñame se vienen empleando diversas estrategias para maximizar la eficiencia en el uso de los recursos dentro de la actividad productiva de cultivo, dentro de ellas se propone el fraccionamiento de la fertilización integrada la cual consiste en dividir la dosis total de fertilizantes necesarias en cultivo en varias fracciones distribuidas en la etapa vegetativa y reproductiva de la planta, mediante la cual se logra un mejor aprovechamiento por parte de esta en su proceso de crecimiento y desarrollo traduciéndose en una mejor respuesta productiva. Para lograr un buen fraccionamiento de la fertilización o aplicación de abonos, se debe inicialmente conocer y planificar la cantidad de fertilizantes o abonos requeridos en el ciclo del cultivo a partir de balance generado por el análisis de suelo y con base en ello programar las aplicaciones en el tiempo, el total de nutrientes se divide entre el número de aplicaciones a realizar en el ciclo del cultivo (preferiblemente 3 a 5) nos indicará la cantidad de fertilizante o abono por aplicar en cada una y a partir de este valor se estima cuanto fertilizante aplicar por el número de plantas presentes en el cultivo. Asimismo, a esta estrategia se suma el manejo de la semilla la cual ha sido descrita anteriormente, donde se infiere que junto a un manejo hídrico racional y complementario en el cultivo de ñame pueden optimizar los rendimientos y la calidad del tubérculo. En la figura 12, se evidencia de manera esquemática las estrategias planteadas, con las cuales se busca incrementar los rendimientos y la calidad del cultivo de ñame.

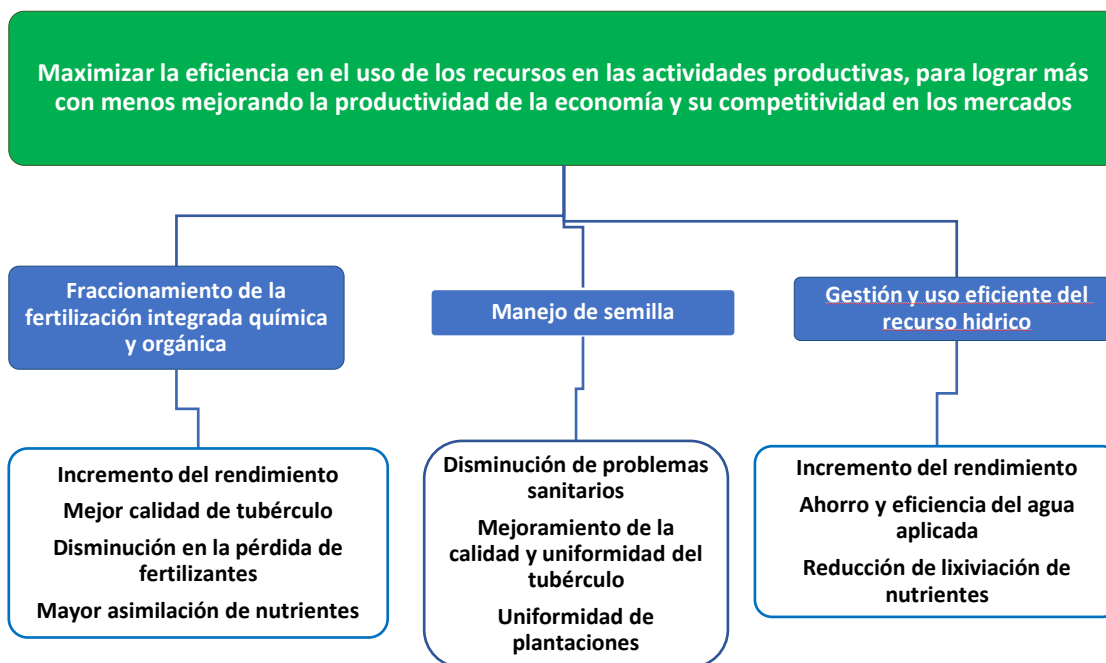


Figura 11. Recomendaciones tecnológicas que contribuyen a maximizar el uso de recursos en el sistema productivo de ñame. **Fuente:** Los autores

Nutrición integrada

La nutrición de la planta juega un importante papel en la aparición de los patógenos y la susceptibilidad del cultivo a los mismos (Munévar, 2004; Cristancho *et al.*, 2012; Amirieh *et al.*, 2016; Hasanuzzaman *et al.*, 2018; Sieiro *et al.*, 2020). En tal sentido, Naranjo (2018) asegura que una fertilización balanceada le permite a la planta de ñame una mayor resistencia fisiológica ante patógenos. Con la fertilización en el cultivo de ñame se busca garantizar un incremento sostenible de los rendimientos por unidad de área, que pueda generar ambientes favorables para una buena respuesta fisiológica del cultivo a partir de prácticas efectivas de nutrición del cultivo, lo cual se verá reflejado en plantas más resistentes y tolerantes a plagas y enfermedades. En las plantas se producen cambios morfológicos inducidos por los efectos de la nutrición mineral como un rápido crecimiento

vegetativo. Según Munévar (2004), estos pueden repercutir con el aumento o disminución tanto de la resistencia como de la tolerancia de la planta a las enfermedades. Los estudios realizados, sugieren que la combinación de diferentes estrategias nutricionales en el cultivo puede promover una muy buena respuesta en los rendimientos y adaptación ante eventos climáticos adversos como una reducción de las precipitaciones. Dentro de los planes de nutrición orgánica, el uso de abonos o compostajes, lombriabono, entre otros productos elaborados o de fácil consecución por parte de los productores, pueden promover un buen crecimiento y sanidad en el cultivo generando un aspecto favorable en las plantaciones los cuales se convierten en un incremento de los rendimientos (Espinosa *et al.*, 2018).

Estudios realizados en el departamento de Córdoba, Colombia, donde se validó el uso de abonos orgánicos y fuentes inorgánicas como estrategias de nutrición, evidenciaron que las plantas que recibieron como estrategia de producción la mecanización con cincel, rone y caballones y fertilización orgánica con lombriabono presentaron los mayores valores en las variables: diámetro de tubérculo ($9 \pm 0,4$ cm), longitud de tubérculo ($21,2 \pm 0,3$ cm) y peso del tubérculo (1308 ± 50 g), evidenciando solo diferencia significativa en el diámetro del tubérculo ($p > 0,01$) (Espinosa *et al.*, 2018); adicionalmente, esta combinación tuvo el mayor rendimiento ($20,9 \text{ t.ha}^{-1}$), con 72,1% de tubérculos comerciales, 30,2% en tubérculos tipo semilla y 1,3% dañado, a pesar de no observarse diferencias estadísticas de forma significativa ($p < 0,05$), esta tecnología de producción, se convierte en una herramienta en la toma de decisiones ante los escenarios de variabilidad climática Agrosavia (2016).

En ese orden de ideas, Espinosa *et al.* (2018) concluyeron que la fertilización orgánica y la preparación de suelos con caballoneo en el sistema productivo de ñame, junto con la aplicación de riego por goteo en los periodos que ocurre déficit hídrico en el suelo, representa una opción viable

para los productores de ñame para enfrentar las condiciones restrictivas de humedad y reducir pérdidas en el rendimiento del sistema productivo.

La producción de abono se puede hacer de distintas maneras, pero el objetivo clave que se plantea desde este documento es el aprovechamiento de la biomasa residual o los desechos vegetales y orgánicos generados en la finca. Para generar un buen compost o abono orgánico, se debe destinar un área que no tenga riesgo de sufrir encharcamientos, con buena entrada de luz, que sea de fácil acceso y laboreo. Los desechos vegetales pueden provenir de diferentes tipos de plantas o árboles frutales (mango, guayaba, entre otros), plantas suculentas (plátano, piña, malezas, forraje, entre otras), se pueden proporcionar otros elementos como cenizas, cal, estiércol seco desmenuzado. En la secuencia fotográfica se evidencian las etapas para la producción de abonos a partir de la biomasa residual en el predio del productor.

Figura XX. Secuencia para la elaboración de abonos a partir de recursos orgánicos en la finca, Incluye los pasos de acumulación de hojarasca, estiércol seco, aplicación de cal, suelo negro con alto contenido de MO. Humedecimiento, tapado, protección.



Otra estrategia en la producción de abono es el aprovechamiento de recurso orgánicos como el estiércol de los animales bovinos, equinos, ovinos, porcinos u otros presentes en la finca, los cuales después de un proceso de lavado y secado de manera natural por las lluvias y el sol, pueden ser aportados como alimento a las lombrices. Estas se pueden mantener en recipientes pequeños para estimular su alimentación y adaptarlas a los recursos biológicos de desechos que se generan en la finca. Estas al cabo de un tiempo degradan los alimentos proporcionados, generando a partir de sus heces lo que será el abono requerido en la nutrición de las plantas. Es importante conservar con humedad el medio donde se desarrollan y alimentan las lombrices para mantener y conservar la calidad del abono generado denominado Lombriabono.

Figura XX. Secuencia para el proceso de producción de lombriabono mediante el cultivo de lombrices. Incluye, selección y preparación del sitio, seguro, bajo sombra y protegido de la lluvia, incorporación de estiércol lavado con la lluvia y seco al sol, incorporación de lombrices y seguimiento al crecimiento y multiplicación de las lombrices.



Manejo de la semilla como estrategia integrada del cultivo

Dentro del manejo de la semilla como estrategia integrada del cultivo se asocia que la respuesta germinativa de los tubérculos está en función del estado de madurez de este, por tanto, se deberán escoger semillas maduras que puedan favorecer una rápida y buena brotación. La práctica obligada de separar las diferentes partes del tubérculo entre semilla de cabeza, centro y cola, traerá consigo uniformidad en el cultivo, previendo un adecuado manejo de este empleando labores rutinarias uniformes en las plantaciones como, el manejo de arvenses, el control y prevención de enfermedades, la nutrición del cultivo y por consiguiente la cosecha (Agrosavia, 2017).

Manejo hídrico

El cultivo del ñame en algunas zonas se desarrolla de manera rústica o con bajo nivel tecnológico, siendo las zonas de lomerío y pendientes las priorizadas por los productores, estas zonas carecen de reservas hídricas, se desconoce la calidad de los acuíferos y el potencial de estos para el empleo de riego (Agrosavia, 2016b). Las áreas con empleo de tecnología enfocada al uso y manejo del recurso hídrico procuran inicialmente realizar estrategias de reserva y acumulación de las aguas generadas por precipitaciones, no obstante, se infiere que este tipo de estrategias son consideradas de alto valor inicial para inversiones en el establecimiento del cultivo, así mismo, la exploración de aguas subterráneas implica altos costos de inversión y no garantizan caudales óptimos y necesarios para el uso frecuente de riego, con el agravante de encontrar aguas con altos contenidos de sales que no serían aptas para la agricultura. Lo anterior, conlleva a implementar iniciativas que fortalezcan la gestión del recurso hídrico en el sector agropecuario, esto en el marco de la política de crecimiento verde. Dicha gestión incluye la aplicación de buenas prácticas de riego como atender el balance hídrico del suelo y la planta, monitoreo de componentes del sistema, control de frecuencias de riego, tiempos de riego entre otros que optimicen el uso de este recurso natural.

La vinculación de las políticas de crecimiento verde al manejo del recurso hídrico puede contribuir a:

- Mejorar la eficiencia en el uso del agua en los sectores agrícolas y reducir la contaminación, y estimular el mantenimiento a las redes de distribución de agua potable y de riego de cultivos, y promueve el reúso del agua.
- Fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en el sector agropecuario
- Permitir la “Incorporación en el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, lineamientos sobre nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales y el aprovechamiento de subproductos y energía”.
- Facilitar la formulación e implementación de proyectos de uso eficiente del agua y la transferencia de buenas prácticas.
- Aportar conocimiento para la gestión de las buenas prácticas en el reúso del agua en este cultivo tan demandante de agua.

Otro factor para tener en cuenta dentro del análisis del territorio en el manejo hídrico es la disposición de energía para el empleo del riego, siendo el uso de hidrocarburos la principal fuente generadora de energía en los sistemas de riego, no obstante, una mala práctica o una mala programación del riego puede generar incrementos significativos en el gasto energético, llevando consigo a pérdidas económicas en los sistemas productivos (Cadavid, 2009, Plan de manejo agroclimático integrado – ñame, 2016).

Para el cultivo de ñame se calcula un requerimiento entre 1500 y 2000 mm por ciclo productivo de 270 días, y las diferencias de déficit o excesos de agua en el suelo pueden limitar o favorecer la producción acorde a la implementación de prácticas de manejo u ofertas tecnológicas (Montaldo, 1991; Ruiz 2003; Acevedo *et al.*, 2014), para el ñame los cinco primeros meses, son la etapa crítica del cultivo que comprende germinación, emisión y crecimiento de guías o ramas. En esa etapa el cultivo debe recibir abundante suministro de agua con adecuada distribución para que así exprese

buen rendimiento. Según el Instituto Internacional de Agricultura Tropical IITA (2009), una precipitación anual de 1000 mm repartidos en cinco a seis meses, en suelos profundos, fértiles y bien drenados, son ideales al sistema productivo de ñame y para Lasso (2003) un periodo seco limitante para el cultivo son 5 días de déficit hídrico de manera consecutiva.

En síntesis, la necesidad de agua disponible en el suelo para el cultivo en el periodo crítico (primeras etapas fenológicas) determina el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo y la obtención de altos rendimientos. Acevedo *et al* (2014), evaluando el desarrollo y productividad de ñame (*Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*) en diferentes condiciones hídricas, donde las variables fueron: riego de 888 mm durante la etapa crítica del cultivo, riego de 944 mm durante todo el ciclo del cultivo, y ausencia de riego con una oferta de agua de 750 mm provenientes de precipitación, señalaron que los tratamientos de riego aumentaron los rendimientos y que el riego en etapa crítica del cultivo permite alcanzar los mejores resultados. El ñame tolera períodos secos aún después de la emergencia, y puede sobrevivir bajo condiciones de déficit hídrico mejor que muchos otros sistemas productivos; sin embargo, Onwueme (1975) demostró que un déficit hídrico al inicio del ciclo de crecimiento del ñame reduce su producción y pospone el inicio de la tuberización. A partir de estos apuntes se confirman la importancia del uso eficiente del recurso hídrico y especialmente durante las etapas fenológicas del cultivo de ñame para obtener mayor rendimiento, lo cual se enmarca en la política de crecimiento verde, en su pilar de la protección del capital natural y el uso óptimo de los recursos suelo y agua, mediante la protección de acuíferos, y reservas en la finca, que estimulen la economía circular y aumenten la protección del capital biológico.

Estudios realizados en el cultivo de ñame en el municipio de Ayapel departamento de Córdoba, demuestran que el uso de riego complementario por goteo por un periodo de 6 meses con la incorporación de una lámina de riego hasta alcanzar los 1200 mm , una nutrición balanceada y una población de hasta 16.000 plantas/ha, pueden incrementar los rendimientos en el cultivo de ñame, llegando a obtener hasta 20 toneladas por hectárea, de las cuales un 72% logran ser comerciales tipo

exportación con un peso promedio de 1200 a 1300 gramos por tubérculo (Plan de manejo agroclimático integrado – ñame, 2016).

Con la puesta en marcha de una estrategia integral en el cultivo de ñame que contemple el uso de fertilización orgánica, conservación de los recursos biofísicos del suelo, manejo integrado del suelo, manejo y balance del recurso hídrico entre otras, se contribuye a implementar y fortalecer las acciones de las políticas de Crecimiento Verde para los sistemas productivos en regiones vulnerables, en las cuales se proyecta la generación de incentivos comerciales que promuevan este tipo de acciones y generen valor agregado en los sistemas productivos para el mejoramiento de la calidad de vida de los agricultores y sus familias.

3. Fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático

Mediante el análisis del contexto agroclimático para la región Caribe se identifica que la vulnerabilidad del territorio se traduce en dos escenarios cómo son exceso y déficit hídricos, cada uno de ellos trae consigo respuestas sobre el sistema productivo de ñame y están en función de las zonas agroecológicas donde se dé esta ocurrencia climática. Es así como se visualiza que en zonas de pendiente o lomeríos donde se desarrolla el cultivo de ñame las altas precipitaciones favorecen el desarrollo y productividad del cultivo, pero estas mismas zonas ante un escenario de déficit pueden generar situaciones adversas ante una disminución considerable de las precipitaciones llegando al punto de generar la muerte de las plantas (Espinosa *et al.*, 2018).

En la figura 13 se plantean estrategias para fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático en el sistema productivo de ñame, siendo pilares de esta estrategia la preparación del suelo (caballoneo), una buena selección del material vegetal de siembra, un manejo integrado de la nutrición y recurso hídrico para el cultivo y el establecimiento del cultivo bajo sombrío permanente. Con ello se busca una reducción en las pérdidas de las plantas cuando se presenten déficit hídrico, promover

una conservación de la humedad en el perfil del suelo y con ello contribuir el incremento de los rendimientos (Agrosavia, 2016). Asimismo, una buena nutrición en el cultivo promueve un buen desarrollo de las plantas lo cual contribuye a reducir la incidencia de enfermedades y algunas plagas. El uso de sombrío permanente sobre el cultivo de ñame y que este a su vez se comporte como sotobosque tiene varias estrategias a nivel de conservación ya que se reduce el impacto sobre la amenaza existente zonas de conservación del bosque, se reduce la intención de deforestación para habilitar nuevas áreas en el establecimiento del cultivo reduciendo de este modo las pérdidas de carbono acumulado en el suelo a partir de los desechos vegetales maderables, esto tiene unas ventajas comparativas con respecto al desarrollo del cultivo a libre exposición, ya que se ha observado una reducción significativa de la incidencia de enfermedades especialmente antracnosis y generando con ello una reducción de la dependencia del uso de agroquímicos, especialmente fungicidas en el cultivo, a su vez se ha logrado determinar un incremento en los rendimientos y una mejor calidad en el tubérculo superando a condiciones normales de libre exposición del cultivo hasta en un 30% (Agrosavia, 2016b).

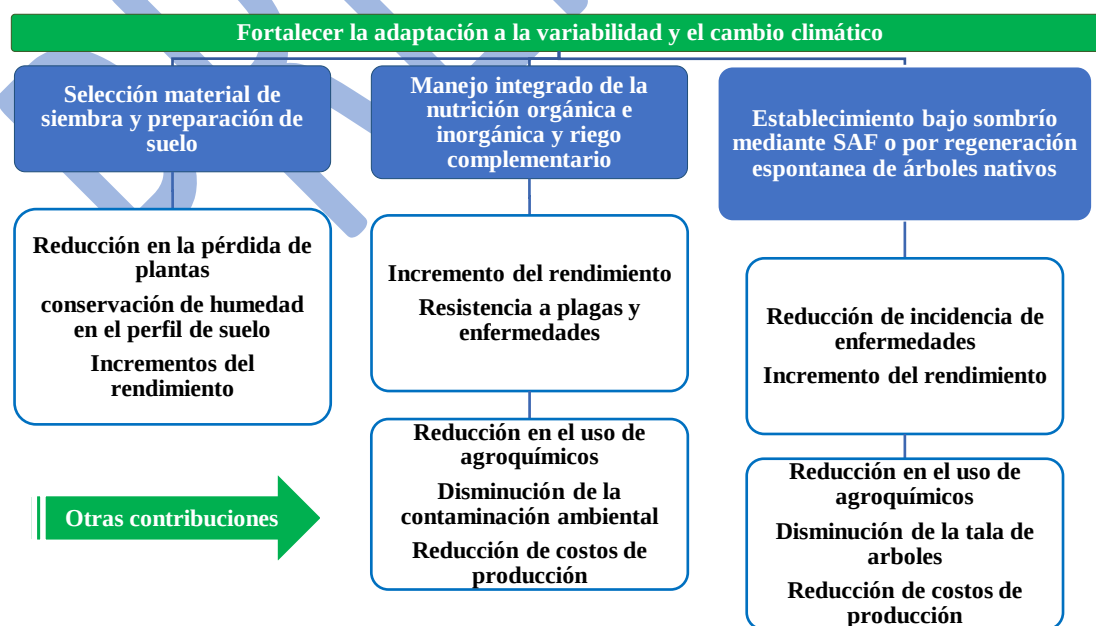


Figura 13. Recomendaciones tecnológicas que contribuyen a fortalecer la adaptación a la variabilidad y el cambio climático en el sistema productivo de ñame. **Fuente:** Los autores.

En el cultivo de ñame se pueden emplear diversas alternativas de manejo en pro de mitigar los efectos adversos del cambio climático y mejorar las estrategias de adaptación ante escenarios de variabilidad climática (Agrosavia, 2017). Una de estas alternativas es el manejo en la semilla, en la cual el peso de la semilla a emplear estará acorde al nivel de tecnología a emplear y el escenario climático que se pueda pronosticar para la región; Beatrice, et al (2020), sugiere que el uso de semillas a partir de 50 gramos puede generar plantas productivas, en ese sentido, semillas entre 80 y 150 gramos son recomendadas cuando se cuenta con un sistema de riego que garantice la humedad suficiente durante todo el proceso de brotación y prendimiento de la semilla; o en su defecto, que las precipitaciones en la zona a establecer el cultivo sean constantes y balanceadas acorde a los requerimientos del cultivo (escenario lluvioso), lo cual es una situación impredecible para muchas regiones productoras. Una de las ventajas de este modelo de siembra es que se reduce significativamente la cantidad de tubérculos a necesitar para la obtención de semilla, reduciendo de manera directa el costo en la siembra. Otra alternativa y comúnmente usada son las semillas o presas de 100 a 150 gramos e inclusive mucho más, con ello se garantiza reservas suficientes para la brotación de la semilla y garantizar una planta germinada, una de las desventajas es el incremento en la necesidad de tubérculos para la obtención de presas, aumentando los costos iniciales de establecimiento y aún con ello ante un escenario de reducción de las precipitaciones (escenario seco) no hay garantía que la semilla pueda sobrevivir al proceso de brotación y genere una planta productiva (Martínez *et al.*, 2021b).

Consideraciones finales

El cultivo de ñame en Colombia ha sido una alternativa alimenticia y de dinámica económica que se ha proyectado a nivel internacional con flujos de comercialización que, si bien están muy condicionados, muestran una tendencia creciente para posicionarse en los mercados por su calidad y exclusividad. En Colombia cada vez cobra más espacio en diversos departamentos donde se ha encontrado una adaptación para su producción, corroborando la plasticidad y potencialidad que tiene este tubérculo para posicionarse como alternativa nutricional fundamental en la canasta familiar. Sin embargo, este cultivo tampoco es ajeno a contar con limitantes y generador de impactos durante su producción, es por ello, que cobra importancia brindar pautas y alternativas productivas que busquen mitigar el impacto negativo que pueda generar este sistema de cultivo en áreas potenciales. Si las áreas y el crecimiento de la producción sigue avanzando de manera exponencial, será necesario apalancar iniciativas que busquen orientar las áreas potencialmente óptimas para la producción sin afectar los ecosistemas, es por ello, que una alternativa productiva está relacionada con la presencia de sombra a partir de árboles perennes asociados o establecidos mediante SAF , podrá contribuir a mitigar la tala indiscriminada de bosques para la habilitación y ampliación de nuevas áreas de siembra y reducir de esta manera la presión sobre los sistemas frágiles de bosque seco tropical. A esto se debe sumar que las respuestas del sistema productivo a la nutrición orgánica, muestran ventajas significativas con respecto a los modelos intensivos y tradicionales con el uso excesivo e indiscriminado de agroquímicos, por tanto, esta será una herramienta más a incorporar en el modelo productivo, buscando a su vez mercados especializados de exportación que puedan generar valor agregado en la comercialización a partir de un producto más inocuo y obtenido sin consecuencias negativas al medio ambiente. De acuerdo a los documentos de la cadena de ñame y la descripción de las cifras del sector para el año 2021, se identifican en la cadena a los exportadores como CI Tropical en el departamento de Sucre, CI OPEN MARKETS COLOMBIA para el departamento de Bolívar y Productos de los Andes S.A.S para el departamento de Córdoba (MADR, 2021), quienes en las mesas de trabajo plantean la generación de un producto con trazabilidad que garantice la inocuidad final

para garantizar la confianza en el proceso de comercialización y sea aceptado antes las exigencias de los mercados internacionales.

En el marco de la Política Pública de crecimiento verde (CONPES 3934), las recomendaciones tecnológicas referenciadas en el presente documento y las cuales se relaciona con prácticas de conservación de suelos, manejo de calidad de semilla, fraccionamiento de la fertilización integrada, gestión y uso eficiente del recurso hídrico y el establecimiento bajo sombrero, se presentan como estrategias que permiten la optimización del uso de los recursos naturales y fortalecimiento del sistema productivo para su adaptación a la variabilidad y el cambio climático.

La promoción e inclusión dentro del cultivo de ñame, integrando conceptos de agricultura climáticamente inteligente, permite mejorar la capacidad de adaptación del cultivo, mejorar la calidad de vida de los productores y aporta a la seguridad alimentaria de los territorios.

Actualmente, el país enfrenta nuevos retos ambientales que buscan equilibrar los recursos naturales con el desarrollo económico. Dadas las condiciones agronómicas con las que se cultiva actualmente el ñame en el país se resalta la necesidad de potencializar la productividad mediante la implementación de tecnologías con enfoque de crecimiento verde.

Glosario

Abono. Se refiere a la mezcla de material obtenido de descomposición y mineralización de residuos orgánicos tanto de, origen animal, vegetal, de cosechas y de restos leñosos, que pueden ser aplicados de manera incorporada al suelo con el propósito de mejorar sus características químicas, físicas y biológicas, aportando nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Antracnosis. Enfermedad que afecta tejidos vegetales de la planta como hojas, tallos, flores y frutos, ocasionada por el agente causal del género *Colletotrichum*.

Apero. Se refiere a los utensilios o herramientas empleados en determinados oficios o actividades agrícolas necesarios para el manejo de los suelos o los cultivos en general.

Arvenses. Especie vegetal que puede considerarse maleza, mala hierba, hierba mala, monte o planta indeseable que crece de manera silvestre y espontánea en una zona cultivada o controlada por el ser humano como cultivos agrícolas o jardines.

Bioproductos. Insumo de origen natural, biológico que puede ser usado en la nutrición de las plantas, como los biofertilizantes, o en la generación de insumos naturales para el manejo de plagas y enfermedades, como los biocontroladores.

Bosque seco. Ecosistema natural que se caracteriza por presentar periodos marcados de lluvias y épocas secas durante el año, generando la formación de especies vegetales adaptadas a este tipo de condiciones climáticas.

Caballoneo. Práctica de mecanización que consiste en realizar montículos alineados en el suelo mediante el uso de aperos agrícolas para el establecimiento de cultivos y que busca mejorar su crecimiento y desarrollo.

Capacidad de intercambio catiónico. Según la FAO es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH₄ etc.)

Compost. Abono orgánico obtenido a partir del proceso de compostaje con biomasa residual: desechos vegetales y animales o residuos orgánicos mezclados de manera equilibrada y uniforme, con el fin de obtener una relación C/N adecuada, además de buena calidad nutricional y fitosanitaria.

Cíncel. Implemento de uso agrícola conformados por ganchos rígidos o vibratorios que facilitan la remoción del suelo y ayudan a la descompactación de este.

Déficit hídrico. Condición de humedad del suelo que se refiere a la falta de agua fácilmente disponible para las plantas y se manifiesta con la pérdida de turgencia o marchitamiento de la planta. Se asocia con la falta o ausencia de precipitaciones.

Edáfica. Se refiere al suelo y las características propias de este donde se dan todos los procesos para generar vida.

Esqueje apical. Segmento vegetal del tallo que se emplea para la reproducción asexual o vegetativa, empleada para originar una planta igual a la planta madre de donde fue obtenido.

Etapas fenológicas. Se refiere a los cambios que sufre la planta durante su ciclo productivo, logrando su crecimiento, desarrollo y producción.

Escorrentía. Arrastre de agua y suelo que se genera por la pérdida de la capa vegetal y natural de los suelos favoreciendo los procesos erosivos en la capa superficial del suelo.

Fertilizante. Se considera a cualquier tipo de sustancia inorgánica que contiene concentraciones de nutrientes en altas proporciones de formas asimilables por las plantas, con lo cual se puede rápidamente mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo, ayudando a mejorar la fertilidad del suelo y estimular el crecimiento vegetativo de las plantas e incrementar su productividad.

Guías o ramas. Se consideran a los crecimientos o emisiones vegetativas a partir del tallo principal de la planta de ñame, que sirve de soporte para la acumulación de fotoasimilados requeridos en el llenado del tubérculo.

In-situ. Se refiere en el sitio o sobre el terreno donde se hace la observación.

Lombriabono. Abono orgánico de origen natural que se obtiene a partir de la acción de las lombrices de suelo que de manera controlada y dirigida se estimula el consumo de residuos orgánicos especialmente estiércol de bovinos.

Ñame. Planta trepadora que produce tubérculos comestibles de alto valor nutricional asociadas al género *Dioscorea*, principalmente *Dioscorea alata* y *Dioscorea esculenta*.

Patógeno. Agente biológico externo que tiene la capacidad de afectar el normal crecimiento y desarrollo de una planta hasta generar su muerte o la pérdida de la productividad.

Planta Perenne. Aquella planta, arbusto o árbol que perdura por muchos años con periodos prolongados de crecimiento, desarrollo y producción.

Presas (semillas). Segmento o porción del tubérculo de ñame que se emplea para la multiplicación del cultivo a escala comercial.

Pulso-Reserva. Interacción de acciones o actividades agrícolas sobre los ecosistemas que condicionan su resiliencia y miden el potencial de amortiguamiento de estos, ante el impacto de acciones negativas o positivas.

Recursos naturales. Vienen siendo todos los elementos de la naturaleza (suelo, agua, plantas, animales) que se pueden aprovechar para mejorar la calidad de vida de los seres humanos.

Rizobacteria. Son aquellas bacterias que colonizan las raíces de la rizosfera y que han demostrado ser organismos altamente eficientes para aumentar el crecimiento de las plantas, e incrementar sus defensas.

Rome. Implemento usado en la mecanización agrícola para remover las capas superficiales del suelo y favorecer el desarrollo de agricultura.

“Servicios ecosistémicos (SE): los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes,

estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad de los cuales depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, así como el bienestar de nuestras sociedades. Se identifican 4 tipos de servicios ecosistémicos: soporte, regulación, provisión y valores culturales.”

Semilla o presa. Segmento de tubérculo bien sea cabeza, centro o cola, empleado en la multiplicación vegetativa del cultivo de ñame.

Semilla de cabeza. Es la parte del tubérculo empleada como semilla que se obtiene de la parte superior del ñame.

Semilla de centro. Es la parte del tubérculo empleada como semilla que se obtiene de la parte media del ñame.

Semilla de cola. Es la parte del tubérculo empleada como semilla que se obtiene de la parte inferior del ñame.

Sotobosque. Es la vegetación formada por plantas de porte bajo y arbustos que crecen y desarrollan bajo los árboles de un bosque o espacios forestales.

Suelo mecanizable. Zona o área de terreno en el cual se puede hacer uso de implementos de mecanización agrícolas que favorecen la remoción de este para el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas.

Textura franca. Condición de suelo que de manera natural y por su origen tiene un grado equilibrado de arcilla, arena y limo que favorece el buen desarrollo de las raíces de las plantas.

Translocación. Termino que se refiere al movimiento de nutrientes dentro de la planta para favorecer su crecimiento, desarrollo y producción.

Zona arable. Capa superficial de suelo que se ubica a los primeros 30 a 40 cm de profundidad y que es de fácil remoción con implementos agrícolas empleados en la mecanización del suelo.

Zonas de reserva. Área o terreno donde se promueve la conservación de sus recursos naturales para evitar la pérdida de productividad y garantizar sostenibilidad.

Referencias

Acevedo, A. N., Sandoval, I. S., Salcedo, J. G. 2014. Desarrollo y productividad de ñame (*Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*) en diferentes condiciones hídricas vol.64, n.1, pp.30-35. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/44925/1/43917-218000-1-PB.pdf>.

Aguilera, D., M. 2014. La Economía De Los Montes De María. Economía & Región, Vol. 8, No. 1, (Cartagena, junio 2014), pp. 91-141. Recuperado de <https://revistas.utb.edu.co/index.php/economiayregion/article/download/64/48>

AgroNet, 2020. Reporte estadístico. Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo, Cultivo de ñame, 2018. Revisado 20-09-2020 en: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

Agrosavia, 2016. Plan de manejo agroclimático integrado del sistema de cultivo de ñame espinoso en el municipio de Ayapel, Córdoba. <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/Content/adjuntos/planes/67bf5760-da52-4c0a-bcfb-deb65279bef1.pdf>

Agrosavia, 2016 b. Plan de manejo agroclimático integrado del sistema de cultivo de ñame espinoso en el municipio de Tolúviejo, Sucre.

<http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/Content/adjuntos/planes/67bf5760-da52-4c0a-bcfb-deb65279bef1.pdf>

Agrosavia, 2017. Planes de manejo agroclimático integrado en Colombia. Sello editorial Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Páginas 1 – 372. ISBN 978-958-740-251-3. Bogotá, Colombia. <http://www.agrosavia.co/site-mapa/publicaciones/>

Alegre, J. (2015). Sistema agroforestal multiestrato. Recuperación de suelos degradados en la Amazonia. Leisa. Revista de Agroecología, 31(1), 28-31.

Amirieh, S., Mohammadi, J. And Pakrou, N. 2016. Nitrogen and silicon impacts on the intensity of stem borer damage in sugarcane in Iran. Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, vol. 29: 485-491.

Araya, T., J. Nyssen, B. Govaerts, J. Deckers, R. Sommer, H. Bauer y W. Cornelis. 2016. Seven years resource-conserving agriculture effect on soil quality and crop productivity in the Ethiopian drylands. *Soil and Tillage Research* 163: 99-109.

Ayoola, O. y Adeniyi, O. (2006). Influence of poultry manure on yield and yield components of crops under different cropping systems in Southwest Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 5: 1386-1392.

Balogun, M. O., & Gueye, B. (2013). Status and prospects of biotechnology applications to conservation, propagation and genetic improvement of yam. En K. G. Ramawat & J.-M. Merillon (Eds.), *Bulbous Plants: Biotechnology* (pp. 92-112). doi: 10.1201/ b16136 -7

Beatrice Aighewi, Norbert Maroya, Robert Asiedu, Daniel Aihebor, Morufat Balogun, Djana Mignouna. (2020) Producción de semillas de ñame a partir de tubérculos enteros versus minisetts. *Journal of Crop Improvement* 0: 0, páginas 1-17.

Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10(37-38), 80-87.

Borges, J., M. Barrios, A. Chavez y R. Avendano. 2014. Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el aviveramiento de la morera (*Morus alba* L.). *Bioagro*, 26 (3): 159-164.

Cadavid, J.H. 2009. *Hidráulica de canales: fundamentos*”, Primera reimpresión, Fondo Editorial Universidad EAFIT. P 392.

Canellas, L., y Rocha, R. (2004). *Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity*. Ed. Universidad de Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuarias.

Chaimsohn, P., Villalobos, E., y Urpí, J. (2007). El fertilizante orgánico incrementa la producción de raíces en pejibaye (*Bactris gasipaes* K.). Ed. *Agronomía Costarricense* 31(2), 57-64.

Chou, S., B. Chiang, Y. Chung, P. Chen y C. Hsu. 2006. Effects of storage temperatures on the antioxidative activity and composition of yam. *Food Chem.* 22(1), 618-623. Doi: 10.1016/j.foodchem.2005.06.039

Colla, G., Mitchell, J.P., Joyce, B.A., Huyck, L.M., Wallender, W.W., Temple, S. R., Hsiao, T.C. y Poudel, D.D. (2000). Soil physical properties and tomato yield and quality in alternative cropping systems. *Agron. J.*, 92: 924-932.

Coursey, D. G. (1967). *Yams; an account of the nature, origins, cultivation, and utilization of the useful members of the Dioscoreaceae*. London, Longmans. 230 p. (Tropical Agriculture Series).

Cubillos, A., V. Vallejo, Z. Arbeli, W. Terán, R. Dick, C. Molina y F. Roldan. 2016. Effect of the conversion of conventional pasture to intensive silvopastoral systems on edaphic bacterial and ammonia oxidizer communities in Colombia. *European Journal of Soil Biology* 72: 42-50.

Cristancho, J.A., Alfonso, O.A. y Molina, D.L. 2012. Revisión de la literatura sobre el papel del suelo y la nutrición de plantas en la Pudrición del cogollo de la palma de aceite. Revista Palmas, 33 (2): 9-22.

Díaz, N.L.D., Polanco, O.H., Carmona, W.O.E., Durango, B.E.D., Beltrán, H.J.D., & Suárez, P.I.E. (2019). Micropropagación de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir), cultivar botón en sistema de cultivo doble fase. En Biotecnología Aplicada al Sector Agropecuario en el departamento de Sucre (21-23). Sincelejo, Sucre: Corporación Universitaria del Caribe, CECAR.

Espinosa, Manuel., Carvajal Luis., Bolaños, Martha., Rojas, Juan. 2018. Labranza y Fertilización, estrategias para enfrentar condiciones restrictivas de humedad del suelo cultivado con Ñame en Colombia. Suelos Ecuatoriales ISSN: 0562-5351 Ed: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo Revista Suelos Ecuatoriales. v.48 fasc. N/A p.23 – 31.

Espitia Montes, A. A., Pérez Cantero, S. P., Támara Morelos, R. E., Díaz Cabadíaz, A. T., Regino Hernández, S. M., García Herazo, J. L., & García Peña, J. A., (2021). Manual técnico de producción de semilla de ñame (*Dioscorea* spp.) de calidad. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.
<https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404982>.

Espitia, A. & García, J. (2017). Proyecto: Tecnologías de manejo agronómico evaluadas para la producción de ñame, en la región Caribe [Informe final]. AGROSAVIA; MADR.

FAO (2018). Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS). Agroforestería. Documento elaborado por Simone Borelli, Yujuan Chen - FAO, Forestry Department y con contribuciones de Susan Braatz - FAO, Forestry Department, revisado por

Guillermo Detlefsen - CATIE; Hans Vellema - Tropenbos International; Florencia Montagnini - Yale University. Disponible en <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/agroforestry/credits/es/>

FAO. (2022). Agricultura de Conservación. División de Producción y Protección de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, Italia

Plantas Web: <https://www.fao.org/3/cb8350es/cb8350es.pdf>.

Ferguson, T. U. y Gumbs, F. (1976). Effect of soil compactation on leaf number and area and tuber yield of White Lisbon Yam. In: 4th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Proceedings. Cock, J. et al., eds. Cali, Colombia, CIAT. 4: 8993.

Ferguson, T. U. y Haynes, P. H. (1970). The response of yams (*Dioscorea* spp.) to nitrogen, phosphorus, potassium, and organic fertilizers. In: 2nd. Symposium of the International Society for Tropical Root Crops Cock, vol. 1. Plucknett, D. L. ed. Hawaii, University Press of Hawaii. pp. 93-96.

Ferreras, L., G. Magra, P. Besson, E. Kovalevski y F. García. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. Ciencia del Suelo 25(2): 159-172.

García Fernández, Ó. D. (2019). Implementación del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*) como alternativa socioeconómica y productiva en el municipio del Carmen de Bolívar, departamento de Bolívar. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/126

Hasanuzzaman, M., Borhannuddin, M. H. M., Nahar, K., et al. 2018. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*, 8: 31, doi:10.3390/agronomy8030031.

Hooper, E., Condit, R., & Legendre, P. (2002). Response of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, 1626-1641.

IITA. (2009). Yam production in Africa. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Nigeria. Available from.

Jessen V. Bredeson, Jessica B. Lyons, Ibukun O. Oniyinde, Nneka R. Okereke, Olufisayo Kolade, Ikenna Nnabue, Christian O. Nwadike, Eva Hřibová, Matthew Parker, Jeremiah Nwogha, Shengqiang Shu, Joseph Carlson, Robert Kariba, Samuel Muthemba, Katarzyna Knop, Geoffrey J. Barton, Anna V. Sherwood, Antonio Lopez-Montes, Robert Asiedu, Ramni Jamnadass, Alice Muchugi, David Goodstein, Chiedozi N. Egesi, Jonathan Featherston, Asrat Asfaw, Gordon G. Simpson, Jaroslav Doležel, Prasad S. Hendre, Allen Van Deynze, Pullikanti Lava Kumar, Jude E. Obidiegwu, Ranjana Bhattacharjee & Daniel S. Rokhsar. (2022) Chromosome evolution and the genetic basis of agronomically important traits in greater yam. *Nature Communications* | 13:2001 | <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29114-w> | www.nature.com/naturecommunications

Jiménez, F., Muschler, R., & Köpsell, E. (2001). Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales (No. 6). Bib. Orton IICA/CATIE.

Kang, B. T. y Wilson, J. E. (1981). Effect of mound size and fertilizer on White Guinea Yam (*Dioscorea rotundata*) in southern Nigeria. *Plant and Soil* 61: 319-327

Lasso, L. D. (2003). Metodología de la distribución agroclimática de las lluvias. Meteorología. Colombiana. N°.7, P.p. 131-134. Recuperado de http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero07/07_13.pdf.

Leonel, M.; Mishan, M. y Pinho, S. H. 2006. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. Cienc. Tecnol. Aliment., 2006, vol. 26, no. 2, p. 459-464.

Lowell, L.; Dilworth, F.; Omoruyi, P. y Helen, N. 2007. In vitro availability of some essential minerals in commonly eaten processed and unprocessed Caribbean tuber crops. Biometals, 2007, vol. 20, no. 1, p. 37-42.

Martínez-Reina, A. M., Tordecilla-Zumaqué, L., Grandett-Martínez, L. M., Regino-Hernández, S. M., Luna-Castellanos, L. L., & Pérez-Cantero, S. P. (2021). Análisis de la eficiencia técnica del cultivo de ñame (*Dioscorea* spp.) en la Región Caribe de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 15(2), e12445. Revisado en <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12445>.

Martínez-Reina, A. M., Tordecilla-Zumaqué, L., Grandett-Martínez, L. M., Regino-Hernández, S. M., Luna-Castellanos, L. L., & Pérez-Cantero, S. P. (2021). Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea* sp) en la región Caribe colombiana. Avances en Investigación Agropecuaria. Aia. 2021, 25(2): 7-34. issn 0188789-0. Revisado en <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2021/mayo/1.pdf>

Matteucci, S. D., Colma, A. Í. D. A., & Pla, L. (1999). Biodiversidad vegetal en el árido falconiano (Venezuela). *Interciencia*, 24(5), 300-307.

Méndez, Y; Palencia, J; Hernández, P; Hernández, E; Beltrám, J. 2013. Reacción de genotipos de ñame (*Dioscorea* spp) a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Revista Temas Agrarios*. vol. 18, núm. 1. 4-40. (en línea). Consultado el 6 de sept 2017. Disponible en: <http://132.248.9.34/hevila/Temasagrarios/2013/vol18/no1/3.pdf>

Mendieta López, Marcia. Rocha Molina, Raúl. (2007) *Sistemas Agroforestales*. Managua. Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 30 p.

Mogollón, J., A. Martínez y D. Torres. 2016. Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro*, 28 (1): 29-36.

MADR, Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural. (2021). Cadena Productiva del Ñame. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, Marzo de 2021. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales%20%C3%B1ame.pdf>. Montaldo, A. (1991). Sistema productivo de raíces y tubérculos tropicales. Lima: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA., p. 91-127.

Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibl, B. 2015. *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/189933518.pdf>

Moreno, F., Martínez, A., y Mesa, R., 2012. Guía práctica para el manejo orgánico de cultivo de ñame tipo exportación. Documento de compilación. Fundación Swissaid, Asomuprosan y Fundación Procaribe. Página web revisada 4-25-2022. https://www.swissaid.org.co/sites/default/files/Cartilla%2B%C3%91ame_Julio%2B2012.pdf

Munévar, F. 2004. Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas. Revista Palmas, 25 (No. Especial): 171-178.

Naranjo Zúñiga, V.R. 2018. Evaluación del efecto de diferentes manejos de nutrición y sombra sobre la resistencia fisiológica de la planta de café (*Coffea arabica*) a la roya (*Hemileia vastatrix*), en discos de hoja en condiciones controladas de laboratorio. Tesis como requisito para optar por el grado de Magister Scientiae en Agroforestería y Agricultura Sostenible, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, 82 pp.

Onwueme, I. C. (1975). Tuber formation in yam (*Dioscorea* spp.): effect of moisture stress; contribution of the parent sett. J. Agric. Sci. Camb. 85: 267-269.

Oliveira, A; Castro, J., & Vasconcelos, S. 2011. Implementation of backyard urban agroforestry in semi-arid regions, Conceição do Coité, Bahia. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE – 12 a 16/12/2011. Disponible en: <https://n9.cl/7w8t6>. Consulta: septiembre 17 del 2021.

Pavón, J., Madero, E., & Amézquita, E. (2010). Susceptibilidad del suelo a la degradación en parcelas con manejo agroforestal Quesungual en Nicaragua. Acta agronómica. 59 (1), 46-55.

Paz-Lago, D., A. Borges JR, A. Gutiérrez, A. Borges and M. A. Ramirez. 2000. Tomato-Fusarium oxysporum interactions: II-Chitosan and MSB induced resistance against FOL in young tomato plants. Cultivos Tropicales, 21 (4): 17-20.

Perea, J., García, A., Acero, R., Peña, F., y Gómez, G. (2000). *Efecto de un suplemento con humus sobre el crecimiento y digestibilidad y eficiencia nutricional en el caracol*. España: Universidad de Córdoba.

Procaribe, 2014. Guía práctica para el manejo orgánico de cultivo de ñame tipo exportación. Fundación Procaribe. Compilación. Revisado 20-09-2020 en https://www.swissaid.org.co/sites/default/files/Cartilla%2B%C3%91ame_Julio%2B2012.pdf.

Pinzón, Y. 2014. Caracterización morfológica y molecular de Colletotrichum gloeosporioides aislado de ñame (Dioscorea spp.) y establecimiento de una escala de virulencia para su caracterización patogénica. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. (en línea). Consultado el 22 de septiembre del 2017. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/39705/1/1026251587.2014.pdf>

Rajyalakshmi, P. y Geervani, P. 1999. Nutritive value of the foods cultivated and consumed by ther tribals of South India. Plant Foods for Human Nutrition, 1999, vol. 46, p. 53-61.

Radhakrishnan, B., Ranjit Kumar, Q. Ganapathy, M. N. K. and Hudson, J.B. 2006. Effect of conventional, organic and biodynamic farming systems in tea. J. Plantation Crops, 34: 330- 333.

Ramesh, P., Panwar, N.R., Singh, A.B., Ramana, S., Yadav, S.K., Shrivastava, R. and Subha Rao, A. 2010. Status of organic farming in India. *Curr. Sci.*, 98: 1190-1194.

Ramírez, G. (1998). Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo del frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Costa Rica*, (9), 69-73.

Reina, Y. (2012). *Documentos sobre economía regional: el cultivo de ñame en el Caribe colombiano*. Cartagena: Banco de la República.

Rengifo E. G. A., Palencia C. G. E., Mantilla B. J., Guiza P. O., Castilla C., León E. M. 2012. Estimación de la pérdida de suelo por erosión en sistemas agroforestales. *Revista Suelos ecuatoriales*. Volumen 42. Número 1. Páginas 5. Editor Soil Science Society of Colombia.

Reyes Pérez, Juan José, Luna Murillo, Ricardo Augusto, Reyes Bermeo, Mariana del Rocío, Zambrano Burgos, Darwin, & Vázquez Morán, Vicente Francisco. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum L.*) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 44(4), 88-94. Recuperado en 27 de septiembre de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000400013&lng=es&tlng=es.

Rodríguez, W. (1994). Las raíces y tubérculos tropicales como alternativa de producción en Costa Rica. *Boletín Técnico de la Estación Experimental Fabio Baudrit* 27 (1): 67-79.

Ruiz, E. (2003). Severidad del complejo de enfermedades foliares en el cultivo de ñame (*Dioscorea alata* L.) En diferentes densidades de siembra y soportes vivos de madera negra [*Gliricidia sepium* (jacq.) Walp] y su rentabilidad en azuero. Panamá.

Sanabria, G. (2017). Progreso tecnológico y divergencias regionales: evidencia para Colombia (1980-2010). *Investigaciones Regionales-Journal of Regional Research*, (38), 7-25.

Sánchez López, Diana & Luna Castellanos, Lily & Montes, Amaury & Cadena, Jorge. (2021). Yield response of yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) to inoculation with *Azotobacter* and nitrogen chemical fertilization in the Caribbean region of Colombia. 47. 61-70.

Sánchez-López, D.S., Cadena-Torres, J., Tapia-Coronado, J.J. Espinosa Carvajal, M.R., Espitia-Montes, A.A., Luna-Castellanos, L. L., Díaz-Cabadiaz, Rodríguez-Pinto, M.D.V., Regino-Hernández, M.S., Pernet-Peña D.S. (2020). Desarrollo de tecnologías para el manejo y producción de semillas de calidad para mejorar la uniformidad y productividad del cultivo ñame de la región Caribe. FASE II. AGROSAVIA. Pg 80.

Sánchez, E.; Mejía, R. (2011). “Finca montemariana: una alternativa de producción sostenible en la región”, Los Montes de María: región, conflicto armado y desarrollo productivo, (Amaranto Daniel y Alfonso Múnera, editores), Cartagena: Universidad de Cartagena, Instituto Internacional de Estudios del Caribe.

Sieiro-Miranda G., González, A., Rodríguez., E, Rodríguez., M. 2020. Efecto de los macroelementos primarios en la susceptibilidad a enfermedades. Centro de Investigaciones Agropecuarias Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas Centro Agrícola. Vol.47, No.3, julio-septiembre, 66-74, 2020 CF: cag083202276 , CIAP, UCLV, 2020 | RNPS 2153 | ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001.

Stockdale, E.A., Lampkin. N. H., Hovi, M., Keating, R., Lennartsson, E. K. M., Macdonald, D. W., Pade, I S., Tattersall, F. H., Wolfe, M.S. and Watson, C. A. (2001).

Agronomic and environmental implications of organic farming systems. Adv. Agron., 70: 261- 327.

TRIDGE. (2022). Resumen del mercado mundial de ñame. Inteligencia de mercados. Disponible en: <https://www.tridge.com/es/intelligences/yam>

Universidad Nacional de Colombia. (2010). Foro de Extensión. Investigación Participativa. Programa sobre el cultivo de ñame en la Costa Atlántica Colombiana.

UNCCD (2001) Informe Final de la VII Reunión Regional de los Países de América Latina y el Caribe sobre la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación y la Sequía. La Serena, Chile. 48 pp. www.unccd.int/regional/lac/meetings/regional/7thregionalconf/report-spa.pdf.

USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). (2017). “Implementación de arreglos agro-forestales que favorezcan la conectividad ecológica, así como la provisión de servicios ecosistémicos y el fortalecimiento de las cadenas de valor de cacao y caucho de los productores de Belén de los Andaquíes, San José del Fragua y Albania, Departamento del Caquetá”. Disponible en: <https://n9.cl/imnel>.

Vallejo, V., Z. Arbeli, W. Terán, N. Lorenz, R. Dick y F. Roldan. 2012. Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in intensive silvopastoral systems of Colombia. Agriculture, Ecosystems & Environment 150: 139-148.

Vallejo, Victoria Eugenia, Afanador, Laura Natali, Hernández, Mayra Alejandra, & Parra, Diana Carolina. (2018). Efecto de la implementación de diferentes sistemas agrícolas sobre

la calidad del suelo en el municipio de Cachipay, Cundinamarca, Colombia. *Bioagro*, 30(1), 27-38. pp.27-38. ISSN 1316-3361. Recuperado en 06 de mayo de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100003&lng=es&tlng=es.

Vargas, O. (2008). Estrategias para la Restauración Ecológica en el bosque alto andino. Bogotá: Universidad Nacional.