

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ”
CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL LAJAS
CARRERA DE AGRONOMÍA

Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero agrónomo

Título: Efecto de la aplicación de fertilizante orgánico y Microorganismos eficientes, en el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas*, (L.) Lam), en la finca “La Tinaja”

Autor: Suleimy Castellón Herrera

Tutor: Ing. Raúl Molina Amoroso

Consultante: MSc. José Ramón Mesa Reinardo

2022

RESUMEN

El estudio se desarrolló en la finca “La Tinaja”, municipio Santa Isabel de las Lajas, provincia Cienfuegos, sobre un suelo Pardo con Carbonatos Típico, durante el período comprendido entre febrero y junio de 2018, correspondiente a la campaña de frío, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de fertilizante orgánico y Microorganismos eficientes, sobre los indicadores morfológicos y componentes de rendimiento del cultivo del boniato, variedad INIVIT B 27-2017. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cinco réplicas con un área total de 562,50 m². Como fuente de materia orgánica se utilizó estiércol vacuno descompuesto (0,5 kg.planta) aplicado en el fondo del surco al momento de levantar el cantero y microorganismos eficientes ME-50 (10L.ha) en tres aplicaciones del biopreparado a partir del décimo día de plantado, con una frecuencia semanal. Fueron evaluados indicadores morfológicos y componentes de rendimiento en 10 plantas por parcela, para un total de 250 plantas. Se determinó factibilidad económica del empleo de las alternativas de fertilización evaluadas. Al analizar los resultados se determinó que los tratamientos evaluados superan estadísticamente al Control, resultando el mejor, la aplicación del biopreparado ME-50.

Palabras claves: *Fertilización; Rendimiento; Factibilidad.*

ABSTRACT

The study was carried out on the "La Tinaja" farm, Santa Isabel de las Lajas municipality, Cienfuegos province, on a Brown soil with Typical Carbonates, during the period between February and June 2018, corresponding to the cold season, with the objective of evaluating the effect of the application of organic fertilizer and efficient Microorganisms, on the morphological indicators and yield components of the sweet potato crop, variety INIVIT B 27-2017. A randomized block experimental design was used with five treatments and five replicates with a total area of 562.50 m². Decomposed bovine manure (0.5 kg.plant) applied to the bottom of the furrow at the time of raising the bed and efficient microorganisms ME-50 (10L.ha) were used as a source of organic matter in three applications of the biopreparation from the tenth planting day, with a weekly frequency. Morphological indicators and yield components were evaluated in 10 plants per plot, for a total of 250 plants. The economic feasibility of using the evaluated fertilization alternatives was determined. When analyzing the results, it was determined that the evaluated treatments statistically surpass the Control, being the best, the application of the ME-50 biopreparation.

Keywords: *Fertilization; Performance; Feasibility.*

El futuro de nuestra Patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que más estamos sembrando...

Fidel Castro

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
--------------------	---

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
1.1. Generalidades del cultivo.....	6
1.1.1. Origen y distribución	6
1.1.2. Importancia, usos y características nutricionales del cultivo.....	6
1.2. Sistemática y descripción del cultivo.....	8
1.2.1. Ubicación taxonómica	8
1.3. Características botánicas.....	8
1.4. Comportamiento del cultivo en Cuba	11
1.4.1. Descripción de clones comerciales.....	12
1.4.1.1. Parentales y pedrigree clon INIVIT B 27-2017.....	13
1.5. Requerimientos edafoclimáticas.....	14
1.6. Requerimientos nutricionales	15
1.6.1. Sistema de fertilización para el cultivo.....	16
1.7. Abonos Orgánicos.....	17
1.7.1. Generalidades de los abonos orgánicos.....	17
1.7.2. Principales abonos orgánicos	19
1.7.3. Los abonos orgánicos y el suelo.	20
1.7.4. Estiércol animal	20
1.8. Los Microorganismos Eficientes.....	21
1.8.1. Generalidades de los Microorganismos eficientes	21
1.8.2. Funciones y composición de los Microorganismos eficientes	22
1.8.2.1. Bacterias fotosintéticas o foto trópicas.....	23

1.8.2.2. Bacterias ácido-lácticas	23
1.8.2.3. Levaduras	23
1.8.2.4. Actinomicetos.....	24
1.8.2.5. Hongos de fermentación	24
1.8.3. Los Microorganismos eficientes (ME) y la Agricultura	24
1.8.3.1. Ventajas del uso de los ME.....	25
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
2.1. Generalidades del trabajo	25
2.1.1. Ubicación del ensayo.....	25
2. 1. 2. Material de siembra y montaje	26
2.1.3. Diseño experimental y manejo agronómico	26
2.1. 4. Caracterización del Agroecosistema	28
2.2. Efecto de la aplicación de abono orgánico, Microorganismos eficientes y la combinación de ambos, sobre los Indicadores morfológicos.....	29
2.2.1. Indicadores morfológicos evaluados.....	29
2. 3. Efecto de la aplicación de abono orgánico, Microorganismos eficientes y la combinación de ambos, sobre los componentes del rendimiento	30
2. 3.1 Componentes del rendimiento. Variables productivas evaluadas.....	30
2.4. Evaluación de la factibilidad económica del efecto de las alternativas orgánicas en las parcelas ..	30
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
3.1. Caracterización del agro ecosistema.....	32
3.1.1. Elementos de diseño y localización geográfica	32

3.1.2. Suelos	34
3.1.3. Características climáticas	35
3.1.4. Características de la fuente de abasto. Calidad del agua.....	36
3.1.5. Caracterización socioeconómica	36
3.1.5.1. Recursos humanos	36
3.1.6. Factor social.....	37
3.2. Efecto de las alternativas de nutrición evaluadas sobre los indicadores morfológicos en la campaña de frio.....	37
3.2.1. Efecto sobre el porcentaje de brotación de los esquejes	37
3.2.2. Efecto sobre la longitud del tallo aéreo	39
3.2.3. Efecto sobre el número de tallos por plantas	41
3.2.4. Efecto sobre la masa verde del follaje.....	42
3.2.5. Efecto sobre la cobertura del campo por el follaje	44
3.3. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficientes sobre los componentes del rendimiento en la campaña de frio	45
3.3.1. Efecto sobre el número de raíces tuberosas comerciales por planta	45
3.3.2. Efecto sobre el peso de las raíces tuberosas comerciales por planta.....	46
3.3.3. Rendimiento	48
3.3.4. Afectaciones por Tetuán del boniato (<i>Cylas formicarius</i> F)	51
3.4. Evaluación de la factibilidad económica del efecto de las alternativas orgánicas empleadas	52
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	56

BIBLIOGRAFÍA..... 57

ANEXOS 69

INTRODUCCIÓN

El boniato (*Ipomoea batatas*, (L.) Lam), tubérculo originario de América y constituye el séptimo cultivo alimentario en orden de importancia a nivel mundial después del trigo (*Triticum durum* L.), el arroz (*Oriza sativa* L.), el maíz (*Zea mays*), la papa (*Solanum tuberosum*), la cebada (*Hordeum vulgare*) y la yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ) (Centro internacional de la Papa (CIP), 2013, p.2).

Aunque el centro exacto del origen del boniato no se conoce aún, se reconoce cada vez más y con certeza su origen americano, “el boniato pudo haber evolucionado por separado en América Central (incluido el Caribe) y América del Sur (Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú) mediante autoploidización de distintas poblaciones de *Ipomoea trifida* o un pariente cercano” (Morales *et al.*, 2017, p. 3 y 4). “Se postula que éste estaría en la zona de Yucatán (México) o en los territorios actuales de Perú y Ecuador”.

Al consultar la Base de datos agrícolas de Cultivos y productos de ganadería de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT) para el 2019, se constató que la producción total de boniato en el mundo, excede los 91 millones 470 mil toneladas, con una superficie cosechada de 7 768 870 ha, para un rendimiento de 12,38 t.ha⁻¹, donde China es el mayor productor mundial con 51 793 916 t y un rendimiento de 21,96 t.ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019), mientras que Cuba según datos de la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) alcanzó en el 2019 un rendimiento de 11,00 t.ha⁻¹, con una superficie cosechada de 43 985 ha y una producción de 484 053 t, lo que constituye el 28,96 % del total de raíces y tubérculos producidos en el año (ONEI, 2020a, p. 25).

Evidentemente, los rendimientos promedios registrados oficialmente en Cuba, son bajos, cuando se comparan con otros países como China 22,96 t.ha⁻¹, Estados Unidos 24.4 t.ha⁻¹ o Australia 36.4 t.ha⁻¹ y se atribuye esta situación a diferentes causas, como la carencia de irrigación y fertilizantes, el uso de material de propagación con baja calidad, plantación deficiente; pérdidas por plagas como el Tetuán del boniato (*Cylas formicarius* Fab) y Negrito de la batata (*Typophorus nigritus* Fabricius) e inadecuada cosecha, entre otras causas (Rodríguez *et al.*, 2015, p. 39).

No obstante, desde 1972 en Cuba se desarrollan los Programas de Mejoramiento Genético del boniato, liderados por el Instituto Nacional de Viandas Tropicales (INIVIT) que tienen como objetivos, incrementar el rendimiento de raíces tuberosas, precocidad del tubérculo, rico en masa seca, β -caroteno y antocianinas, resistencia a Tetuán del boniato, tolerancia a sequía y otros aspectos (Morales, 2014, p. 10).

Este Instituto ha hecho aportes importantes en el mejoramiento genético del cultivo a través de la obtención, evaluación y recomendación de nuevos cultivares que han satisfecho las necesidades de los agricultores y consumidores, al poder disponer de clones de pulpa blanca, crema, anaranjada y morada, con un rendimiento potencial entre (45 y 50 t.ha⁻¹) (Morales *et al.*, 2016, p.1).

Según Castillo *et al.* (2014) y Rodríguez *et al.* (2018), entre los años 2010 al 2016, a través de cruzamientos, se logró obtener un genotipo de alto contenido de beta caroteno, rendimiento de raíces tuberosas y estabilidad fenotípica, el nuevo cultivar “INIVIT B 27-2017 “, con un ciclo de cosecha de 120 días y un potencial de rendimiento de 47,0 t.ha⁻¹. (p. 109).

De manera particular para Cienfuegos, en el propio año 2019, plantó una superficie de 7 773,8 ha, produciéndose un total de 65 472,3 t de boniato, para un rendimiento agrícola de 8,4 t.ha⁻¹ (ONEI, 2020b, p. 25) y en el municipio Santa Isabel de las Lajas se plantaron 19,2 ha, con una producción agrícola de 3,5 t y un rendimiento estimado de 1,2 t.ha⁻¹ (ONEI, 2020c, pp.55-66), comparativamente, aún mucho menor que los resultados de la nación y la provincia.

Esta problemática se inscribe en un contexto actual en el que existe la tendencia de ir hacia una agricultura sostenible, minimizando al máximo el uso de los productos químicos fertilizantes (Nitratos de sodio, Amoníaco, Urea) y pesticidas (Triazol, Carbamato, Piretroides), los que cada día son más costosos y desequilibran el ambiente, además de causar daños directamente a la salud animal y humana (Corbera & Núñez, 2014, p.1).

Como es sabido, la base de todo sistema agrícola sostenible es un suelo fértil y saludable; debido a esto el recurso edafológico junto con el hídrico, son fundamentales para hacer frente al reto de mejorar la seguridad alimentaria a todos los niveles.

Por lo que se busca cambiar este tipo de agricultura a una forma más sostenible, donde un elemento importante para mantener la estabilidad de la productividad de los sistemas agrícolas, es la diversidad biológica del suelo, en el que los microorganismos juegan un papel importante, con la descomposición y la fermentación de la materia orgánica, al generar sustancias útiles para las plantas (Fujita, 2015, p. 390).

Diversos son los usos de productos naturales que potencian el manejo ecológico de los agroecosistemas, por ejemplo, los bioplaguicidas (Thurisav, Nicosave), los biofertilizantes (Micorrizas, Azotobacter, Fosforina) y bioestimulantes; en este último grupo están los brasinoesteroides y FitoMas E y otros, los que poseen una fuerte actividad biológica y permiten a las plantas superar las situaciones de estrés provocadas por las condiciones adversas del medio, lo que favorece su crecimiento y desarrollo, así como, el rendimiento (Alfonso & Núñez, 2011, p.1).

Otra de las tecnologías utilizadas en el manejo y conservación de los suelos en el mundo, son los llamados Microorganismos eficientes (ME) o efectivos, como también se les llama, desarrollados por el Profesor Dr. *Teruo Higa*, en la Universidad de *Ryukyus, Okinawa, Japón*. Teóricamente este producto comercial, se encuentra conformado esencialmente por cinco diferentes grupos microbianos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, actinomicetos y hongos de fermentación, los cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según plantean sus promotores (Morocho & Leyva, 2019, p. 3).

El aporte de esta tecnología, radica en lo fundamental, en la introducción de microorganismos benéficos para la mejora de las condiciones físicas y químicas del suelo; según el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) citado por Toalombo (2012), a través de los efectos antioxidantes, los ME promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) y Carbono-Nitrógeno (CN). Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción. (p. 7).

La aplicación de abono orgánico en el suelo debe ser una práctica permanente, pensando no solamente en incrementar el porcentaje de materia orgánica o en alimentar a los microorganismos del suelo, sino también, en los diversos beneficios que aporta (Román *et al.*, 2013, p.20), entre ellos, se pueden señalar: mejora de la actividad biológica; especialmente con aquellos organismos que convierten abono orgánico en nutrientes disponibles para los cultivos, mejora la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad, aumenta la porosidad lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos, mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo y ayuda a liberar nutrientes para las plantas.

La finca “La Tinaja” en el municipio de Santa Isabel de las Lajas, posee un suelo Pardo con Carbonatos Típico, con un potencial productivo bajo, por haberse dedicado durante muchos años a la explotación intensiva del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum ssp.*); el rendimiento del cultivo del boniato alcanza valores por debajo de 4,0 t.ha⁻¹, inciden directamente las condiciones del suelo, la agrotecnia del cultivo y el manejo inadecuado de la nutrición, por no utilizarse alternativas orgánicas, que permitan elevar la productividad y el rendimiento, unido al desconocimiento de la utilización y aplicación eficiente de Abono orgánico y Microorganismos eficientes como vía para elevar los indicadores expuestos anteriormente (R. Molina, comunicación personal, 3 de diciembre de 2018).

Problema Científico

¿Cuál será el efecto de la aplicación de fertilizante orgánico y Microorganismos eficientes sobre los indicadores morfológicos y componentes de rendimiento del cultivo del boniato en la finca “La Tinaja”?

Hipótesis

La aplicación de fertilizante orgánico y Microorganismos eficientes, elevará el crecimiento y desarrollo del cultivo, los rendimientos agrícolas y con ello, los indicadores económicos del sistema productivo en la finca “La Tinaja”.

Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de fertilizante orgánico y Microorganismos eficientes, sobre los indicadores morfológicos y componentes de rendimiento del cultivo del boniato en la finca “La Tinaja”.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el Agroecosistema de la finca “La Tinaja”, del municipio Santa Isabel de las Lajas.
2. Evaluar el efecto de la aplicación de abono orgánico, microorganismos eficientes y la combinación de ambos, sobre los indicadores morfológicos y componentes del rendimiento en el cultivo en la finca.
3. Determinar la factibilidad económica del empleo de las alternativas a evaluar.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades del cultivo

1.1.1. Origen y distribución

El boniato, también conocido como camote, batata o papa dulce es uno de los cultivos más conocidos en el mundo, según *Yang et al. (2017)*, el origen del boniato cultivado comenzó con un cruce inicial entre un progenitor tetraploide y otro diploide, seguido de un segundo evento de duplicación del genoma completo, ocurrido hace aproximadamente 341 000 años. El progenitor diploide de *Ipomoea batatas* es también el probable ancestro de *Ipomoea trifida* moderna, aunque el progenitor tetraploide es todavía desconocido. (p. 125).

Según lo expuesto por *Morales et al. (2017)* “aunque el centro exacto del origen del cultivo no se conoce aún, se reconoce cada vez más y con más certeza su origen americano” (p. 4). “Se postula que éste estaría en la zona de Yucatán (México) o en los territorios actuales de Perú y Ecuador, es una de las primeras plantas en ser domesticadas por el hombre: hay evidencias de restos de “boniatos” en el Perú de 8 000 a 10 000 años atrás” (*Martí et al., 2014, p. 8*).

En América se cultiva desde la época precolombina, debido a su naturaleza rústica, amplia adaptabilidad y a las cualidades agronómicas de este cultivo, que hacen que sea muy tolerante a las condiciones climáticas, necesita poco requerimiento nutritivo para su crecimiento y presenta un ciclo vegetativo corto, lo cual ha propiciado su extensión, especialmente en países en vía de desarrollo y zonas tropicales (*Díaz, 2012, p.4*).

1.1.2. Importancia, usos y características nutricionales del cultivo

Por cantidad producida, el boniato es el séptimo cultivo en importancia mundial, se cultiva en 111 países tropicales, subtropicales o simplemente de clima templado, la mayoría de ellos son países en desarrollo y entre los cultivos «de raíz» solo la patata le supera en importancia económica (*Gómez, 2017, p. 78*).

Además, como alimento, contiene un valor energético (115 cal/100 g, mayor que la papa), gracias a su contenido de almidón, es una fuente importante de elementos nutritivos como

las vitaminas A, B1 y C, niacina y riboflavina, además de elementos minerales, especialmente potasio (Gómez, 2017, p. 76).

Tabla 1. Composición química y valor energético del boniato. Valores por 100 g

Componente	Contenido
Energía (kcal)	115,00
Agua (g)	70,50
Ceniza (g)	3,39
Hidrato de carbono (g)	24,10
Fibra (g)	3,14
Proteínas (g)	2,34
Grasa (g)	0,12
Sólido soluble (°Brix)	11,66
Provitamina A(μg)	655,00
Ácido fólico(μg)	17,00
Tiamina (mg)	0,17
Ácido ascórbico (mg)	25,00
Carotenoides (μg)	3930,00
Almidón b.h (g)	38,60
Amilasab.s (g) 2	23,60
Amilopectinab.s (g)	63,00

Fuente: *Dickison et al.* (2020, p. 6 y 5)

Por su parte, Cusumano y Zamudio (2013), opinan que se pueden aprovechar las raíces tuberosas y el follaje, si bien las raíces son más completas nutricionalmente para la dieta,

el follaje contiene más proteína de alta calidad que las raíces, lo que le da una ventaja adicional para la alimentación familiar; por su contenido en fibras suaves y cortas, se considera de sumo valor por nutricionistas y que además, ayudan a una buena digestión. (p. 4 y 6).

Flórez *et al.*(2016), considera que sus características como cultivo de gran rusticidad, posibilita la adaptación a terrenos marginales, un mínimo requerimiento de agroquímicos, fácil propagación y alta producción de energía/hectárea/día, por ello, la especie se adapta a espacios reducidos, acepta perfectamente las rotaciones con los principales cultivos y se considera un producto promisorio en proyectos de energías alternativas (biocombustibles) y alimentación animal (especies con potencial forrajero). (p. 16).

1.2. Sistemática y descripción del cultivo

1.2.1. Ubicación taxonómica

La ubicación taxonómica del boniato, según Pagalo *et al.*, (2010), es la siguiente:

Tabla 2. Ubicación taxonómica

Categoría	Ubicación
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Convolvulaceae</i>
Tribu	<i>Ipomeae</i>
Género	<i>Ipomoea</i>
Especie	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.

Fuente: Pagalo *et al.* (2010)

1.3. Características botánicas

El boniato es una especie hexaploide ($2n=6x=90$, $x=15$), con un alto grado de polimorfismo genético (Grüneberg *et al.*, 2015, p. 68; Morales *et al.*, 2017, p. 2). Existen 13 especies silvestres dentro de la sección, estrechamente relacionadas a *Ipomoea batatas* (Austin, 1978; 1979). Posee generalmente una alta variabilidad genética, que se distingue fácilmente sobre la base de los caracteres morfológicos. (Acheampong, 2012, p. 72; Morales *et al.*, 2017, p. 2).

El boniato es una planta perenne que se propaga vegetativamente y se cultiva como planta anual. Debido a que no tiene una madurez definida, puede cosecharse siguiendo períodos de cultivo de duración ampliamente variable. La planta es por lo general de hábito rastrero con tallos que se extienden horizontalmente sobre el suelo, desarrollando un follaje relativamente bajo. Se pueden diferenciar cuatro tipos de plantas: erecta, semierecta, extendida y muy extendida (Cusumano & Zamudio, 2013, p. 1).

Los tallos, se expanden de manera horizontal sobre el suelo, son cilíndricos y de longitud variable, de acuerdo al cultivar y condiciones ambientales, generalmente tienen entre 50 cm y 2 m de longitud, aunque hay casos en que pueden llegar a 5 m, el color predominantemente es el verde, también pueden ser morados. Los entrenudos son de longitud variable, desde unos pocos centímetros, hasta 10 cm. Presentan casi siempre, ramificaciones primarias, secundarias y terciarias. El número total de ramificaciones varía entre tres y treinta, en dependencia del material genético y el ambiente (Martí *et al.*, 2014, p.8).

Las hojas “encargadas de la fotosíntesis, son muy numerosas, simples, alternas, insertadas aisladamente en el tallo, sin vaina, con pecíolo largo, de hasta 20 cm, y coloración y vellosoidad semejante al tallo. Limbo ligeramente muy desarrollado, palminervias, con nervios de color verde o morado. La forma de limbo es generalmente acorazonada (aunque hay variedades con hojas enteras, hendidas y muy lobuladas) (Lago, 2011, p.10).

En este sentido Martí *et al.* (2014) señala, que la gran diversidad de formas de la hoja, incluso dentro de una misma planta, en algunas cultivares, está en dependencia del desarrollo de la planta, cuya cantidad por planta varía entre 60 y 300. Básicamente se

reconocen siete formas de hoja: redondeada, reniforme (forma de riñón), cordada (forma de corazón), triangular, hasta (con tres lóbulos con el centro en forma de lanza con los lóbulos basales más o menos divergentes), lobulada, y casi dividida. El color predominante es verde en sus distintas tonalidades, aun cuando muchos cultivares presentan las hojas jóvenes, de color morado; la caída de estas es normal (la planta pierde aproximadamente el 50% de sus hojas), pero antes de caer, parte de los nutrientes son re-movilizados de las hojas, de manera que disminuye el peso específico de ellas, el que varía entre dos y cuatro g.cm². (p. 8 y 9).

El sistema radicular es la parte más importante de la planta, por lo que constituye el objeto principal del cultivo (Lago, 2011, p.9; Martí *et al.*, (2014); consiste básicamente en tres tipos de raíces:

- Fibrosas o finas.
- Levemente engrosadas o tipo lápiz.
- Reservantes tuberosas, que son las batatas.

Las fibrosas son las que primero aparecen, son finas, muy ramificadas y tetrarcas en el ordenamiento de los tejidos, con elementos xilemáticos, ocupando el centro de la raíz, estas raíces cumplen la función de absorción de agua y nutrientes, no tienen potencial de convertirse en reservantes.

Las raíces levemente engrosadas o tipo lápiz, son pentarcas, hexarcas o heptarcas en estructura, y con la región central ocupada por tejido parenquimatoso, las que si bien muestran cierto tipo de engrosamiento, y potencialmente podrían haberse convertido en reservantes, por factores ambientales como exceso de nitrógeno, falta de oxígeno o temperaturas inadecuadas, no se desarrollan como tales.

Las raíces reservantes tienen inicialmente la misma estructura que las raíces tipo lápiz, pero luego, si las condiciones son favorables, engrosan hasta formar los boniatos. Ese engrosamiento se debe a la acción de un cambium anómalo que aparece alrededor de los vasos xilemáticos, y que genera tejido parenquimatoso rico en almidón, de esa manera quedan los vasos xilemáticos dispersos en la masa de parénquima. (p. 9)

El número de raíces fibrosas que se desarrollan en raíces tuberosas, determina el rendimiento del boniato, según Cusumano y Zamudio (2013). La superficie de las raíces

reservantes generalmente es lisa, pero algunos cultivares muestran defectos tales como: piel de cocodrilo, venas prominentes, constricciones horizontales y hendiduras longitudinales o surcos. El color de la carne de la raíz tuberosa varía de blanco, crema, amarillo a naranja y morado oscuro dependiendo del pigmento presente en el cultivar. En el boniato de masa naranja, el principal carotenoide presente es el β -caroteno, por lo tanto, las raíces tuberosas de color naranja son una fuente barata y complementaria de pro-vitamina A (Martí *et al.*, 2014, p. 10). El peso de los tubérculos puede variar desde 200-300 gramos hasta 6 kilogramos.

Sus flores se abren al alba o poco después y comienzan a cerrarse al comenzar la noche, dependiendo de las condiciones ambientales, se encuentran agrupadas en inflorescencias del tipo de cima bípara, con raquis de hasta 20 centímetros de longitud, de forma acampanada y presentan colores que varían de un verde pálido hasta un púrpura oscuro (Cusumano & Zamudio, 2013, p. 3).

El fruto es una pequeña cápsula redondeada de aproximadamente tres a siete milímetros de diámetro, cada cápsula contiene de uno a cuatro pequeñas semillas y cada una tiene entre dos a cuatro milímetros de diámetro, de forma irregular a redondeadas, negras a marrones y el peso de mil semillas varía entre 20 a 25 gramos (Cusumano & Zamudio, 2013, p. 4-10).

1.4. Comportamiento del cultivo en Cuba

Es un cultivo extendido por toda Cuba, se plantan alrededor de 60 000 hectáreas anualmente, con el 75 % en época de primavera (mayo- octubre) y el resto en época de invierno (noviembre – abril), el uso de clones en cada región, obedece a estudios de interacción genotipo - ambiente, llevado a cabo por el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) en coordinación con entidades productivas de esas zonas, (Díaz, 2012, p. 12).

A partir de 1967 con la creación del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), el que tiene entre sus objetivos, dar continuidad al Fito Mejoramiento Genético con vistas a obtener, seleccionar e introducir clones con elevado potencial productivo, calidad culinaria y a su vez, tolerantes a plagas.

Diferentes cultivares se siembran en el país durante todo el año, predominando los de masa blanca o amarilla, en correspondencia con las preferencias de consumo local de esta vianda. La existencia de una amplia base genética de boniato, conservada y custodiada en el instituto, permitió un exitoso desarrollo de este cultivo (Morales *et al.*, 2016, p. 28; 2017, p. 188).

Entre las raíces y tubérculos que son fuente de carbohidratos, se encuentra el boniato, considerado como uno de los cultivos alimenticios más importantes, conjuntamente con la yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ), con la que comparte magnitudes similares de áreas de siembra y volúmenes de producción. Su utilización está por encima de la malanga (*Xanthosoma spp.*) (Castellón, 2010, p. 4).

1.4.1. Descripción de clones comerciales

La modificación que manifiesta el clima, respecto a su historial a escala mundial y en particular al caso de Cuba, tales como: intensas sequías e incremento de la temperatura, genera una mayor virulencia de las plagas, lo que hace necesario la introducción de clones mejor adaptados; una de esas características es la precocidad, pues mientras más rápido se alcance la producción, menor será el riesgo de exposición en el campo (Morales, 2014, p.10).

En consideración a todo ello, el uso de clones de boniato en Cuba, manifestó una evolución dinámica en los últimos 15 años, pues de clones cuyo ciclo excedía los seis meses de edad, se obtienen e introducen otros con ciclos de cuatro a cuatro meses y medio, logrando incorporar precocidad a los nuevos cultivares, así como, altos rendimientos y buena calidad culinaria (Rodríguez, 2015, p. 38 y 39).

Entre ellos destacan:

- INIVIT B 240-2006. Ciclo corto (de cuatro meses) con rendimientos potenciales superiores a las 51 t.ha⁻¹ en ese ciclo.
- INIVIT BS 16-2006. Ciclo de cosecha de 120 días, raíces tuberosas de color rojo intenso en su parte exterior y masa de color anaranjada. Posee 3,1 raíces tuberosas/planta potencial de rendimiento de 50 t.ha⁻¹.

- INIVIT B 23-2013: Ciclo corto de 120 días. La carne es de color crema, dulce y sin fibras. La piel es de color rojo claro, totalmente lisa, rendimiento presentado como media alrededor de 57 t.ha⁻¹ de raíces tuberosas.
- INIVIT B 65-2013. Ciclo de cosecha de 120 días, con un color rojo de la piel de la raíz tuberosa y amarillo pálido de la masa de la raíz tuberosa, rendimiento potencial de 65 t.ha⁻¹.
- INIVIT B90-2016: Ciclo de cosecha 120 días, color predominante de la piel de la raíz tuberosa: morado, color de la masa de la raíz tuberosa, rendimiento potencial:
51 t.ha⁻¹.

1.4.1.1. Parentales y pedigrree clon INIVIT B 27-2017

Como resultado de los trabajos investigativos que se desarrollaron en el INIVIT, entre los años 2010 al 2016 (Rodríguez *et al.*, 2018, p. 109), a través de cruzamientos recíprocos entre “los” cultivares (*Jewel* y *Resisto*) “de masa naranjada”, así como, retro cruces posteriores, se obtuvieron más de mil progenies a partir de las cuales, con una selección simultánea de caracteres independientes, se logró obtener un grupo de genotipos de alto contenido de beta caroteno, con alto rendimiento de raíces tuberosas y estabilidad fenotípica, entre los que se destacó el cultivar de boniato INIVIT B 27-2017. (p. 109), con las siguientes características:

- Ciclo de cosecha: 120 días.
- Circularidad de la hoja: 0,62.
- Color de las hojas joven: verde con tinte violáceo.
- Área promedio por foliolo: 112 cm².
- Follaje: Vigor medio.
- Grosor del tallo: Medio (4 a 6 mm de diámetro).
- Número de raíces tuberosas comerciales por planta: 3,1u.
- Color de la piel de las raíces tuberosas: rojo.
- Forma de las raíces tuberosas: ovoides.

- Piel: gruesa.
- Color de la pulpa de las raíces tuberosas: anaranjado.
- Luminosidad de la pulpa (L^*) = 72,1.
- Contenido del látex: Alto.
- Alta estabilidad genética en plantaciones durante todo el año.
- Materia seca en raíces tuberosas: 27,8 %.
- Potencial de rendimiento (4 meses): 47 t.ha⁻¹.
- Afectación por Tetuán (*Cylasformicarius* F.): Baja.

1.5. Requerimientos edafoclimáticas

El boniato es un cultivo muy rústico que se adapta a una amplia gama de situaciones ambientales, se debe en gran parte, a la cosecha es una raíz engrosada, que continúa creciendo si se dan las condiciones apropiadas, esto hace que no dependa de un punto de madurez óptimo para su cosecha y el boniato pueda “esperar” una lluvia o condiciones favorables de temperatura para seguir creciendo (Martí *et al.*, 2014, p. 12).

Para un óptimo rendimiento son importantes tanto las propiedades físicas como las químicas del suelo, dentro de las primeras, la estructura es fundamental, pues este cultivo necesita suelos bien oxigenados para que se formen las mismas, por su requerimiento de oxígeno, el boniato es poco tolerante al anegamiento y es un cultivo moderadamente sensible a la salinidad (Martí *et al.*, 2014, p. 12).

Corroboró Gómez (2017) que "los suelos muy pesados y de pobre aireación, retrasan la formación de raíces y reducen la producción, la planta es sensible a la salinidad y al sodio". (p. 62). El rango de pH debe ser entre cuatro puntos cinco y siete punto cinco, aunque hay diferencias entre variedades. La producción de raíces tuberosas es más afectada a pH extremos que el follaje, y a elevados niveles disminuye el contenido de materia seca, es tolerante a condiciones de baja fertilidad, sin embargo, responde favorablemente a la aplicación de fertilizantes (Morales, 2014, p. 10), de igual forma, debe presentar suficientes cantidades de nutrientes en formas asimilables que satisfagan sus necesidades.

La batata detiene su crecimiento a los 15°C y no sobrevive por debajo de 12°C, se desarrolla con facilidad desde los 15 hasta los 35°C, sin embargo, desde los 29°C se reduce su crecimiento radicular (Morales, 2014, p. 10), por eso no es recomendable implantar el cultivo con temperaturas de suelo por debajo de 14-16°C. Un suelo con temperaturas entre 20 y 30°C originan la formación de raíces tuberosas, mientras que a temperaturas de 15°C resulta el crecimiento de raíces fibrosas. Sin embargo, suelos con temperaturas mayores a 30°C promueven el crecimiento de la parte aérea y disminuyen el crecimiento de las batatas (Martí, 2014, p. 13 y 14).

Según lo planteado por Gómez (2017) “el boniato se desarrolla mejor con alta luminosidad, pero la floración y el engrosamiento de la raíz se inducen con días cortos”. (p. 62). La producción de raíces tuberosas se reduce significativamente por la sombra, no conviene asociar la batata con cultivos con los que compitan por la luz. Las hojas (sobre todo las apicales) se saturan a una intensidad lumínica de 30 k.lux (1/3 de la luz a pleno sol) (Morales, 2014, p. 10).

Se obtienen óptimos rendimientos con 750 a 1 000 mm de lluvia anuales, con 500 mm durante la estación de crecimiento. Los requerimientos óptimos de humedad se encuentran entre el 50 al 70 % de capacidad de campo. Tolera la sequía, pero la humedad es crítica en la plantación, porque en ese momento se define la iniciación de los primordios de raíces tuberosas y el número de batatas que tendrá la planta. El otro período crítico es al inicio de la tuberización (formación de la raíz de reserva). Un déficit de agua durante la tuberización afectará el tamaño, pero no el número de batatas de la planta (Martí, 2014, p. 14).

Este cultivo en las condiciones climáticas de Cuba, requiere de 480 a 780 mm de agua por ciclo productivo para dar rendimientos máximos. La evapotranspiración puede ser de 2,6 mm.día en los primeros 45 días (período crítico), 3,9 a 6,2 mm.día los siguientes 45 días y 2,5 mm.día los últimos 30 días (Morales, 2014, p. 11).

1.6. Requerimientos nutricionales

Desde el punto de vista químico el boniato no es exigente a condiciones de pH y fertilidad; produce rendimientos más que aceptables en suelos donde otros cultivos no prosperan a menos que se los fertilice, hay dos nutrientes claves en la nutrición del cultivo, el

Nitrógeno y Potasio. El exceso de N favorece el desarrollo de la parte aérea (la planta “se va en vicio”) en detrimento de las raíces, el K es necesario para el transporte de los fotosintatos que engrosarán las raíces y formarán las batatas, en general la relación entre K y N disponible debe ser de alrededor de 3:1 (Martí *et al.* 2014, p. 14).

1.6.1. Sistema de fertilización para el cultivo

Los requerimientos de fertilización del boniato, dependen del tipo de suelo local, condición previa del terreno y factores ambientales, se recomienda realizar un análisis de suelo por lote a plantar, para tomar decisiones correctas de fuentes y dosis de fertilizantes a utilizar (Cusumano & Zamudio, 2013, p. 25).

El INIVIT recomienda para las condiciones del cultivo en Cuba, aplicar una dosis de 1,20 t.ha⁻¹ de fórmula completa, fraccionado 50% en siembra y 50% a los 50-60 días de la plantación; a los 90 y 120 días se realizarán dos aplicaciones de urea al 46%, con una dosis de 0,30 t.ha⁻¹ cada una, en bandas y tapado. Las fórmulas completas a utilizar (en lo posible) deben tener una relación nutriente de 2:1:3 (N-P₂O₅-K₂O) (INIVIT, 2016, p. 4).

En contraposición a lo anterior, en el contexto de la producción agrícola cubana, el boniato se considera un cultivo de relevo, que aprovecha los excedentes de nutrientes del cultivo anterior, por lo que sólo se protegen con fertilizantes minerales alrededor del 30 % de las áreas que se siembran (INIVIT, 2012, p. 41), lo que determina que el manejo del cultivo debe incluir programas nutricionales integrados donde se implemente la compensación nutricional a través de enmiendas orgánicas, que permitan producir con los medios que se presenten, es así, que la aplicación de abonos orgánicos cobra un papel importante en la producción de boniato por las grandes ventajas que presenta en la biota del suelo y en la nutrición del cultivo (Simó *et al.*, 2018, p. 11).

Normalmente se realiza un abonado antes de la plantación o se complementa con el precedente del abono mineral que recibe del cultivo precedente. El boniato es exigente en potasio, poco en nitrógeno y materias orgánicas nitrogenadas y discreto en cuanto al fósforo, desde las experiencias de Lago (2011, p.18) una recomendación general podría ser: equilibrios 1:2:3 en dosis de 270 kg de elementos fertilizantes por hectárea; esto corresponde a 500 kg.ha⁻¹.

En cuanto al papel del potasio, este nutriente es imprescindible en la planta para el desarrollo de importantes procesos vitales, como el engrosamiento de las raíces tuberíferas. Los requerimientos de fósforo son menores cuantitativamente a las dosis de potasio y nitrógeno. No obstante, el fósforo parece incidir aumentando el peso promedio, así como la proporción de raíces comerciales (Cusumano & Zamudio, 2013, p. 26).

INIVIT (2008), indica que el fertilizante siempre debe taparse después de ser aplicado. Para las aplicaciones de urea o nitrato en plantaciones de primavera, deberá tenerse en cuenta la necesidad o no de su aplicación en base al desarrollo del follaje. Cuando exista mucho desarrollo foliar no se aplicará el nitrógeno, pues se corre el riesgo de que disminuya el rendimiento de raíces tuberosas a expensas de un excesivo desarrollo foliar. (p. 9).

Por su parte, el Instructivo Técnico para las raíces, rizomas, tubérculos, plátanos y bananos (INIVIT, 2016), refiere que cuando las cantidades de fertilizantes minerales de que se dispone, sean insuficientes para satisfacer la demanda de este cultivo y brindarle una adecuada protección; es necesaria la utilización de fuentes alternativas que se combinan con los fertilizantes minerales como los abonos orgánicos que se deben aplicar a razón de $0,5 \text{ kg.planta}^{-1}$ en el surco 15 t.ha^{-1} . Pueden utilizarse diferentes fuentes como compost, humus de lombriz, cachaza, gallinaza u otras que se disponga. (p. 5).

1.7. Abonos Orgánicos

Los abonos orgánicos según el Fondo para la Protección del Agua “son los que se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde y otros) que se utilizan en suelos agrícolas, con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos y bajos en elementos inorgánicos” (Fondo para la Protección del Agua (FONAG), 2010,p. 5).

1.7.1. Generalidades de los abonos orgánicos

“Antes de que aparecieran los fertilizantes químicos en sus diferentes formas”, señalan Gómez y Vásquez (2011, p. 10) “la única manera de abastecer los nutrientes en las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización

de abonos orgánicos”. FONAG (2010), coincide con lo planteado por Vásquez (2001) que abono orgánico es todo compuesto que está constituido por desechos de origen animal y vegetal que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. (p. 25).

Los terrenos cultivados sufren la pérdida de gran cantidad de nutrientes, lo que agota la materia orgánica del suelo; por esta razón se debe proceder, permanentemente, a restituir los nutrientes perdidos, siendo los abonos orgánicos como el estiércol animal u otro tipo de material orgánico del medio una buena opción a considerar (FONAG, 2010, p. 5).

Las cantidades y períodos de aplicación de abono refieren el Instituto Colombiano Agropecuario ICA (2015), dependen de las siguientes variables:

Del suelo:

- Porcentaje de materia orgánica del suelo.
- Temperatura y precipitación (en clima cálido se mineraliza más rápido la materia orgánica y en clima frío el proceso es más lento).
- La estructura del suelo (agregar mayor cantidad en suelos muy sueltos o sin estructura, suelos compactados o de terrones muy grandes).

Del cultivo:

- En cultivos transitorios se debe aplicar con anticipación a la siembra en el proceso de preparación del terreno, también en otras etapas del cultivo como el aporque.
- En cultivos perennes o semiperennes se debe incorporar con el suelo, en una proporción de 50% de suelo y 50% de materia orgánica, para generar un ambiente ideal en la formación de la raíz, permitir la mejor absorción de agua y nutrientes, retención de humedad con poca movilidad en el suelo, como el Fósforo. (p. 14).

Según se ha citado por FONAG (2010) “existen dos tipos de abonos orgánicos, líquidos de uso directo y sólidos, estos últimos deben ser disueltos en agua, mezclados con la tierra o pueden ser aplicados en forma directa” (p. 5), coincidiendo con Román *et al.* (2013, p.16) quien refiere que los “abonos orgánicos” puede ser aplicados al suelo en las siguientes formas:

- Fresca, como el caso de los estiércoles en el mismo potrero.
- Seca, como en el caso del mulch o de las coberturas muertas producto de los residuos de cosecha (paja o barbecho).
- Procesada, bien sea en forma de compost, vermicompost, purines o estabilizados (por ejemplo, de estiércol o guano de aves (gallinaza, pavo). (p. 16)

Con relación a la importancia de los abonos orgánicos, se plantea que éstos son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas. Posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera, con lo que ayudan a un óptimo desarrollo de los cultivos. Los abonos orgánicos no solo aumentan las condiciones nutritivas de la tierra sino que mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y con un gran ahorro económico (FONAG, 2010, p.15).

1.7.2. Principales abonos orgánicos

Autores como *Brechelt*, (2000, p. 11, 12 y 14); FONAG (2010, p. 15-16) y Arango (2017, p. 1-55) clasificaron y describieron los abonos orgánicos:

- Bocashi: Se trata de un abono orgánico fermentado parcialmente, estable, económico y de fácil preparación.
- Humus de lombriz: Es un fertilizante bio-orgánico resultado de la transformación biológica por la digestión de residuales orgánicos que efectúa las lombrices.
- Composta o compost: Es el producto resultante de la fermentación aerobia de una mezcla de materiales orgánicos (restos de cosechas, excretas de animales, residuos fibrosos, basuras domésticas, hierbas verdes, etc.).
- El té de estiércol (purines): Es una preparación que convierte el estiércol sólido en un abono líquido.
- Mulch: Es una tecnología en la cual se coloca material orgánico encima de la superficie de la tierra.
- Abono verde: Se definen como cultivos de cobertura. La finalidad es incorporar después de cierto tiempo al suelo cultivos establecidos con este fin y así devolverle los nutrientes absorbidos.

1.7.3. Los abonos orgánicos y el suelo.

El impulsar la agricultura con abonos orgánicos, brindará a los suelos la capacidad de absorber los distintos elementos nutritivos, así como, reducir el uso de insumos externos y proteger la salud del ser humano y la biodiversidad (FONAG, 2010, p. 3).

Debido a esto, en FONAG (2010) se enfatiza que estos productos “orgánicos” básicamente actúan en el suelo sobre tres propiedades: físicas, químicas y biológicas.

- **Propiedades físicas:** El abono orgánico por su color oscuro absorbe más las radiaciones solares, el suelo adquiere más temperatura lo que le permite absorber con mayor facilidad los nutrientes, también mejora la estructura y textura del suelo haciéndole más ligero a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos, mejora la permeabilidad de ellos ya que influye en el drenaje y aireación de éste, aumenta la retención de agua cuando llueve y contribuye a mejorar el uso de esta para riego por la mayor absorción del terreno; además, disminuye la erosión ya sea por efectos del agua o del viento.
- **Propiedades químicas:** Los abonos orgánicos aumentan el poder de absorción del suelo y reducen las oscilaciones de pH, el intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad.
- **Propiedades biológicas:** Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios, también producen sustancias inhibidoras y activadoras de crecimiento, incrementan considerablemente el desarrollo de microorganismos benéficos, tanto para degradar la materia orgánica del suelo como para favorecer el desarrollo del cultivo. (p. 5 - 6).

1.7.4. Estiércol animal

Los estiércoles son las excretas sólidas y líquidas de los animales, mezclados con los residuos vegetales que se han utilizado como cama. Su incorporación al suelo aporta nutrientes, incrementa la retención de la humedad y mejora la actividad biológica y por tanto, la fertilidad y la productividad del suelo (*Brechelt*, 2000, p. 11).

Estos dependen de su procedencia, poseen diversos nutrientes y por lo general, tienen altos contenidos de nitrógeno, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, carpicultura y la avicultura, antes de usar los estiércoles en la agricultura, deben ser sometidos a un proceso de fermentación, para que los nutrientes lleguen al suelo de forma asimilable para lograr que este proceso sea lento y que no haya demasiada pérdida de nitrógeno (Garro, 2016, p. 20).

En consecuencia, García (2008) alertaba “el estiércol aporta nutrientes al suelo, pero puede ocasionar aumentos de malezas, por lo que se recomienda utilizarlo como un componente de la composta para acelerar el proceso de descomposición y de paso, eliminar semillas y microorganismos dañinos al cultivo”. (p. 3)

1.8. Los Microorganismos Eficientes

1.8.1. Generalidades de los Microorganismos eficientes

Según Hoyos *et al.* (2008) citados por Morocho y Leyva (2019), los Microorganismos eficientes (ME) consisten en productos formulados líquidos que contienen más de 80 especies de microorganismos, que pueden ser aeróbicas, anaeróbicas e incluso fotosintéticos, cuyo rasgo principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden “complementarse”. (p.2-4). Explica *Ecologic Maintenances* (2012), que ME es una abreviación de *Effective Microorganisms* (Microorganismos Eficaces, efectivos o eficientes), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. (p. 3).

En la década de los sesenta el Doctor *Teruo Higa*, Profesor de Horticultura de la Universidad de *Ryukyus* en *Okinawa*, Japón, desarrolló la tecnología de los Microorganismos Eficientes (EM), este investigador se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, el mismo había sufrido efectos tóxicos de plaguicidas químicos en sus primeros años de ejercitar su profesión (Quispe & Chávez, 2017, p. 652-666). Se puso en uso a partir de 1980 por el Centro Internacional de Agricultura Natural.

Después de su aplicación, se obtuvieron resultados exitosos como el mejoramiento de la producción y de la calidad del producto. Los Microorganismos eficientes ayudan en la

producción de potasio, facilitando la absorción de nutrientes, gracias a la degradación de los sustratos lignocelulósicos, por medio de un proceso de fermentación. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, desarrollada y aplicada en una multitud de usos agropecuarios y ambientales, y es utilizada en más de 80 países del mundo (Luna & Mesa, 2016, p. 32).

El principio fundamental de esta tecnología consiste en introducir en el suelo, un grupo de microorganismos benéficos, habitantes naturales de los suelos, sin manipulación genética, existentes en ecosistemas naturales y fisiológicamente compatibles, los cuales, están presentes en el bosque y deberán ser capturados en suelo saludable, debajo de los árboles, en la unidad agrícola, próximos al lugar donde vive la familia campesina o en un área cercana, lo que garantiza que los microorganismos de cada región, están más adaptados a las condiciones locales (*Ecologic Maintenances*, 2012, p.2).

Fuentes (2017) al evaluar cuatro abonos orgánicos (Bocashi, gallinaza, compost, lombricomposta) en dosis de 25 t.ha^{-1} ($0,1625 \text{ kg.planta}^{-1}$) en boniato, obtuvo con el compost los mejores resultados, con rendimiento promedio de $6\ 304,17 \text{ kg.ha}^{-1}$. Osorio (2018), reportó que la combinación entre Microorganismos eficientes y dos cepas de micorrizas, sobre un suelo de tipo Fluvisol típico lavado, alcanzó valores satisfactorios para todas las variantes tratadas, se obtiene el mejor resultado en la combinación de microorganismos eficientes con *Claroiglomus claroideum*, con rendimientos de $49,7 \text{ t.ha}^{-1}$. (p. 37 y 50).

1.8.2. Funciones y composición de los Microorganismos eficientes

Sus funciones en el suelo son: fijación del nitrógeno atmosférico, descomposición de desechos orgánicos y residuos, supresión de patógenos del suelo, reciclaje e incremento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, degradación de tóxicos incluyendo pesticidas, producción de antibióticos y otros componentes bioactivos, producción de moléculas orgánicas simples para el consumo de las plantas, formación de complejos de metales pesados para su absorción limitada por las mismas, solubilizarían las fuentes de nutrientes insolubles y la producción de polisacáridos para mejorar la agregación del suelo (García-Velázquez & Gallardo, 2017, p.4-6).

Morocho y Leyva (2019, p. 95) coinciden que los Microorganismos eficientes se componen de cinco grupos microbianos generales:

- Bacterias ácido lácticas.
- Bacterias fotosintéticas.
- Levaduras.
- Actinomicetos.
- Hongos filamentosos con capacidad fermentativa.

1.8.2.1. Bacterias fotosintéticas o foto trópicas

Las bacterias fotosintéticas o foto trópicas, se pueden considerar como el núcleo de la actividad de los ME, ya que refuerzan las actividades de otros microorganismos.

Están representados fundamentalmente por las especies *Rhodopseudomonas palustris* Van Niely y *Rhodobacter sphaeroide* Van Niely, microorganismos autótrofos facultativos que emplean como fuente de carbono, moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas y utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía (Su *et al.*, 2017, p.3).

1.8.2.2. Bacterias ácido-lácticas

En este grupo se incluyen *Lactobacillus plantarum* Krasil'nikov y *Lactobacillus casei* Orla-Jensen, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus lactis* Lohnis y *Pediococcus*, las que pueden mostrar efecto antagónico frente a diferentes agentes fitopatógenos del suelo debido fundamentalmente a la producción de ácido láctico como principal producto de la fermentación de carbohidratos sintetizados por bacterias foto tróficas y levaduras, la disminución del pH, la producción de péptidos con actividad antimicrobiana como son bacteriosinas clase I y la lisina muy activa contra bacterias *Gram* positivas (Londoño *et al.*, 2015, p.36).

1.8.2.3. Levaduras

En este grupo de microorganismos, prevalecen las especies *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen y *Candida utilis* Henneberg. Las levaduras sintetizan sustancias

antimicrobianas, requeridas por las plantas para su crecimiento, a partir de azúcares y aminoácidos secretados por las bacterias fotosintéticas y la materia orgánica existente en el suelo. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las bacterias ácido-lácticas y los actinomicetos y como parte de su metabolismo fermentativo, producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad anti fúngica (Meena & Meena, 2017, p.2).

1.8.2.4. Actinomicetos

Según *Vurukonda et al.* (2018), las principales especies de actinomicetos informadas como componentes de los ME son *Streptomyces salbus* Rossi Doria y *Streptomyces griseus* Krainsky. Varias especies de actinomicetos, principalmente las que pertenecen al género *Streptomyces*, son agentes de control biológico debido a su amplio repertorio para producir compuestos anti fúngicos que inhiben el crecimiento micelial de varios hongos Fito patógenos.(p.19) .

1.8.2.5. Hongos de fermentación

Dentro de los principales representantes de este grupo, encontramos las especies: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium*spp, *Trichoderma*sp, *Mucorhiemalis* Wehmer y *Rhizopus* spp. Una gran cantidad de los hongos son antagónicos de especies fitopatógenas, así, por ejemplo, las especies de *Trichoderma* pueden ejercer diferentes mecanismos biocontroladores como competencia por espacio y nutrientes, el mico parasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia (*Horwath*, 2017, p. 41-66).

1.8.3. Los Microorganismos eficientes (ME) y la Agricultura

En la agricultura moderna se utilizan tradicionalmente, grandes cantidades de químicos y fertilizantes, que, aunque permiten el desarrollo y la producción de las plantaciones, son elementos perjudiciales a la salud del hombre y al medio ambiente. A partir de esta problemática, comienzan las investigaciones de alternativas sostenibles para incrementar la producción vegetal y animal en armonía con el medio ambiente; de esta manera jugaron su papel los ME (*Coutinho*, 2011, p.5).

La tecnología de los ME se convierte en una valiosa herramienta potencial que puede ayudar al desarrollo de sistemas que sean sustentables en los aspectos económicos, ambiental y social (Toalombo, 2012, p. 10; Morocho y Leiva, 2019, p. 7).

1.8.3.1. Ventajas del uso de los ME

El uso de la Tecnología de los Microorganismos eficientes proporciona amplios beneficios a la agricultura, permitiendo mejorar los suelos, aumentar la producción y prevenir o disminuir el ataque de varias plagas y enfermedades. Morocho y Leyva (2019, p.8).

Fernández-Larrea (2013) plantea que como ventajas de la utilización de estos microorganismos, está el uso seguro, su bajo costo, fácil manejo, amigable para el medio ambiente y el uso del 100% de materia orgánica, al ser un producto orgánico sin manipulación genética son bien aceptados en toda clase de unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales, lo que contribuye a un desarrollo agrícola ecológicamente sostenible, permite una producción a bajo costo, no contamina al medio ambiente y mantiene la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad. (p. 9)

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Generalidades del trabajo

2.1.1. Ubicación del ensayo

La investigación se realizó en la finca “La Tinaja” del productor Raúl Molina Amoroso, asociado a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “Beraldo Sánchez Martínez” en el Municipio de Santa Isabel de las Lajas, subordinada como organismo local a la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), durante el periodo comprendido entre febrero y junio de 2018. El experimento se realizó en la campaña de frío usando el marco de plantación establecido por el Instituto Nacional de Viandas Tropicales (INIVIT, 2016) para el cultivo del boniato. La plantación se realizó el 14 de febrero de 2018.

2. 1. 2. Material de siembra y montaje

Como material de propagación se utilizaron esquejes; semilla certificada de boniato del nuevo cultivar INIVIT B 27-2017, procedentes del Instituto Nacional de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado en Santo Domingo, Villa Clara, se utilizaron un total de 1500 esquejes; porciones apicales e intermedias (punta y prepunta) del tallo rastrero, con una longitud entre los (0,25 m y 0,30 m), garantizando posean entre 5 a 8 nudos y el corte se realizó ligeramente por debajo de un nudo.

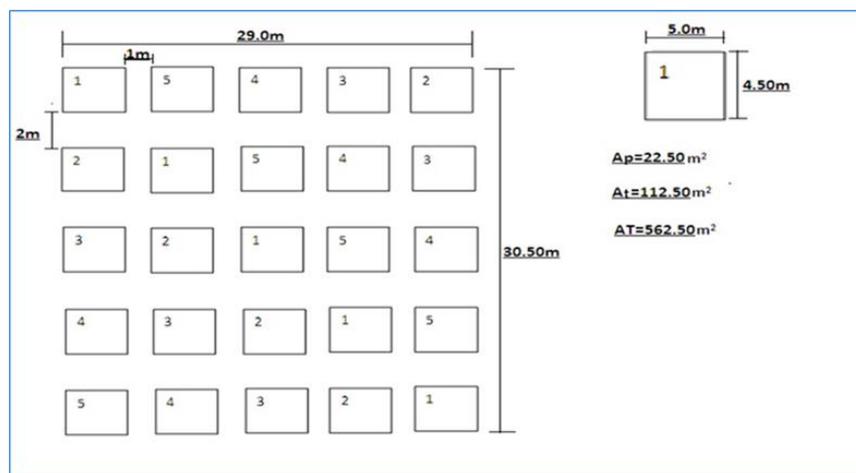
La desinfección del material de propagación se realizó con *Beauveria bassiana* (VAL.) al 5% (5 kg en 100 L de agua), los esquejes fueron sumergidos durante 5 minutos, como establece el Instructivo técnico del cultivo (INIVIT, 2016, p. 16), la que debe estar en agitación constante, para que las esporas del biopreparado no se concentren en los primeros mazos.

La plantación del cultivo y atenciones culturales hasta la cosecha se realizaron siguiendo las orientaciones de las “Indicaciones generales para el desarrollo de los cultivos varios en sus diferentes tecnologías” (Ministerio de la Agricultura (MINAGRI), 2012). Se utilizó la distancia de plantación de (0.90 m x 0.23 m) y se le realizaron al cultivo las restantes actividades previstas siguiendo las recomendaciones del Instructivo técnico del boniato INIVIT (2016, p. 12).

2.1.3. Diseño experimental y manejo agronómico

Como podemos ver en la Figura 1, para el montaje del experimento se empleó un diseño experimental de Bloques al azar con cinco tratamientos y cinco replicas por tratamiento.

Se montaron parcelas compuestas por cinco surcos de (4,50 m x 5,00 m), para un área de 22,50 m² por parcelas, 112,50 m² por tratamiento y un área total experimental de 562,50 m². Se evaluaron 10 plantas en los tres surcos centrales de cada parcela, para un total de 50 plantas por tratamiento, dejando los surcos exteriores y un metro en cada extremo de la parcela, como área de borde para evitar interacciones entre tratamientos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Croquis del experimento

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

1. Control (sin aplicación).
2. Abono orgánico (AO).
3. Fertilizantes químicos (NPK).
4. Microorganismos eficientes (ME-50).
5. Abono orgánico + Microorganismos eficientes (AO+ME).

Como fuente de abono orgánico se empleó el estiércol vacuno descompuesto, procedente de la finca, con un proceso previo de descomposición, a razón de $0,5 \text{ kg.planta}^{-1}$, aplicado en el fondo del surco al momento de levantar el cantero: a este material se le realizaron los análisis químicos correspondientes, resultados que se muestran en la Tabla 3, donde se comprobó la existencia de los nutrientes necesarios y en las cantidades requeridas, por lo que se aplicó la dosis recomendada en el instructivo técnico (INIVIT, 2007, p. 9).

Tabla 3. Aportes medios de NPK (kg.t) de fuentes orgánicas

Fuentes	Nitrógeno	Fósforo P_2O_3	Potasio
Estiércol vacuno	2,9 a 11,5	1,7 a 3,0	1,0 a 5,0

Fuente: Rodríguez *et al.* (2017, p. 23).

Con el objetivo de comparar los resultados de las alternativas biológicas con la fertilización química, se introdujo un tratamiento con fertilizantes químicos, donde se realizó la formulación a partir de portadores de N, P₂O₅ y K₂O, de acuerdo con las recomendaciones de fertilización del boniato, propuestas por INIVIT (2008, p. 9). Se aplicó una dosis de 0,5 t.ha⁻¹ después de la plantación, en bandas antes del cierre del campo, lográndose alcanzar una relación de 2:1:3 (N- P₂O₅ – K₂O).

Como fuente de microorganismos eficientes, se utilizó ME-50, biopreparado producido y comercializado por el Grupo Empresarial de Producciones Biofarmacéuticas y Químicas (LABIOFAM), en dosis de 10 L.ha⁻¹, por ser la recomendada para cultivos varios. Se realizaron al cultivo tres aplicaciones del biopreparado a partir del décimo día de plantado, con una frecuencia semanal. El producto se aplicó con un pulverizador manual, con boquilla de cono hueco a presión constante en el horario comprendido entre las 6:00 y 7:00 pm, asperjándose el suelo alrededor de la planta con una solución final de 380 L.ha⁻¹.

En cuanto a la combinación de Abono orgánico + Microorganismos eficientes, se aplicaron 0,5 kg.planta⁻¹ de estiércol descompuesto y 10 L.ha⁻¹ de ME-50.

2.1. 4. Caracterización del Agroecosistema

Para la caracterización del agro ecosistema de la finca, se utilizaron como herramienta diversos criterios, variables o indicadores, descritos por Socorro et al. (2005) y se estableció un análisis a partir de los elementos que se consideran en la Tabla 4.

Tabla 4. Componentes agroecológicos a caracterizar.

No	Componentes	Información	Fuente
1	Elementos de diseño y localización	Ubicación geográfica	Recopilación de informes de la finca 2009-2019. GEOCUBA, Google Mapas
2	Suelos	Tipo y subtipo de suelos, factores limitantes y agro productividad.	Ministerio de la Agricultura, estudio de Suelos, 1:25 000 de la provincia de Cienfuegos, II Clasificación genética de los suelos de Cuba. (Instituto de suelos,

			1986) y análisis de laboratorio UCTB Suelos Cienfuegos en 2019.
3	Clima	Datos climáticos: Precipitaciones, Temperatura, Humedad relativa.	Unidad provincial de Meteorología de Cienfuegos (Período 2013-2019). Pluviómetro del INRH ubicado en el área de la finca.
3	Otros aspectos de interés	Fuente de abasto de agua.	Análisis de laboratorio e Inventario florístico.
4	Social	Población	Entrevista al dueño de la finca, su familia y sus trabajadores, así como a directivos de las instituciones vinculadas al trabajo de la finca.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Socorro *et al.* (2005).

2.2. Efecto de la aplicación de abono orgánico, Microorganismos eficientes y la combinación de ambos, sobre los Indicadores morfológicos

2.2.1. Indicadores morfológicos evaluados

Las evaluaciones se realizaron en las 25 parcelas, tomando 10 plantas en los tres surcos centrales por cada parcela experimental, para un total de 250 plantas excluyéndose las tres primeras de cada extremo para descartar el error por efecto de borde; se basó en la toma de valores de las variables en diferentes momentos siendo recopilados los datos para ser posteriormente ingresadas en una base digital.

Se evaluaron las siguientes variables:

- Porcentaje de brotación de los esquejes (%): Se contabilizó el número de plantas brotadas por parcela a los 15 días de la plantación y el valor fue expresado en porcentaje a partir del número de plantas iniciales.
- Longitud del tallo aéreo (cm): Se midió la longitud de los esquejes a los 45 y 60 días, tomando como muestra 10 plantas por parcelas experimental para un total

de 50 plantas por tratamiento, se utilizó como herramienta una cinta métrica y se midió desde la base del tallo hasta la yema terminal.

- Números de tallos por plantas (u): Se determinó tomando como muestra 10 plantas por parcelas experimental, realizando un conteo a todos los tallos brotados por plantas a los 45 y 60 días de plantados.
- Masa verde del follaje (kg.m²): Se tomaron muestras de follaje en un área de (0.90 m x 0.46m) al momento de la cosecha utilizando para ello una balanza digital certificada.
- Cobertura del campo por el follaje (días): Se realizó una observación visual, considerándose cerrada la parcela cuando el 75 % de esta se cubrió por el follaje.

2. 3. Efecto de la aplicación de abono orgánico, Microorganismos eficientes y la combinación de ambos, sobre los componentes del rendimiento

2. 3.1 Componentes del rendimiento. Variables productivas evaluadas

Se evaluaron al momento de la cosecha en 10 plantas por tratamiento:

- Número de raíces tuberosas comerciales por planta (u): Se realizó al finalizar el ciclo productivo del cultivo, tomando como muestra 10 plantas, para un total de 50 plantas por tratamiento, realizando el conteo de la cantidad de raíces tuberosas totales y se le restó las raíces tuberosas no comerciales.
- Peso raíces tuberosas comerciales por plantas (kg): Se pesó el total de las raíces tuberosas en una balanza digital, a una muestra de 10 plantas por parcelas para un total de 50 plantas por tratamiento.
- Rendimiento (t.ha⁻¹): Se obtuvo en base al peso total de las raíces tuberosas comerciales por parcelas experimental entre el área de la parcela.
- Daños por plagas (%): Se determinó utilizando el método de muestreo de campo donde se observaron 10 plantas en 10 puntos por parcelas experimentales, en la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo.

2.4. Evaluación de la factibilidad económica del efecto de las alternativas orgánicas en las parcelas

Para realizar el cálculo de la factibilidad económica se tuvieron en cuenta los principales elementos de gastos directos e indirectos incurridos en el proceso productivo, utilizando la información contenida en la Carta tecnológica para la producción de boniato, contemplada en la Actualización de las Fichas de Costo emitida por el MINAG (2016), avalada por la Dirección de Contabilidad y Finanzas. Se determinó el costo de producción e ingresos dados por el valor de la producción en cada tratamiento del experimento:

Se determinó según la fórmula propuesta por Ballesteros, D. A. (2008).

$$U = V_p - C_p$$

Dónde:

- Ingreso bruto o Valor de la producción (V_p): Es la expresión monetaria de los ingresos que se alcanzaron a través de la obtención de productos valorados a precios establecidos y tienen su origen por las ventas de las producciones, mediante la fórmula (Producción x Precio).
- Egreso o Costo de producción (C_p): sumatoria de los gastos incurridos durante el proceso productivo de una hectárea y se estimaron los rubros gastables como gastos de materiales, financieros y otros que se consumen en el proceso de producción.
- Ingreso Neto o Utilidad Económica (U): es la expresión de los beneficios monetarios alcanzados en el proceso de producción y se determina mediante la resta entre el valor de la producción y el costo total de la producción, para determinar eficiencia el resultado.
- Para el cálculo de la relación costo-beneficio y la rentabilidad se utilizaron las fórmulas propuestas por Sierra (2010).

$$\text{Relación Costo / Beneficio} = \frac{\text{Egresos}}{\text{Ingresos}} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingreso Neto}}{\text{Ingreso Bruto}} \times 100$$

Para el procesamiento estadístico de los datos, se utilizó el paquete estadístico *STATGRAPHICS* Centurión XVI.II, versión 16.02.0004 en idioma español. Se realizó el

análisis de los datos, considerando como efectos principales los tratamientos, las réplicas de los bloques al azar, además de las interacciones entre tratamientos, para un nivel de significación $p < 0,05$.

En el caso de los valores del indicador porcentaje de brotación se transformaron los datos antes de ser analizados estadísticamente, para que sigan una distribución normal; utilizando la expresión:

$$x = 2\arcsen\sqrt{p}$$

X: Es el valor obtenido de la transformación.

P: Valor en % calculado experimentalmente.

En el caso de los valores de los indicadores cantidad de tallos por planta y número de raíces tuberosas por planta se transformaron los datos antes de ser analizados estadísticamente, para que sigan una distribución normal; utilizando la expresión: \sqrt{x} , donde x es el valor a transformar.

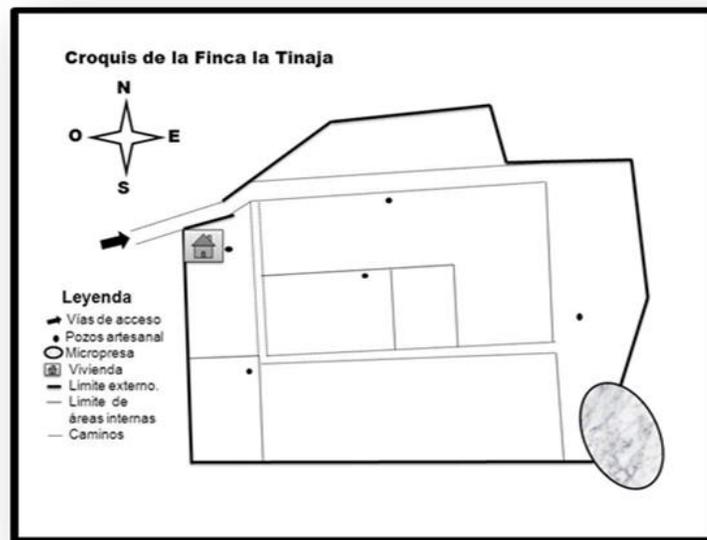
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización del agro ecosistema

3.1.1. Elementos de diseño y localización geográfica

La finca, está ubicada en el Consejo Popular Urbano Sur, en los 22° 24' 50" de latitud Norte y los 80° 17' 40" de longitud Oeste y limita por el norte con la finca del campesino Orestes Hernández García, al sur con Urbicia Graciela García Oliver, al este con Luis González Torres y al oeste con la zona urbana de Lajas en la carretera Lajas-Cruces. Fue adquirida por el Decreto Ley 259 derogada con posterioridad por el Decreto Ley 300, con una superficie total de 6.10 ha de ellas 2.0 ha dedicadas a cultivos varios, 1.0 ha a frutales y 1.00 ha al jardín botánico llamado "La Aptenia" con una superficie no agrícola de 2.0 ha (guardarraya y cañadas), perteneciente a la Empresa Agropecuaria Ramón Balboa, municipio Santa Isabel de las Lajas, provincia Cienfuegos.

En las Figuras 2 y 3, se muestra la localización de la finca.



Fuente: Elaboración propia por la autora a partir de los datos de la finca.

Figura 2. Ubicación de la finca.



Fuente: Elaboración propia por la autora(a partir del uso de la tecnología *Google*)

Figura 3. Vista satelital de la finca

3.1.2. Suelos

El suelo existente, está clasificado como Pardo con Carbonato Típico, según Hernández *et al.* (2015), con las siguientes características: roca sobre caliza suave, carbonatado lavado; medianamente profundo, medianamente humificado; textura loam arcillosa, poca graviliosidad; profundidad efectiva 44 cm. (p.93).

Previo al inicio de la investigación se realizó un análisis al suelo; resultados que se muestran en la Tabla 5, se utilizó la metodología propuesta por las Normas Cubanas NC-ISO 10 390, 1999; NC-51, 1999; NC-52, 1999; NC-209, 2002, se tomaron un total de 20 muestras representativas del campo, en forma de zig - zag en cada parcela experimental a una profundidad de 20 cm y mediante análisis químico se determinaron sus propiedades, con la finalidad de tener una referencia de los nutrientes disponibles en el área.

Tabla 5. Resultados del análisis de suelo del área experimental.

Indicadores		Valores
Hy %		7,10
pH CIK		6,60
pH H ₂ O		7,00
Y ₁		1,39
Cationes cambiables (Meq/100g)	Ca ²⁺	29,71
	Mg ²⁺	3,71
	K ⁺	2,49
	Na ⁺	3,19
Meq/100g	T	37,70
V %		90,45
Agroquímico Mq/100g	M.O	2,59
	P ₂ O ₅	3,43

K ₂ O	20,35
------------------	-------

Nota: Hy humedad higroscópica, ClK Cloruro de Potasio, Y1 Acidez Hidrolítica, T Capacidad de cambio catiónico, V Saturación por Bases, Meq Mili equivalentes, Mg Miligramos.

Fuente: Elaboración propia, a partir de UCTB Cienfuegos

A criterio de la autora, como factores limitantes, el suelo presentó bajos niveles de materia orgánica (2,59 %), así como bajos valores de P₂O₅ (3,43), sin embargo, el K₂O (20,35) exhibe valores dentro de los parámetros establecidos, lo que motivó la introducción en el estudio de los tratamientos a base de abonos orgánicos y su combinación con ME, para evaluar los resultados.

3.1.3. Características climáticas

Para la caracterización del clima se obtuvo la información en la Unidad Provincial de Meteorología de Cienfuegos, recogiéndose los datos promedio para el periodo evaluado, los que sirvieron para realizar propuestas sobre el manejo de los cultivos. En el caso de la lluvia, se recogieron además los valores del pluviómetro de la red del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en Cienfuegos (INRH) existente en la zona para comparar los resultados Unidad Empresarial de Base (UEB) Acueducto y Alcantarillado Santa Isabel de las Lajas.

El territorio presenta clima tropical semi húmedo de llanuras calientes y lluviosas la intensidad media de lluvia varía entre (18 y 25 mm.día⁻¹), la frecuencia de días lluvias al año de 70 mm. La humedad relativa media anual es de un 80,7 %, comportándose alta de junio a enero (81 a 86 %) y de febrero a mayo (73 a 79 %); la mínima media anual de temperatura es de 18,7 °C, teniendo mínima en febrero con temperatura de 6,7 °C con una media anual de 23,7 °C y la máxima es de 29,5 °C, con su máxima en los meses de julio. El municipio recibe la mayor influencia de los vientos alisios con un valor de 60,7%. (Datos tomados de la Guía Climática de la Provincia Cienfuegos citado por MINAGRI, (2018, p. 9)).

En la Tabla 6 se presentan los valores promedios de las condiciones meteorológicas en las cuales se desarrolló el experimento:

Tabla 6. Promedio mensual de las variables meteorológicas en Lajas 2018.

Variables meteorológicas	Campaña de Frio				
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
Temperatura (°C)	20,9	25,5	16,9	27,3	26,4
Precipitación (mm)	0	56	79	77	147
Humedad relativa (%)	64,2	78,7	76,4	82,0	76,0

Fuente: UEB Acueducto y Alcantarillado Santa Isabel de las Lajas.

3.1.4. Características de la fuente de abasto. Calidad del agua

Esta finca tiene garantizada la energía eléctrica para el funcionamiento de los sistemas de riego, la totalidad del área está beneficiada, utiliza como sistema, el riego por aspersión semi estacionaria de baja intensidad a mediana presión. Se caracteriza por relieve llano, con disponibilidad de agua todo el año, con cuatro fuentes de abasto de ellas: tres subterráneas (Pozos artesanales) y una superficial (Micro presa).

El análisis físico y químico del agua de las fuentes de abasto de la finca, arrojó un saldo positivo en cuanto al contenido de sales totales solubles, cloruros, potasio y nitratos, así como, otros componentes que permitieron lograr rendimientos aceptables y que los cultivos que se establecieron en estas áreas, se hayan desarrollado con rendimientos superiores a los alcanzados en el municipio, reportados por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) en el Anuario Estadístico del municipio Santa Isabel de las Lajas (ONEI, 2020 b), con la utilización de este caudal de agua, aunque muy por debajo de los alcanzados por el país y la provincia de Cienfuegos para el boniato y otros cultivos sembrados en la finca (ONEI, 2020 a; 2020 c).

3.1.5. Caracterización socioeconómica

3.1.5.1. Recursos humanos

En cuanto a este indicador, la finca posee un total de cinco trabajadores, cuyo desglose por sexo, edad, nivel educacional y rangos se muestran en la Tabla 7, se muestra la no uniformidad en la composición por sexo ni por edades; tampoco existe un personal

relativamente joven, aun cuando manifiestan un buen dominio de la actividad agrícola, la cual a pesar de ello, resulta insuficiente para desarrollar las actividades.

Tabla 7. Comportamiento de los recursos humanos.

Unidad de medida	Sexo		Edad		Nivel		
	M	F	40-60	+ 60	9no	Tm	Superior
Unidad	4	1	4	1	3	1	1
%	80	20	80	20	60	20	20

Fuente: Elaboración propia

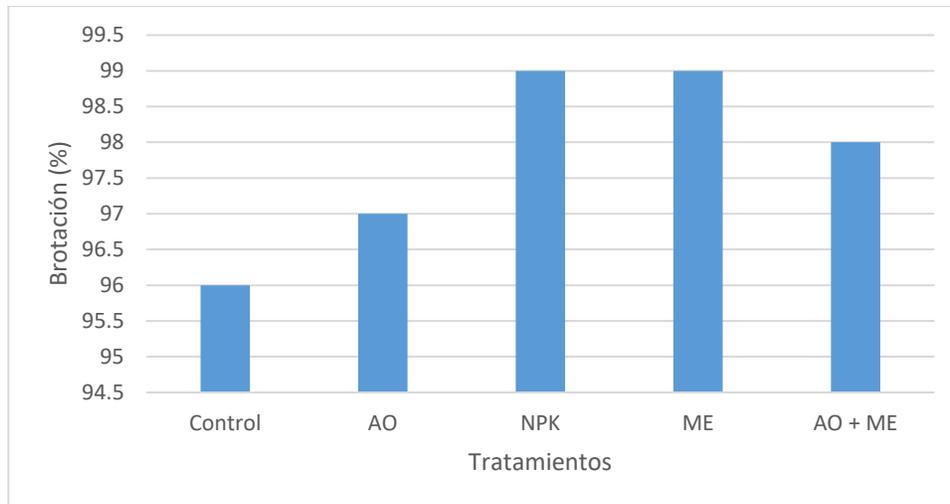
3.1.6. Factor social

La finca brinda beneficio social a la comunidad donde se encuentra ubicada, mantiene relaciones contractuales con instituciones de la salud (Hogar materno ubicado en el municipio Cruces y casa de abuelos de nuestro municipio) y educación (Círculos infantiles); con pequeñas donaciones de viandas y frutas. Posee proyectos de inclusión social como el de plantas ornamentales “Lajardín” que agrupa tanto a hombres, mujeres y niños para dar cumplimiento a la línea de género; tiene en funcionamiento un Círculo de interés “Sembrando futuro”, con niños y niñas de la escuela primaria Toribio Lima Cárdenas y en la actualidad la finca es una Unidad Docente del Centro Universitario Municipal.

3.2. Efecto de las alternativas de nutrición evaluadas sobre los indicadores morfológicos en la campaña de frío

3.2.1. Efecto sobre el porcentaje de brotación de los esquejes

Al analizar el efecto de las alternativas de nutrición en estudio sobre el porcentaje de brotación que se muestra en la Figura 4, se observó que para el cultivo del boniato, no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, se alcanzan niveles de brotación que se pueden considerar de muy satisfactorios, con valores superiores al 96 % en todas las alternativas evaluadas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la investigación.

Figura 4. Efecto de la aplicación de AO y ME sobre el porcentaje de brotación (%).

Estos resultados superan para la época de frío, lo reportado por Quispe (2017), al estudiar la adaptación y rendimiento de 20 clones de boniato (*Ipomoea batatas* L.) de doble propósito en el ecosistema de Bosque Seco, Piura, el que alcanza 91,53 % de esquejes prendidos en promedio para todo el ensayo sin diferencias estadísticas y considera que estos valores revelan un buen estado inicial de plantas y coinciden con lo planteado por Vásquez y León (2007), citados por Morales *et al.* (2017).

Simó *et al.* (2018) al evaluar la efectividad de la aplicación de estiércol vacuno y cachaza, como alternativas de fertilización en la producción de material de plantación en el boniato, obtuvieron para el porcentaje de brotación de los esquejes, una respuesta positiva a la aplicación de abonos orgánicos en los dos clones estudiados, con diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con el testigo, sin diferencias significativas entre los dos tipos de abonos orgánicos, pero con resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Machado *et al.* (2020, p. 396) quienes obtuvieron alta uniformidad en la brotación en su experimento, con valores entre 99,3 % y 99,8 % para los clones estudiados y exponen que el valor que representa el porcentaje de plantas al final de la cosecha es un aspecto esencial, debido a que un alto porcentaje de ellas, implica elevados resultados en los rendimientos en la producción de raíces tuberosas comerciales para la alimentación humana y animal.

Sobre la importancia de la brotación; Morales (2014) aseguró que su influencia en otros factores, es muy marcada, pues se ha demostrado que siempre que los valores alcanzados superan el 85 % de la población, posteriormente el rendimiento y sus componentes se compensan.

3.2.2. Efecto sobre la longitud del tallo aéreo

Al evaluar en la campaña de frío los resultados obtenidos para la longitud del tallo a los 45 y 60 días de plantados, que se muestran en la Tabla 8, se evidencia el desarrollo favorable de este indicador y resulta como el mejor el tratamiento cinco (la combinación AO + ME) con diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) sobre los restantes tratamientos, seguido por los tratamientos dos y tres, que a su vez, superan al tratamiento Control, lo que pone de manifiesto, la importancia del empleo de fuentes de abonos orgánicos en el cultivo y demuestran la respuesta positiva ante la combinación de las alternativas orgánicas evaluadas.

Tabla 8. Efecto de la aplicación de AO y ME sobre la longitud del tallo (cm).

Tratamientos	Campaña de Frío	
	45 días	60 días
T1. Control	66,30 c	73,66 d
T2. AO	79,64 a	87,14 b
T3. NPK	73,92 b	84,34 b
T4. ME	69,14 c	77,60 c
T5. AO+ME	81,04 a	94,62 a
Es ±	1,3	1,33
Cv.	15,02%	14,23%

Nota: Letras desiguales representan diferencias significativas ($p < 0,05$) según d \acute{o} cima de *Tukey*

Fuente: Elaboraci3n propia a partir de los resultados de la investigaci3n.

Resultados similares fueron alcanzados para la longitud de las guías por *Hernández et al.*, (2018) al estudiar la respuesta agronómica de cuatro clones de boniato procedentes del INIVIT y la afectaci3n por Tetuán del boniato en Pinar del Rí0, así como, por *Osorio* (2018) en la campaa de frio, al evaluar la respuesta productiva del cultivo del boniato al empleo de microorganismos eficientes y micorrizas, bajo las condiciones edafoclimáticas de la Empresa Agropecuaria Imías, donde obtuvo que todos los tratamientos evaluados poseen diferencias estadísticas significativas con el tratamiento Control, con destaque para la combinaci3n Micorrizas-ME, lo cual atribuye a una mejor simbiosis entre las plantas y los microorganismos, tendencia que se mantiene hasta la última medici3n.

Coinciden también con los de *Da Silva et al.* (2021) al evaluar el efecto de la fertilizaci3n orgánica para introducir el cultivo de boniato, los que plantean además que los tallos bien desarrollados, aseguran la producci3n de plántulas para cultivos subsiguientes y son esenciales para la producci3n de foto asimilados en las plantas, lo cual resulta en incrementos mayores en el rendimiento y en el número de raíces.

Okerete et al. (2015) al evaluar las características morfológicas y taxonómicas de algunos miembros de la familia *Convolvulaceae*, indican variaciones en la longitud de los tallos de plantas de boniato entre 30-140 cm, resultados que coinciden con los de esta investigaci3n.

Se pudo corroborar para la variedad en estudio, lo expresado por *Rodríguez et al.* (2017) al realizar la evaluaci3n morfo-agronómica y fisiológica de seis genotipos mejorados de boniato, quienes plantean que “El largo del tallo es una variable que siempre mantuvo crecimiento” (p. 23), lo cual coincide con esta investigaci3n.

Numerosos autores se han referido al efecto de los ME en los sistemas suelo-planta, los cuales explican los resultados obtenidos en esta investigaci3n con la combinaci3n MO+ME.

Con relaci3n al papel de los ME en el suelo, *Mesa* (2020), señala que estos toman de la materia orgánica sus alimentos y en esta descomposici3n, la reducen, liberando compuestos menores al ambiente como: nutrientes, hormonas y vitaminas que alimentan

la propia comunidad microbiana, así como a las plantas, planteamientos que García & Bocurt (2014), reafirman al referir que los microorganismos eficientes tienen dos funciones básicas: exclusión competitiva de microorganismos patógenos, mediante la competencia por la materia orgánica que sirve de alimento y la producción de sustancias que controlan directamente estas poblaciones y producción de sustancias benéficas como vitaminas, enzimas, aminoácidos y antioxidantes, a través de un proceso de descomposición anaeróbica parcial, las que promueven el crecimiento de las plantas.

Con relación al papel que juegan los ME en el suelo, Schlatter et al. (2017), exponen que los microorganismos asociados con la rizosfera de las plantas facilitan el crecimiento, desarrollo y funcionamiento de procesos vitales como la promoción del crecimiento de las plantas.

Morocho y Leyva (2019), al realizar una revisión bibliográfica, resumen que desde el punto de vista agrícola los ME mejoran la estructura física de los suelos, incrementan la fertilidad química de los mismos y pueden promover el reciclaje de nutrientes en el suelo, así como incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

3.2.3. Efecto sobre el número de tallos por plantas

Con relación al número de tallos por planta, resultados que se muestran en la Tabla 9, todos los tratamientos evaluados, superaron estadísticamente al testigo, con diferencias significativas ($p < 0,05$) sobre él, y resulta el mejor, el tratamiento cinco (la combinación de AO+ME) al presentar diferencias significativas sobre los restantes tratamientos evaluados, resultado que demuestra el efecto positivo de los ME sobre la MO, cuando son introducidos en el suelo.

Tabla 9. Efecto de la aplicación de AO y ME sobre el número de tallos por plantas (u).

Tratamientos	Campaña de Frio			
	45 días		60 días	
	Valor Real	Valor Tranf.	Valor Real	Valor Tranf.
T1. Control	4	1,88 d	5	2,32 e
T2. AO	6	2,47 ab	7	2,59 b

T3. NPK	6	2,37 b	6	2,47 d
T4. ME	4	2,07 c	6	2,50 c
T5. AO+ME	6	2,50 a	7	2,81 a
Es ±		0,04		0,02
Cv.		16,64%		9,52%

Nota: Letras desiguales representan diferencias significativas ($p < 0,05$) según d'ocima de *Tukey*

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la investigación.

Estos resultados coinciden con los de Simó *et al.* (2018) al evaluar la efectividad de la aplicación de alternativas orgánicas de fertilización en la producción de material de plantación en el boniato, quienes obtuvieron para el número de tallos por planta, que las alternativas orgánicas evaluadas produjeron las mayores cantidades de esquejes y fueron significativamente superior ($p \leq 0,05$) al resto de los tratamientos, mientras la variante que no recibió aplicación de abonos orgánicos, produjo la menor cantidad de tallos por planta.

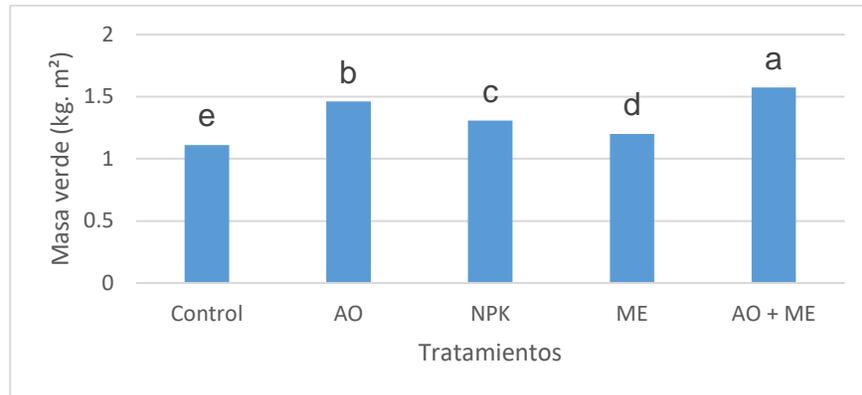
Da Silva *et al.* (2021) al determinar el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos en la producción de camote en suelos de la sabana de Roraima, Brasil, durante su primer año de cultivo, exponen como resultado que todos los tratamientos a base de fertilizantes orgánicos tuvieron un mayor efecto sobre la productividad de tallos que el testigo, lo cual refuerza la importancia de la fertilización orgánica para el boniato y los resultados de este trabajo.

Con relación al papel que ejercen los ME en el suelo, Morocho y Leyva (2019), resumen que provocan aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, lo que explica, los resultados obtenidos en este trabajo investigativo con la combinación AO+ME y con el tratamiento a base de ME.

3.2.4. Efecto sobre la masa verde del follaje

Al momento de la cosecha se tomaron muestras del follaje, resultados que se presentan en la Figura 5, dando como resultado, la superioridad de la combinación de AO+ME con diferencias estadísticas significativas sobre los restantes tratamientos, seguido por el

tratamiento a base de AO. Otro resultado obtenido fue que todas las alternativas evaluadas superan al tratamiento Control con diferencias estadísticas significativas sobre él.



Nota: Letras desiguales representan diferencias significativas ($p < 0,05$) según dicitima de *Tukey*.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Masa verde del follaje (kg.m²)

Resultados similares fueron alcanzados por *Da Silva et al.* (2021) al determinar el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos en la producción de boniato en suelos de la sabana de Roraima, Brasil, los que exponen que todos los fertilizantes tuvieron un mayor efecto sobre la productividad de tallos que el testigo, lo cual refuerza la importancia de la fertilización orgánica en el cultivo de boniato.

Morales (2014) señaló que en Cuba existe una tendencia a reducir las distancias de plantación en el cultivo del boniato por parte de los productores y esto trae como consecuencia muchas veces el fenómeno conocido como “vicio” y cita a Folquer (1978) que lo definió como el excesivo desarrollo vegetativo, acompañado de una disminución y, a veces casi la anulación de la tuberización, cuando existen más hojas por unidad de superficie y por ende, mayor desarrollo de las llamadas hojas inferiores (parásitas) que provocan el aumento de la respiración y la acumulación de CO₂ (Dióxido de carbono) en el suelo, intensificando la respiración de las raíces, consumiendo las reservas, impidiendo su acumulación, no permitiendo la formación de raíces tuberosas.

Con relación al papel de los ME en el suelo, Mesa (2020), señala que cuando son introducidos en el sistema suelo-planta, toman de la materia orgánica sus alimentos y en

esta descomposición, la reducen y liberan al ambiente compuestos menores como: nutrientes, hormonas y vitaminas que alimentan la propia comunidad microbiana y las plantas, planteamientos que explican los resultados obtenidos para la masa verde del follaje en esta investigación, con la combinación AO+ME.

Al referirse al papel de la materia orgánica en el suelo, en Agro sitio (2019) se plantea, que hace posible la formación de complejos órgano - metálicos, estabilizando así micronutrientes del suelo que de otro modo no serían aprovechables y que es una fuente de elementos nutritivos, que son aprovechables por las plantas después que la materia orgánica ha sido descompuesta por los microorganismos, lo que explica los resultados obtenidos con la combinación AO+ME y con el tratamiento a base de AO.

3.2.5. Efecto sobre la cobertura del campo por el follaje

La cobertura del campo por el follaje se presenta en la Tabla 10. En los tratamientos en estudio, se pudo apreciar que no existen diferencias entre los tratamientos y resulta el tratamiento cinco el primero en lograr el cierre del campo entre los 40 y 50 días, seguido por los tratamientos cuatro, tres y dos, siendo el Control el último en lograr el cierre del campo; comportamiento influenciado por las altas temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y las características de este nuevo cultivar, su crecimiento rápido, el tipo de hoja y la elongación del tallo.

Tabla 10. Cobertura del campo por el follaje (Días)

Campaña de frío	
Tratamientos	Días
T1.Control	50
T2. AO	45
T3. NPK	47
T4. ME	47
T5. AO+ME	40

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la investigación.

Machado *et al.* (2020) al realizar la evaluación productiva de cuatro clones de boniato en el litoral de Campechuela, encontraron que el cierre del campo en la campaña de frío, se alcanzó después de los 40 días, resultado similar al de este trabajo.

Con relación a la cobertura del campo por el follaje, Simó *et al.* (2018) al estudiar la aplicación de abonos orgánicos en la producción de material de propagación en el cultivo del boniato, alcanzan la mejor respuesta en los cultivares estudiados con dos fuentes de materia orgánica sin diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre ellas y sí con el Control.

Según investigaciones realizadas por Sotolongo (2012), la cobertura del campo por el follaje, posee marcada influencia para evitar la aparición y desarrollo de arvenses, lo que reduce los costos y así contar con mayor producción de esquejes, es por ello que los productores de boniato prefieren una cobertura del campo más rápida lo que también garantiza un menor número de labores de cultivo.

Morales (2002) citado por Simó *et al.*, (2018), informó que el cierre de parcela sucede entre 45-50 días para la época de invierno, y consideraron cerrada una parcela cuando el 75 % del área estuvo cubierta por el follaje de la planta, lo que coincidió con esta investigación.

3.3. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos y microorganismos eficientes sobre los componentes del rendimiento en la campaña de frío

3.3.1. Efecto sobre el número de raíces tuberosas comerciales por planta

En la Tabla 11 se muestran los resultados del análisis del número de tubérculos comerciales por planta. Los mejores resultados se alcanzan con los tratamientos tres y cuatro, con diferencias significativas sobre el Control y la combinación de AO+ME, lo que parece indicar que se produjo un desbalance entre la producción de follaje (Figura 4) y la producción de tubérculos, lo cual debe ser estudiado para futuros trabajos sobre producción de masa verde para la alimentación animal o la producción de esquejes.

Tabla 11. Efecto de la aplicación de AO y ME sobre el número de raíces tuberosas comerciales por planta (u).

Campaña de Frío

Tratamiento	Valor Real	Valor Tranf.
T1. Control	4	2,144 d
T2. AO	5	2,305 b
T3. NPK	6	2,364 a
T4. ME	5	2,315 ab
T5.AO+ME	5	2,246 c
Es ±		0,02
Cv.		7,04%

Nota: Letras desiguales representan diferencias significativas ($p < 0,05$) según d \acute{o} cima de Tukey

Fuente: Elaboraci3n propia a partir de los resultados de la investigaci3n.

Estos resultados superan para el n \acute{u} mero de ra \acute{i} ces comerciales del cultivar, en todos los tratamientos evaluados, lo reportado por Rodr \acute{i} guez *et al.* (2018), al realizar el reporte y descripci3n de INIVIT B 27-2017 como nuevo cultivar de boniato Biofortificado en vitamina A, obtenido en el INIVIT.

Da Silva et al., (2021) al evaluar diferentes alternativas org \acute{n} icas de nutrici3n en boniato, obtuvieron un mayor efecto sobre el n \acute{u} mero de ra \acute{i} ces comerciales que el testigo con diferencias estad $\acute{i$ sticas significativas sobre \acute{e} l, lo cual refuerza la importancia de la fertilizaci3n org \acute{n} ica para el boniato y coincide con lo obtenido en esta investigaci3n.

Coinciden tambi \acute{e} n con los resultados de Molina (2019) al evaluar la respuesta del boniato a distintos niveles de nitr3geno org \acute{n} ico e inorg \acute{n} ico, el que obtuvo que la fuente org \acute{n} ica (esti \acute{e} rcol vacuno), alcanz3 resultados superiores a la fuente inorg \acute{n} ica y al testigo, con diferencias estad $\acute{i$ sticas significativas sobre ambos.

En Agro sitio (2019) se plantea que la materia org \acute{n} ica en el suelo, es una fuente de elementos nutritivos, que son aprovechables por las plantas despu \acute{e} s que esta ha sido descompuesta por los microorganismos.

3.3.2. Efecto sobre el peso de las ra \acute{i} ces tuberosas comerciales por planta

En cuanto al peso total de las ra \acute{i} ces tuberosas por planta, los resultados se muestran en la Tabla 12, el tratamiento a base de ME, alcanz3 los mejores resultados, al presentar

diferencias estadísticas significativas sobre los demás. Estos a sus ves, superan al Contol, con diferencias estadísticas significativas sobre él.

En el caso de la combinación AO+ME, se obtienen los resultados más bajos entre todos los evaluados, lo cual a criterio de la autora, puede ser atribuido, al efecto que se manifestó sobre el follaje, donde al parecer, el incremento de follaje (Figura 4), limitó el peso de los tubérculos, en correspondencia con los planteamientos de Morales (2014) al referirse al efecto que provoca el excesivo desarrollo vegetativo, sobre la tuberización, lo cual debe tenerse en cuenta para futuras investigaciones.

Tabla 12. Efecto de la aplicación de AO y ME sobre el peso total de las raíces tuberosas comerciales por planta (kg).

Campaña de Frio	
T1. Control	1,234 d
T2. AO	1,551 b
T3. NPK	1,421 c
T4. ME	1,603 a
T5.AO+ME	1,419 c
Es ±	0,01
Cv.	10,67%

Nota: Letras desiguales presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) según dócima de *Tukey*.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la investigación.

Estos resultados superan para el peso total por planta, en todos los tratamientos evaluados, los valores reportados por Rodríguez *et al.*, (2018), al realizar el reporte y descripción de INIVIT B 27-2017 como nuevo cultivar de boniato, obtenido en el INIVIT.

Mesa (2020), al referirse al papel de los ME cuando son introducidos en el suelo, señala que estos toman de la materia orgánica sus alimentos y en esta descomposición, la reducen y liberan al ambiente compuestos que alimentan la propia comunidad microbiana y las plantas, planteamientos que explican los resultados obtenidos con el tratamiento cuatro.

3.3.3. Rendimiento

Al analizar el rendimiento de los tratamientos evaluados; que se presentan en la Tabla 13, se muestra que todas las alternativas evaluadas, superaron al Control con diferencias estadísticas significativas sobre él para ($p < 0,05$).

Los mejores resultados se obtienen con los tratamientos AO y ME, que no difieren entre ellos, pero presentan diferencias estadísticas significativas con los restantes.

Tabla 13. Efecto de la aplicación de AO y ME en el rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)

Tratamientos	Campaña frío
	Rendimiento $t \cdot ha^{-1}$
T 1. Control	27,85 c
T 2. AO	37,20 a
T 3. NPK	33,72 b
T 4. ME	41,63 a
T 5. AO+ME	32,83 b
Es. \pm	0,001
Cv	15,91%

Nota: Letras desiguales presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) según dócima de *Tukey*

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la investigación.

Estos resultados son inferiores a los valores reportados para el rendimiento del cultivar por Rodríguez *et al.*, (2018), al realizar el reporte y descripción de INIVIT B 27-2017 como nuevo cultivar de boniato, obtenido en el INIVIT, pero resultan muy superiores a los valores de $11,00 t \cdot ha^{-1}$ informados por la Oficina Nacional de Estadística e Información

(ONEI) en el Anuario Estadístico de Cuba 2019, para el cultivo del boniato (ONEI, 2020 a), así como, los reportados por la misma fuente para la provincia (ONEI, 2020 c) de 7,5 t.ha⁻¹ y el municipio Lajas en el año 2019 de 1,2 t.ha⁻¹ (ONEI, 2020 b). Superan también los valores informados en el 2019 para el mundo (12,38 t.ha⁻¹) en la base de datos agrícolas de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en la serie Cultivos y productos de ganadería (FAOSTAT, 2019) lo que demuestra la efectividad de todos los tratamientos evaluados y la pertinencia de esta investigación.

Similares resultados fueron obtenidos para los ME por Osorio (2018) al evaluar el efecto de la combinación de micorrizas y ME en el cultivo del boniato y los atribuye a la influencia de los microorganismos en los diferentes tratamientos provocando un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas y en correspondencia una mayor productividad.

Al realizar un análisis de la información científica sobre microorganismos eficientes de montaña para potenciar la diversidad biológica de los suelos agrícolas, León (2020), cita a Toledo (2016), quien al referirse al papel de la materia orgánica en el suelo, indica que además de ser una fuente de nutrientes para las plantas, la materia orgánica logra que los suelos obtengan una serie de propiedades muy deseables para la agricultura, volviéndolos sueltos, con mayor capacidad de retención de la humedad, elevando la concentración de nutrientes y manteniendo la química del suelo mejor equilibrada, ya que incrementa los coloides de carga negativa (mayor capacidad de intercambio catiónico) y los de carga positiva (mayor capacidad de intercambio aniónicos), lo que redundará en una mayor capacidad de almacenamiento de nutrientes catiónicos (amonio, calcio, magnesio, potasio, hierro, zinc, cobre, manganeso) y aniónicos (fosfato, sulfato, borato, molibdato).

Este propio autor además apunta que, cuando se aplica materia orgánica en forma de estiércoles, se incrementa el pH, reduciéndose el efecto tóxico por excesos de elementos como el aluminio y el manganeso, y es posible que hasta se inhiba el crecimiento de algunos de los hongos del suelo que dañan las plantas, como *Rhizoctonia* y *Phytophthora*, entre otros, lo que explica, los resultados obtenidos con los tratamientos a base de AO, ME y su combinación.

Rós *et al.* (2014), plantean que la fertilización orgánica es una alternativa a la fertilización mineral, la cual ofrece ventajas en el rendimiento debido a la mayor disponibilidad de

nutrientes como N, P, K, Ca, Mg y C orgánico en el suelo. Además de estas cualidades, que son esenciales para la siembra, la aplicación de fertilizantes orgánicos ha producido un aumento de la calidad nutricional del boniato, como lo informan Atuna *et al.* (2018).

Con relación al efecto de los ME en el suelo, Morocho y Leyva (2019), exponen que estos pueden promover el reciclaje de nutrientes, así como incrementar la disponibilidad de estos para las plantas, al provocar la solubilización de fuentes de nutrientes poco solubles como los compuestos del P (fosforo) presentes en el suelo y que en muchos suelos agrícolas se encuentran grandes reservas de fósforo de forma insoluble, debido a la fijación de los fertilizantes fosforados aplicados; de este modo, este importante nutriente no puede ser asimilados por la planta. Los microorganismos solubilizadores de fosfato usan diferentes mecanismos de solubilización como: la producción de ácidos orgánicos, que solubilizan dichos fosfatos insolubles en la zona rizosférica de las plantas fundamentalmente y los fosfatos solubles son absorbidos por la planta, lo cual mejora su crecimiento y productividad, sin perturbar negativamente la micro-flora del suelo y los procesos mediados por ellos.

También es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la nutrición debido a una mejora en la adquisición de nutrientes. Es sabido que existen varios microorganismos que son responsables de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el N₂ atmosférico, convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas. Asimismo, el incremento en profundidad y superficie del sistema radical permite una mejor adquisición del agua (Aung *et al.*, 2018).

Da Silva *et al.*, (2021) al estudiar el efecto de diferentes fertilizantes orgánicos en la producción de boniato en suelos de la sabana de Roraima, Brasil, determinaron que cada fertilizante orgánico utilizado, independientemente de la dosis de aplicación, promueve porcentajes más altos de rendimiento comercial en comparación con la ausencia de fertilización orgánica.

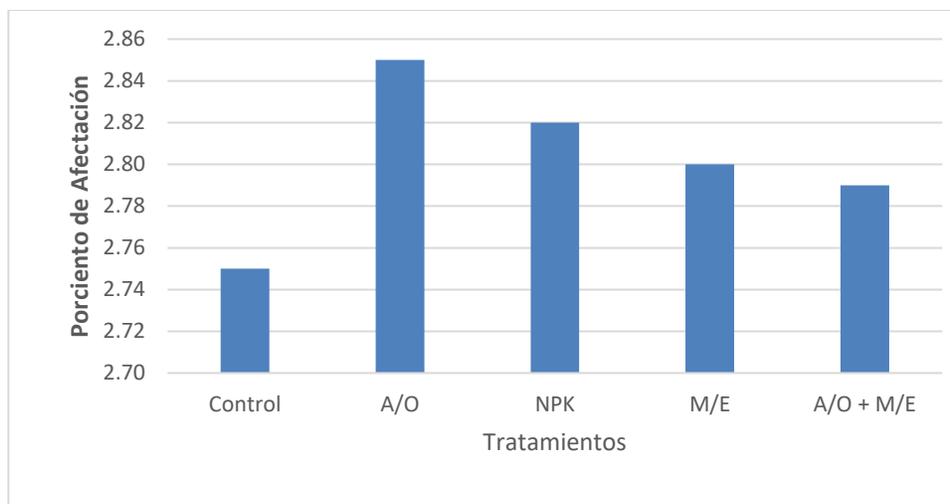
Simó *et al.*, (2018) citan resultados de Ruiz *et al.* (1994); Portieles *et al.* (1995) e INIVIT (2012) donde indicaron la importancia de las aplicaciones de materia orgánica en plantaciones de boniato y recomendaron que las dosis de fertilizantes químicos pueden

ser compensadas por materia orgánica con aplicaciones de 0,45 a 0,70 kg por plantas equivalente a 15-19 t.ha⁻¹, utilizando diferentes fuentes, como la cachaza, estiércol vacuno, gallinaza, humus de lombriz o compost según se disponga, resultado que se corresponde con las dosis evaluadas en esta investigación para el tratamiento a base de AO.

3.3.4. Afectaciones por Tetuán del boniato (*Cylas formicarius* F)

Para conocer el comportamiento de plagas en la variedad evaluada, se empleó el método de muestreo de campo observando 10 plantas en 10 puntos por parcela en estudio, en la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo, según metodología de señalización Instituto de Sanidad Vegetal (INISAV, 2011). Los resultados obtenidos que se muestran en la Figura 6, permiten afirmar que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, aunque la mayor afectación, se registró en el Control, resultado que coincide con lo referido por Rodríguez *et al.* (2018) quienes afirmaron que la afectación por Tetuán (*Cylas formicarius* F) de este cultivar es baja (< 2,6 %) por presentar características que lo hacen resistente al ataque de gorgojo del boniato como el grueso de piel y el alto contenido de látex. (p. 109)

Ferras *et al.* (2017) al evaluar el comportamiento productivo de cinco nuevos clones promisorios de boniatos provenientes del Instituto Nacional de Investigaciones de Viandas Tropicales en las condiciones de Holguín, encontraron que todos presentaron un buen comportamiento ante la afectación por Tetuán, no superando el 5,55 %, resultado que coincide con los de esta investigación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la investigación.

Figura 6. Efecto de la aplicación de AO y ME sobre las afectaciones por Tetuán (%)

3.4. Evaluación de la factibilidad económica del efecto de las alternativas orgánicas empleadas

Para el análisis de la factibilidad económica de los experimentos, se calculó el costo de la producción para poder determinar a partir de los ingresos obtenidos la utilidad o ganancia por tratamiento, de acuerdo a las actividades realizadas; para ello fue necesario delimitar los diferentes momentos por los que transitó el experimento, de acuerdo a las peculiaridades del cultivo. El desglose de todas las partidas calculadas, se puede observar en el anexo 1.

En la Tabla 14, se resumen los resultados del análisis económico realizado en la campaña de frío, donde se puede observar que todas las alternativas orgánicas evaluados, alcanzan ganancias con relación al Control, mientras que el tratamiento a base de fertilizantes químicos alcanza pérdidas, y resulta el mejor en la campaña, el T4. (ME-50), con 1049,01 Cup de ganancias con relación al Control, lo que demuestra la factibilidad del empleo de esta alternativa.

La relación costo beneficio más satisfactoria le correspondió al T4. (ME) con un costo por peso de (\$ 0,184) lo que explica que por cada (\$ 1,00) de ingreso obtenido se gastó (\$ 0,18), seguido por el T2 que generó un costo por peso de (\$ 0,196), los demás

tratamientos no se recomiendan como alternativas por no existir viabilidad en la relación costo- beneficio.

Tabla 14. Cálculo de la utilidad Campaña de frío (Cup)

Campaña de Frío	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Ingresos Totales	2 420,19	3 231,96	2 930,15	3 616,91	2 852,75
Gastos Totales	518,27	633,77	1 273,60	665,98	574,85
Utilidad Neta	1 901,92	2 598,19	1 656,55	2 950,93	2 277,90
Utilidad vs Testigo	--	696,27	-245,37	1049,01	375,98
Relación Costo Beneficio Costo/Ingresos	\$ 0,214	\$ 0,196	\$ 0,435	\$ 0,184	\$ 0,202

Fuente: Elaboración propia

Similares resultados fueron obtenidos por Osorio (2018) al evaluar la respuesta productiva del cultivo del boniato al empleo de microorganismos eficientes y micorrizas bajo las condiciones edafoclimáticas de la Empresa agropecuaria Imías, donde al realizar al análisis económico de los resultados, se obtuvo un resultado superior para todos los tratamientos evaluados comparado con el Control, valores que resultan alentadores desde el punto de vista de la sustitución de insumos.

Fuentes (2017), al determinar la factibilidad económica del uso de abonos orgánicos en el cultivo de boniato en la aldea Nicá, Malacatán, San Marcos, obtuvo que todos los abonos orgánicos evaluados reportaron valores económicos superiores al Control, resultado que coincide con los de esta investigación, donde las alternativas orgánicas evaluadas, superaron al Control y al tratamiento a base de fertilizante químico.

Por su parte, Molina (2019) al estudiar la respuesta del boniato a niveles de nitrógeno orgánico e inorgánico, obtuvo que todos los tratamientos a base de fuentes de Nitrógeno orgánico evaluadas, alcanzaran ingresos netos y una relación costo beneficio, superiores al Control.

A criterio de la autora de este trabajo, estos resultados se deben, al efecto que provocan los ME cuando son introducidos en el sistema suelo-planta, reportado por numerosos autores consultados, entre los que se destacan: *Schlatter et al.* (2017); *Aung et al.* (2018); Osorio (2018); Morocho y Leyva (2019) y Mesa (2020), cuyos resultados fueron comentados anteriormente.

Otro aspecto que resulta de interés en el cultivar evaluado y sus rendimientos, es que las raíces tuberosas de boniato de masa anaranjada contienen cantidades significativas de β -caroteno; aproximadamente el 90 % de los carotenoides en este cultivo son de este tipo. Al respecto, Rodríguez et al. (2018), plantean que actualmente existe una creciente demanda mundial de este tipo de boniato, debido a la efectividad para contrarrestar la deficiencia de vitamina A, la cual es una de las formas más dañinas de malnutrición en el mundo. El boniato de masa anaranjada (β -caroteno) es una fuente rentable de vitamina A. Por esta razón, en los últimos años el programa de mejoramiento genético de este cultivo en Cuba, ha tenido entre sus objetivos, la obtención de cultivares con este carácter y uno de ellos es el "INIVIT B 27-2017", el cual posee un intenso color anaranjado en su masa, lo que refuerza la importancia de los resultados obtenidos en esta investigación, que son una opción más para ofrecer un producto con mayor valor nutricional a la población y apoyar su seguridad alimentaria.

CONCLUSIONES

1. Al analizar el efecto de las alternativas de nutrición sobre los indicadores morfológicos se determinó que todos los tratamientos superaron estadísticamente al Control, siendo el mejor el T5 (la combinación AO+ME) y sobre los componentes del rendimiento el T4. ME y T2. AO) respectivamente, lo que demuestra la viabilidad de las alternativas orgánicas empleadas.
2. Al determinar la viabilidad económica de las alternativas de nutrición en el cultivo del boniato, todos los tratamientos generaron ganancias sobre T1. (Control), siendo el T4. (ME) el de mayor resultado, con ganancias de 1049,00 Cup, demostrando la factibilidad de las alternativas.

RECOMENDACIONES

1. Se propone a la Delegación Municipal de la Agricultura realizar capacitaciones a los productores del municipio acerca del empleo de estas alternativas orgánicas, que da solución al problema de la fertilización, como alternativa más económica y en armonía con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, J., & Núñez, M. (2011). *Biobras-16, nuevo modo de acción en hortalizas*. In: *Seminario Científico, Programas y Resúmenes*. La Habana Instituto de Ciencias Agrícolas, p.159.
- Acheampong, V. (2012). *Phenotypic and molecular characterization of released and elite sweet potato varieties in Ghana compared with virus-tested putative ramets* [Tesis de maestría], *Kwame Nkrumah University of science and technology*.
<http://www.semantescolar-org>
- Arango, M. J. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*. [Tesis de grado, Corporación Universitaria Lasallista]. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Especialización en Gerencia Agropecuaria. Caldas – Antioquia.
<https://es.scribd.com/document/450171220/Abonos-organicos-alternativa-conservacion-mejoramiento-suelo>
- Atuna, R. A., Aduquba, W. O., Alhassan, A. R., Abukari, I. A., Muzhingi, T., Mbongo, D., & F. K. Amagloh, trads (2018). Post-harvest quality of two orange-fleshed sweet potato [*Ipomoea batatas* (L) Lam] cultivars as influenced by organic soil amendment treatments. (*Journal of Nutrition & Food Sciences*), 8(6), 3-8. 10.4172/2155-9600.1000691
- Aung, K., Jiang, Y., & S. Y. He, trads (2018). *The role of water in plant microbe Interaction*. (*The Plant Journal*), (93), 771-780.
- Ballesteros, D. A. (2008). *Efecto de la suplementación de EM. (Microorganismos Eficientes) en la alimentación de conejos Nueva Zelanda en la fase de ceba en la finca El Pedregal del municipio de Simijaca*. [Tesis de grado Universidad de la Salle]. Facultad de Zootecnia. Universidad de Colombia.
<http://www.terra.lasalle.edu.co>
- Brechelt, A. (2000). *Agricultura orgánica. Guía Técnica No 35 Serie cultivos*. (CEDAF) Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, INC: Santo Domingo. República Dominicana. <http://www.cedaf.org.do>

- Castellón, M.C. (2010). *Estudio biológico para el manejo de Typophorus nigritus Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae) en plantaciones de boniato (Ipomoea batatas (L.) Lam. [Tesis doctor] Universidad de Santa Clara Cuba.* <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6885>
- Castellón, M. del C., González, R. E., Rojas, X., Vázquez, A., & Cartaya G. (2018) *Respuesta de genotipos de boniato frente la presencia de CylasformicariusF. (Coleóptera: Apoinidae) yTypophorusnigritusF. (Coleóptera:Chysomelidae)* Rev. Agricultura Tropical Vol. 4 No. 1:23-33, 2018 ISSN on line: 2517-9292
- Castillo, M.R., Brenes, A. L., Esker, P., & Gómez, L. (2014). *Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (Ipomoea batatas L. Lam.). Agronomía costarricense* 38 (2): 67-81.<http://www.mag.go.cr/rev-agr/index.html>
- Centro del clima. Instituto de Meteorología. (2015). El clima de Cuba. *Características generales.*<http://www.met.inf.cu/asp/génesis.asp?.TB=PLANTILLAS&tb1=CLIMA C&TB2=/clima/Clima Cuba.htm>
- Centro Internacional de la Papa. (2013). *Factsand figures about sweet potato.* (AI/NRS/HQ) <http://www.cipotato.org> .
- Chaurasia, A. (2018). *Actinomycetes: an unexplored microorganism for plant growth promotion and biocontrol in vegetable crops* (Meena, B &N. Tripathi, A. et al .*World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34 (9): 132.<http://doi.org/10.1007/s11274-018-2517-5>
- Corbera, J., & Núñez, M. (2014). Evaluación agronómica del análogo de brasinoesteroides BB-16 en soya, inoculada con Bradyrhizobium japonicum y HMA, cultivada en invierno sobre un suelo ferralsol. *Cultivos Tropicales*, 25(3), 9-13.
- Coutinho, M.F. (2011). *Cuderno dos Microorganismos Eficientes (EM).Intruções praticas sobre uso ecológico e social de EM.*<http://www.summet.com.br/biblioteca//libros-e-textos/cadernos-dos-microorganismos-eficientes.pdf.com>.
- Da Silva,E., López,J. L.,Dresch,B. L.,Oliveira, R., Farías, W., Alves, E., da Silva, S., da Silva, R. H., Cardoso, P., Tadashi S., Soares, E., Alves. de A., & Abanto. (2021)

Fertilización orgánica para introducir el cultivo de camote (Ipomoea batatas L.) en suelos de la sabana. Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.27 no.1 Chapingo ene./abr. 2021 E pub 23-Abr-2021 <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.05.011>

Dickison, D., Liriano, R., & Santana, Y. (2020). *Fitotecnia del cultivo del boniato [Ipomoea batatas L. (Lam)]* <http://monografias.umcc.cu/monos/2020/FCAgro/mo20253.pdf>

Ecologic Maintenances. (2012). *Microorganismos efectivos EM en la Agricultura.* Uwe Rolli, U.S.A. SPSS Statistical, version 15.0. para Windows Mérida, Yucatán. México. Editorial IBM Corporation <http://www.ibm.com>.

Fernández-Larrea, O. (2013). *Microorganismos eficientes usos y posibilidades de producción.* I Talle Nacional sobre resultados del empleo de los microorganismos eficientes en Cuba. Santi Spiritus.

Ferras, Y, Rodríguez., & Morales, A. (2017). *Evaluación de nuevos clones de boniato (Ipomoea batatas L. (Lam) promisorios para la provincia de Holguín.* 9na Conferencia Científica Internacional de Holguín.

Flórez, D. H.; Contreras, C. A. & Uribe, C. P. (2016). *Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de la batata en Colombia.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). ISBN (e): 978-958-740-223-0. www.corpoica.org.co <http://fundases.com/p/solbac.html>

Fondo para la Protección del Agua. (2010). *Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana: Manual para la elaborar y aplicar abonos plaguicidas orgánicos.* Ecuador (2012). http://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos_org_nicos_-_protegen_el_sue

Fuentes, L. F. (2017). *Efecto de abonos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de camote; Malacatán, San Marcos* [Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero agrónomo en el grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas con énfasis en Cultivos Tropicales Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas Universidad Rafael Landívar]

- Fujita, M. (2015). *Comparison of soil (Oribatida; Acari) between conventional and nature (Tillage and no-tillage practice) farming crop fields in Japan*. International Nature Farming Research Center. Agricultural Experiment Station. Hato-machi, Nagano 390-(40).
- García, M. de L. (2008). *Materia Orgánica: La sangre de la tierra. Desplegable para productores Núm. 14. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. Campo experimental Bajío, Celaya, México.
- García-Velázquez, L., & Gallardo, A. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Univisión para el ecólogo terrestre. *Revista Ecosistemas*, 26 (1). (4-6).
- Garro, A. J. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria 631-417 (106). ISBN 978-9968-586-26-9 <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04->
- Gómez, A. M. (2017). Boniato. *Cultivos hortícolas al aire libre*. Serie Agricultura. Editorial Caja Rural. (62-83). <https://publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-hortícolas-al-aire-libre/02-cultivos-hortícolas-al-aire-libre.pdf>
- Gómez, D., & Vásquez, Y. M. (2011). *Abonos orgánicos*. (PYMERURAL y PRONAGRO). <http://www.metrocert.com/files/abonos%20organicos/2024-05-2011.pdf>.
- Grüneberg, W. J., Mwanga, O. M., Carey, E. E., Huamani, K., Díaz, F., Eyzaguirre, R., Song, S., Anil, S. R., Hossain, M., Rahaman, E., Attaluri, S. I., Somé, K., Fuape, S. O.; Adolfo, K., Karanja, L., Ndirigwe, J., Chiona, M., Ricardo, J., Andrade, M., & Yencho, G. C. (2015). *Advances in sweet potato breeding from 1992 to 2012*. In: Campos, H., y P.D.S. Caligari (eds) (3-42 p). Genetic improvement of tropical crops. Springer. Cham Switzerland. https://www.researchgate.net/publication/301699894_Advances_in_sweetpotato_breeding_from_1992_to_2012_In_Potato_and_Sweetpotato_in_Africa
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D.; Rivero, L. & Castro, N. (2015). *Clasificación de plantas*. Ediciones INCA, Cuba, 93 p. ISBN 978-959-7023-77-7. http://www.smcs.org.mx/pdf/libros/abonos_org.pdf

- Hernández, G. L., Baños, S. Y., Carrodegua, D. S., Busto, C. A., Dovalés, H. A., Lugo, B., Hernández, P. A. & Hernández, G. R. (2018). *Respuesta agronómica de clones de boniato y afectación por Tetuán del boniato en Pinar del Río*, 45(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400091&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- Horwath, W. R. (2017). *The role of the soil microbial biomass in cycling nutrients*. In: *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*. p. 41-66. https://doi.org/10.1142/9781786341310_0002
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2015). *Cartilla práctica para la elaboración de abono orgánico: Compostado en producción ecológica*. Código: 00.09.56.15C. Bogotá D.C., Colombia. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5229/cartilla_elaboracion_abono_organico_compostado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Instituto de Investigación de Viandas Tropicales. (2007). *Instructivo técnico del cultivo del boniato*. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana. http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=18&cf_id=24
- Instituto de Investigación de Viandas Tropicales. (2008). *Instructivo técnico para el cultivo del boniato* (LIC/PUB/12-P). Ministerio de la agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Instituto de investigación de viandas tropicales (2012). *Instructivo técnico para la producción de semillas de viandas*. Ministerio de la agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. <https://publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-hortícolas-al-aire-libre/02-cultivos-hortícolas-al-aire-libre.pdf>
- Instituto de investigación de viandas tropicales. INIVIT (2016). *Instructivo Técnico para las raíces, rizomas, tubérculos, plátanos y bananos*. Ministerio de la agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. (2009). *Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura*. República

Dominicana.(LIC/PUB2009/9).

<http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php?recordID=971>

Lago, C.L. (2011). *El cultivo de la batata: una oportunidad agroalimentaria para pequeños productores de clima cálido*. Convenio SENA - SAC No.00086 de 2011

<http://www.sac.org.co/images/contenidos/Cartillas/Cartilla%20Batata.pdf>

León Avilés, D. J. (2020). *Análisis de la información científica de microorganismos eficientes de montaña para potenciar la diversidad biológica de los suelos agrícolas Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del [Título de Ingeniera Agrónoma Universidad Técnica de Cotopaxi]* Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Londoño, N., Taborda, M., López, C., Acosta, L. (2015 14 de febrero). *Bacteriosinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos*. *Revista Colombiana de Ciencia y Tecnología*, 23 (36): 186-205.

<https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/356>

Luna, M.A., & Mesa, J.R., (2016). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. *Revista Agro ecosistemas*, 4(2),31

40.<http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

Machado, M., Torres, O., Licea. E., & Llorente, R., (2020). *Evaluación productiva de cuatro clones de boniato en el litoral de Campechuela REDEL*. *Revista Grámense de Desarrollo Local*. Vol.16. 2020. **391-400** ISSN: 2664-3065. RNPS: 2448.

<http://redel.udg.co.cu>

Martí, H; Mittidieri, M., Del Valle, L., Segade, G. & Constantino, A. (2014). *Producción agroecológica de batata para el cultivo y la huerta familiar*. San Pedro, Buenos Aires, España.

https://www.researchgate.net/publication/301481649_Produccion_agroecologica_de_batata_para_el_gran_cultivo_y_la_huerta_familiar

Meena, S & Meena, V. (2017). *Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production*. In: *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*, (1),3-23 Springer, Singapore.

https://www.researchgate.net/publication/319935165_Importance_of_Soil_Microbes_in_Nutrient_Use_Efficiency_and_Sustainable_Food_Production

Mesa, J. R. (2020). *Microorganismos eficientes y su empleo en la protección fitosanitaria de los cultivos*. Revista Científica Agro ecosistemas, 8(2), 102-109. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

Molina, H. F. L., (2019). Respuesta del camote (*Ipomoea batatas* L.) a niveles de nitrógeno orgánico e inorgánico [Tesis de Maestro en Ciencias, Universidad de Texcoco, Estado de México]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3990/1/Molina_Lopez_HF_MC_Edafologia_2019.pdf

Ministerio de la Agricultura (2012). *Instituto de investigación de viandas tropicales. Instructivo técnico para la producción de semillas de viandas*. Ministerio de la agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. <https://publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-hortícolas-al-aire-libre/02-cultivos-hortícolas-al-aire-libre.pdf>

MINAGRI, (2018). *Programa de desarrollo del municipio de Lajas provincia Cienfuegos*. Ministerio de la Agricultura. Cienfuegos, Cuba.

Morales, A.T. (2014). *Mejoramiento Genético del Boniato (Ipomoea batatas L. Lam.) en Cuba*. Curso Internacional en La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). http://cadenahortofruticola.org/admin/bibli/916Mejoramiento_genetico_COL.pdf

Morales, A., Morales, A., Rodríguez, D. Pastrana, J. & Aracelis, C. (2017). *Origen, evolución y distribución del boniato (Ipomoea batatas (L.) Lam.)*. Una revisión. Revista Agricultura Tropical 3 (1), 1-13. https://www.researchgate.net/publication/342747840_Origen_Evolucion_y_Distribucion_del_Boniato_Ipomoea_batatas_L_Lam_una_Revision

Morales, T. A., Morales, R. A. & Rodríguez, D. (2016). *Efectos de la consanguinidad en caracteres de boniato (Ipomoea batatas (L) Lam) en S1*. Revista Agricultura Tropical 2(1), 13-28. RNPS:2397. <https://1library.co/document/q2m2mn6y-efectos-de-consanguinidad-caracteres-boniato-ipomoea-batatas-lam.html>

- Morales, A.L., Rodríguez, D., Morales, T. A., Rodríguez, S.J., Masa, N.J. & Lima, M.A. (2017). *Informe de nuevo cultivar INIVIT BM-90*, (Ipomoea batatas (L.) Lam.) con alto contenido de antocianina. *Cultivos Tropicales* 38(2),80. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n2/ctr10217.pdf>
- Morocho, M.T. & Leyva, M. (2019). *Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas* 45(49),p. 93-103. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>
- Norma Cubana 10 390. (2018 17 de octubre). *Calidad del suelo*. Determinación de pH. NC-ISO 10 390:99. <https://tienda.icontec.org/gp-calidad-del-suelo-determinacion-del-ph-ntc5264-2018.html>
- Norma Cubana 51. (2007). *Calidad del suelo*. Determinación del porcentaje de materia orgánica. NC 51:99. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V34Numero_4/HTML/cag064071573.htm
- Norma Cubana 52. (2007). *Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio*. NC 52:99. Ciudad de La Habana. Cuba. P.11. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V34-Numero_4/cag064071573.pdf
- Norma Cubana 209. (2002). *Calidad del suelo*. Determinación de los aniones y cationes solubles en los extractos suelo-agua y el porcentaje de saturación. NC 209:02. Ciudad de La Habana -- 10 p. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V34-Numero_4/cag064071573.pdf
- Norma Cubana 73-02:82 (2003). *Normas Cubanas*. Boniato, frutas y vegetales naturales. Especificaciones de calidad. <http://ftp.isdi.co.cu/biblioteca/biblioteca%20universitaria%20del%20isdi/coleccion%20digital%20de%20normas%20cubanas/2003/nc%20iso%20874%20%20a2003%2010p%20yow.pdf>
- Oficina Nacional de Estadística e Información. (2020). *Anuario Estadístico de Cuba 2019*. <http://onei.gob.cu/sites/defau.files.agropecuario2020pdf.ONEI.C>

Oficina Nacional de la Estadística e Información. (2020) *Anuario Estadístico municipio Lajas.2019.*

http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_municipal/04_lajas_1.pdf

Oficina Nacional de la Estadística e Información. (2020) *Anuario Estadístico Provincia Cienfuegos.2019.*

http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_provincial/00_anuario_estadistico_de_cienfuegos_2019_.pdf

Okerete, C. (2015). *Assessing the morphological and taxonomic characteristic of some members of Convolvulaceae family.* (M. Irokaf& O. Chukwuma. InternationalJournal of Herbal medicine,2(5),38-42.

<http://florajournal.com/jan20152-4-7pdf>

Organización para la Agricultura y la Alimentación (2019). *Base de datos agrícolas. Cultivos y productos de ganadería.*<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Osorio, J. (2018). *Respuesta productiva dl cultivo del bonito (Ipomoea batata L.) al empleo de Microorganismo eficientes y Micorrizas bajo las condiciones edafoclimáticas de la Empresa Agropecuaria Imías.* Revista digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda”. No 56.ISSN 1989-6794,

<https://ojeandolaagenda.com/2018/11/28/respuesta-productiva-del-cultivo-del-boniatto-ipomoea-batata-l-al-empleo-de-microorganismos-eficientes-y-micorrizas-bajo-las-condiciones-edafoclimaticas-de-la-empresa-agropecuaria-imias/>

Pagalo, M., Del Carmen, J.; Barahona, R. S., & Vera, T. R. (2010). *Proyecto de actibilidad de la creación de una empresa elaboradora de camotes al horno en forma de snack light en Guayaquil.* [Tesis profesional. Escuela Superior Politécnica del Litoral

Ecuador].<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3272/8106004.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quispe, A. (2017). *Adaptación y rendimiento de 20 clones de camote (Ipomoea batatas L.) de doble propósito en el ecosistema de Bosque Seco, Piura.* *Ciencia y Desarrollo* 20 (1): 15-48 enero-junio 2017Ciencia y Desarrollo. Universidad Alas Peruanas.

<http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/index><http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v20i1.1407>

Quispe, Y. C. & Chávez, C. M. F. (2017). *Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (Cucumissativus L.), municipio de Achocalla.* *Apthapi*, 3 (3): 652-666.
<http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/161>

Rodríguez, D. (2016). *Anaranjados y morados: ¿Por qué es importante para la salud humana consumir variedades de boniato con masas de esos colores.* Programa integral de Cultivos Varios. Boletín Interno El Productor. La Habana, Cuba.
<http://boletín-El-Productor-julio-2016.pdf>. *Adobe-Acrobat-Reader-DC-(32-bit)*

Rodríguez., D., Morales A, R., Armando J, H & Díaz, G. (2017) . *Evaluación morfo-Agronómica y Fisiológica de seis genotipos mejorados de boniato (Ipomoea batatas (L.) Lam.)* *Revista Agricultura Tropical* 45(4),90-94.
<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n4/0253-5785-cag-45-04-91.pdf>

Rodríguez, D., Morales, A. & Morales, A. (2015). *Evaluación de ocho nuevos clones de boniato (Ipomoea batatas (L) Lam.)* *Agrisost Año 2015*, 21(3),18-27.
<http://www.agrisost.reduc.edu.cu>

Rodríguez, D., Morales, A., Morales, A. & Rodríguez, S. J. (2018). *Reporte de nuevo cultivar. 'INIVIT B 27-2017'. Nuevo cultivar de boniato (Ipomoea batatas (L.) LAM.) Biofortificado rico en vitamina A.* *Cultivos Tropicales*, vol. 39, no. 2, ISSN impreso: 0258-5936. ISSN digital: 1819-4087 <http://ediciones.inca.edu.cu>

Rodríguez Del Sol, D. Morales Alfredo, T, Morales Alfredo, R, Armando José, H y Díaz, Gálvez. (2017). *Evaluación Morfo- Agronómica y Fisiológica de seis genotipos mejorados de boniato (Ipomoea batatas (L.) Lam.)* *Revista. Agricultura Tropical* (11) 25-26. ISSSN on line:2517-9292. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n1/0253-5785-cag-46-01-31.pdf>

Román, P., Martínez, M. & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.*
<http://www.fao.org/climatechange/climatesmart/es/>

- Rós, A. B., Narita, N., & Hirata, A. C. (2014). *Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e química de solo em função da adubação orgânica mineral*. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(1), 205-214. Doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n1p205
- Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., & Paulitz, T. (2017). *Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome*. *Phytopathology*, 107(11), 1284-1297.
- Simó, J., Espinosa, E., Espinosa, A., De Almeida, F. & Rivera, R. (2018). *Aplicación de abonos orgánicos en la producción de material de propagación en el cultivo de boniato (Ipomoea batatas (L) Lam)*. *Revista. Agricultura Tropical* 4(2), 10-21. <https://1library.co/document/zw5x580z-aplicacion-organicos-produccion-material-propagacion-cultivo-boniato-ipomoea.html>
- Socorro, A. R., Padrón, W.R., Pretell, R., & Parets, E.R. (2005). *Modelo Alternativo para la Racionalidad Agrícola. Edición Especial para la Asignatura Práctica Agrícola*. Editorial Universo Sur. Universidad de Cienfuegos. 300 p.
- Sotolongo, N. (2012). *Influencia del número de plantas por nido en la producción de semillas de boniato (Ipomoea batatas (L.) Lam.)*. [Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara] Cuba. 47p.
- Toalombo, R.M. (2012). *Evaluación de microorganismo eficiente autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (Allium fistulosum)*. [Trabajo de diploma. Universidad Técnica de Ambato Ecuador]. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2217/Tesis-22agr.pdf?sequence=1>
- Vásquez, C. L. (2001). *Comportamiento de cinco clones de boniato (Ipomoea batatas (L) Lam) ante los daños causados por Tetuán (Cylas formicarius Fab) en la CPA Jesús Mondéjar*. pp12 <http://dspace.uclu.cu/bitstream/handle/123456789/2159/tesisRobertoDiaz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Vurukonda, S., (2018). *Plant growth promoting and biocontrol activity of Streptomyces spp. as endophytes* (D. Giovanardi, & E. Stefani, trds). International Journal of Molecular Science, 19 (4), 952.<https://doi.10.3390/ijms19040952>
- Yang, Z., Jiang, Z., Hse & C. Y., Liu, R. (2017). *Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (Pinuselliottii) by stress wave non-destructive testing*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 117: 123-127.<https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/5479>

ANEXOS

ANEXO N° 1

Tabla 15. Relación de gastos efectuados en los tratamientos realizados en las parcelas en estudio en la campaña de Frio

<u>Campaña de Frío</u>	Testigo Tratamiento 1	MO Tratamiento 2	Químico Tratamiento 3	ME Tratamiento 4	MO+ME Tratamiento 5
<u>MATERIALES</u>	<u>\$172,92</u>	<u>\$172,92</u>	<u>\$866,99</u>	<u>\$173,21</u>	<u>\$173,21</u>
<u>Semilla Básica Certificada</u> (300 esquejes- para 112.5 m2)	\$21,00	\$21,00	\$21,00	\$21,00	\$21,00
<u>ME-50</u> 3 aplicaciones-0.03375 litros				\$0,29	\$0,29
<u>AO</u> 15 kg - 112.5 m2		0			0
<u>Productos Químicos</u>			\$694,07		
Nitrógeno			\$200,51		
Fósforo			120,56		
Potasio			373,00		
<u>Nicosave</u> 0.36 litros para 112.5 m2	\$1,92	\$1,92	\$1,92	\$1,92	\$1,92
<u>B. Bassiana</u> 5 kg - 112.5 m2 * \$30.00	\$150,00	\$150,00	\$150,00	\$150,00	\$150,00

COMBUSTIBLE	<u>\$0,59</u>	<u>\$0,59</u>	<u>\$0,59</u>	<u>\$0,59</u>	<u>\$0,59</u>
<i>Preparación de Tierra</i>	\$0,59	\$0,59	\$0,59	\$0,59	\$0,59
0.2925 litros -112.5 m2 a \$2.00					
ENERGÍA ELÉCTRICA	<u>\$2,81</u>	<u>\$2,81</u>	<u>\$2,81</u>	<u>\$2,81</u>	<u>\$2,81</u>
<i>Riego de agua 5 veces</i>	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
SALARIO O JORNAL PAGADO	<u>\$76,87</u>	<u>\$77,43</u>	<u>\$77,34</u>	<u>\$78,56</u>	<u>\$78,56</u>
<i>1. Rotura Mecanizada Junz</i>	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
<i>2. Cruce (3 cruce Tracción animal)</i>	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
<i>3. Selección y corte de semilla</i>	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
<i>4. Surque 2 jornadas</i>	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
<i>5. Aplicación de Materia orgánica</i>		0,56			
<i>6. Riego 5 veces</i>	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
<i>7. Aplicación de B. Bassiana 5 aplicaciones</i>	2,81	2,81	2,81	2,81	2,81
<i>8. Aplicación de ME-50 3 aplicaciones</i>				1,69	1,69
<i>9. Aplicación de MP2O5 y K2O</i>			0,47		
<i>10. Aporque con Tracción animal</i>	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
<i>11. Guataquea ligera 3 frecuencias</i>	8,44	8,44	8,44	8,44	8,44

12. Escarde 1 frecuencia	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
13. Aplicación de Nicosave 2 aplicaciones	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
14. Cosecha (Saque, Selección y embalaje)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
SERVICIOS RECIBIDOS	\$21,46	\$21,46	\$21,46	\$21,46	\$21,46
Servicio de maquinaria (JUNZ) Rotura	20,50	20,50	20,50	20,50	20,50
Servicios agua 5 veces	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
COSTO TOTAL	\$274,65	\$275,21	\$969,19	\$276,63	\$276,63

Cálculo de la Utilidad Bruta

Ingresos Totales (1 tn a \$8,687.60)	\$2.420,19	\$3.231,96	\$2.930,15	\$3.616,91	\$2.852,75
Producción	0,27858	0,37202	0,33728	0,41633	0,32837
Menos: Costos Totales	\$274,65	\$275,21	\$969,19	\$276,63	\$276,63
Utilidad Bruta	\$2.145,54	\$2.956,75	\$1.960,96	\$3.340,28	\$2.576,12
Menos					
Otros gastos	\$50,00	\$100,00	\$70,00	\$100,00	\$70,00
Cargue y descargue	50,00	100,00	70,00	100,00	70,00
Impuestos y Otros	<u>193,62</u>	<u>258,56</u>	<u>234,41</u>	<u>289,35</u>	<u>228,22</u>

<i>Impuesto por Ingresos personales 5%</i>	\$121,01	\$161,60	\$146,51	\$180,85	\$142,64
<i>Aporte a la cuenta de la CCS 3%</i>	<u>72,61</u>	<u>96,96</u>	<u>87,90</u>	<u>108,51</u>	<u>85,58</u>
Utilidad Neta	\$1.901,93	\$2.598,19	\$1.656,55	\$2.950,93	\$2.277,90
Relación Costo Beneficio Egresos/Ingresos <i>(Costos Totales/Ingresos totales)*100</i>	\$0,214	\$0,196	\$0,435	\$0,184	\$0,202
Costos Totales	\$274,65	\$275,21	\$969,19	\$276,63	\$276,63
Otros gastos	50,00	100,00	70,00	100,00	70,00
Impuestos y Otros	193,62	258,56	234,41	289,35	228,22
Total Egresos	\$518,27	\$633,77	\$1.273,60	\$665,98	\$574,85
Rentabilidad Ingreso Neto/Ingreso Bruto*100 <i>(Utilidad Neta/Utilidad Bruta)*100</i>	\$88,65	\$87,87	\$84,48	\$88,34	\$88,42