

APF

Revista Agropecuaria y Forestal

ISSN 2307-1990

Volumen 9 (2) 2020



Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales
(SODIAF)



“La investigación al servicio de la producción”

La Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (SODIAF) se fundó el 20 de febrero del año 1992 y es una organización sin fines de lucro, que agrupa a más de 200 investigadores agropecuarios y forestales del país.

Valores de la SODIAF:

- *Calidad de la investigación*
- *Formación y crecimiento de sus miembros*
- *Promoción y difusión de las investigaciones*
- *Cooperación con instituciones nacionales e internacionales*
- *Establecimiento de un código ético*
- *Solidaridad con la mejora de las condiciones de trabajo para los investigadores*
- *Creación de opinión sobre nuevas tecnologías y problemas agropecuarios*

Misión de la SODIAF

Es una Sociedad sin fines de lucro, comprometida con la formación, crecimiento, ética y condiciones de trabajo de los investigadores, que promueve la calidad, difusión y pertinencia de las investigaciones, la cooperación nacional e internacional y que orienta a la sociedad sobre el desarrollo científico y tecnológico del sector agropecuario y forestal.

Visión de la SODIAF

Asegurar la calidad y pertinencia de las investigaciones agropecuarias y forestales en la República Dominicana; ser la primera institución dominicana de orientación sobre el desarrollo de tecnologías agropecuarias y forestales; y procurar un ambiente adecuado para el ejercicio del investigador.

Revista APF

Órgano de difusión de la Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, Sodiaf.

La Revista APF de la Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales es un mecanismo para contribuir con la difusión e intercambio de información sobre el quehacer científico y tecnológico. Se pone a la disposición del Sistema Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales e investigadores de la región del Caribe y América Latina. Está dirigida a un público global, interesado en las disciplinas biofísicas o socioeconómicas que inciden en el desarrollo de la agropecuaria y los recursos naturales.

Instituciones Auspiciadoras

- Ministerio de Agricultura (MA)
- Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Coniaf)
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf)
- Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (Cedaf)
- Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (Sodiaf)
- Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI)

Correspondencia:

Toda la correspondencia dirigida a la Revista debe dirigirse al Editor en Jefe:

José Richard Ortiz

Editor en Jefe

Revista APF

José Amado Soler 50, Ensanche Paraíso,

Santo Domingo, República Dominicana

(Oficinas del Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. - Cedaf)

Teléfono: 809-565-5603 Ext 222 (Cedaf)

Fax: 809-544-4727 Atención Sodiaf

Email: sodiaf@sodiaf.org.do • editor.revista@sodiaf.org.do

Sitio Web: www.sodiaf.org.do

Cita correcta: Revista APF. 2020. Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (Sodiaf). Santo Domingo, DO. Volumen 9(2).

Revista electrónica: <http://www.sodiaf.org.do/apf>

Editor en Jefe

José Richard Ortiz, Idiaf

Editor Asociado

Elpidio Aviles, Sodiaf

Consejo Asesor:

*José Pablo Morales
Universidad de Puerto Rico*

*Graciela Godoy
Idiaf*

*Modesto Reyes
UASD*

*Jesús Rosario
Sodiaf*

*Birmania Wagner
Sodiaf*

*Freddy Contreras
Idiaf*

*Elpidio Aviles
Idiaf/ Sodiaf*

Comité Editorial:

*Elpidio Aviles
Sodiaf*

*Gonzalo Morales
CEDAF*

Diseño y Diagramación

*Gonzalo Morales
Cedaf/Sodiaf*

Foto de Portada:

Hojas con incidencia alta y moderada de parasitismo de la Roya del café (Hemileia vastatrix).

Foto: Máximo Halpay, Lucía Silverio, Ana Mateo, Ángel Pimentel y Juan Cueto.

Revista APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, Sodíaf



Revista APF - Vol 9 No 2, 2020

Contenido y Autores

Pág.

iii Editorial

Ing. Elpidio Aviles, M.Sc.

Presidente de la Junta Directiva Sodíaf 2018-2020

Artículos Científicos

- 1-16 **Diagnóstico de patógenos asociados al cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), en localidades del Cibao Central de la República Dominicana**
Sandra Araujo, Máximo Halpay y Lucia Silverio
- 17-24 **Evaluación in vitro de micoparásitos con potencial de control sobre la enfermedad Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en la provincia San Juan, República Dominicana**
Máximo Halpay, Lucia Silverio, Ana Mateo, Ángel Pimentel y Juan Cueto
- 25-42 **Tendencias químicas de suelos dominicanos Parte I: pH y cationes extraíbles**
José Cepeda
- 43-56 **Selección de esporas de micorrizas autóctonas en suelos procedentes de fincas ganaderas de la República Dominicana**
Pedro Núñez, Lissette Jorge, Henry Corporán, Birmania Wagner, Elfrida Pimentel, Adriana Bueno, Iris Marcano y María Pimentel
- 57-68 **Aislamiento de esporas de micorrizas autóctonas procedentes de fincas ganaderas de Montecristi, República Dominicana**
Iris Marcano, Rodyana Rodríguez; Karen Pérez, Elfrida Pimentel, Adriana Bueno, Birmania Wagner; Sixto Aquino y Pedro Núñez
- 69-74 **Evaluación de la ganancia de peso de animales (F1) descendientes de Angus Negro y Rojo con vacas mestizas en condiciones tropicales**
Helmut Bethancourt y Ramón Martínez

Editorial

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que para el año 2050 la producción de alimentos debe crecer en torno al 70%, para atender la demanda de una población estimada en 9,800 millones de personas. Debe aumentar la producción de alimentos y las soluciones son expandir el área cultivable, donde según expertos sólo puede ser hasta un 5% del área cultivable disponible, y/o aumentar la productividad o rendimientos de los cultivos. Para dar respuesta a esta última alternativa de aumento de la productividad, exige el avance en la investigación e innovación tecnológica con nuevas semillas, fertilizantes y equipos agrícolas. El sector agrícola tiene un reto y para darle respuesta debe ir acompañado del desarrollo tecnológico de los países. Es la única forma de dar respuesta a este dilema. Ya entramos a la era de la utilización de las granjas automatizadas, autónomas y conectadas. En el año 2001, las primeras máquinas con GPS permitieron la reducción de hasta un 40% en el consumo de combustible e insumos al mapear el campo y dirigir equipo con precisión. En esta década, sensores, detectores y mapeo de suelos se combinan con la tecnología de posicionamiento para crear un perfil de plantación definido de acuerdo con la calidad del suelo en cada pequeña área cultivable. Los equipos autónomos tienen la capacidad de seguir rutas predeterminadas para plantar y cosechar con capacidad de trabajo ininterrumpido. Los drones sobrevuelan los campos y evalúan la salud de los cultivos y las condiciones del suelo. En tal sentido, la Sodíaf que es una sociedad sin fines de lucro, que tiene como misión estar comprometida con la formación, crecimiento, ética y condiciones de trabajo de los investigadores; que promueve la calidad y difusión y pertinencia de las investigación cooperación nacional e internacional y orienta a la sociedad dominicana sobre el desarrollo científico y tecnológico del sector agropecuario y forestal y en especial, está comprometida con el país y para poner un granito de arena , esta Junta Directiva Sodíaf (2018-2021) se siente satisfecha al entregar este nuevo número de la revista APF 9 (2), 2020 a la comunidad científica dominicana e internacional, así como a los estudiantes, técnico y productores agrícolas del país.

Ing. Elpidio Aviles, M.Sc.
Presidente de la Junta Directiva Sodíaf 2018-2021

Diagnóstico de patógenos asociados al cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), en localidades del Cibao Central de la República Dominicana

Sandra Araujo¹, Máximo Halpay² y Lucia Silverio²

¹Investigadora Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Investigadores en protección vegetal del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en el ²Centro de Tecnologías Agrícolas (Centa). Autor para Correspondencia ² mhalpay@idiaf.gov.do

RESUMEN

En la República Dominicana las plantaciones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) son afectadas por enfermedades fúngicas y bacterianas cuya distribución geográfica e importancia económica varían considerablemente. Desde el punto de vista práctico, sin una identificación apropiada, no es posible desarrollar método de detección sensible y preciso que permitan controlar las enfermedades, solo la identificación de los agentes causales de las enfermedades permite seguir y validar estrategias de manejo que eviten su diseminación. Con el objetivo de aislar e identificar los patógenos asociados a enfermedades en el cultivo de yuca, se colectaron muestras foliares con síntomas y sin síntomas en parcelas previamente evaluadas, los aislamientos procedieron de 89 muestras, tomadas de las seis principales subzonas productoras de yuca de la Región del Cibao Central. Para aislamiento de los hongos, se utilizaron los medios de cultivo: agar nutritivo (AN), levadura-dextrosa-carbonato (YDC) y papa-dextrosa-agar (PDA), para la identificación de bacterias: la tinción de Gram. y pruebas bioquímicas. Se realizó una prueba de patogenicidad con los aislamientos obtenidos. Las plantas inoculadas presentaron expresión de daño de los tejidos internos y externos sugiriendo que los microorganismos inoculados tenían relación con las enfermedades observadas. De las muestras foliares colectadas, se aislaron e identificaron hongos de los géneros: *Cercosporidium*, *Colletotrichum* y *Alternaria*, además, se identificó la bacteria del género *Clavibacter*, la cual no ha sido reportada en la República Dominicana.

Palabras claves: yuca, daños foliares, *Cercosporidium*, *Colletotrichum*, *Alternaria*, *Clavibacter*.

ABSTRACT

In the Dominican Republic, cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plantations are affected by fungal and bacterial diseases whose geographic distribution and economic importance are considerably. From a practical point of view, without proper identification, it is not possible to develop a sensitive and precise detection method to control diseases, only the identification of the causal agents of the diseases allows to follow and validate management strategies that prevent their spread. In order to isolate and identify the pathogens associated with cassava cultivation diseases, leaf samples with and without symptoms were collected in previously evaluated plots, the isolates came from 89 samples, taken from the six main cassava producing sub-zones of the region. Central Cibao Region. For the isolation of the fungi, the culture media were used: nutrient agar (AN), yeast-dextrose-carbonate (YDC) and potato-dextrose-agar (PDA), for the identification of bacteria: Gram stain. and biochemical tests. A pathogenicity test was performed with the isolates obtained. The inoculated plants show expression of damage to the internal and external tissues, suggesting that the inoculated microorganisms were related to the observed diseases. From the foliar samples collected, fungi of

the genera: *Cercosporidium*, *Colletotrichum* and *Alternaria* were isolated and identified, in addition, the bacterium of the *Clavibacter* genus was identified, which has not been reported in the Dominican Republic.

Keywords: cassava, leaf damage, Cercosporidium, Colletotrichum, Alternaria, Clavibacter.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) ocupa el cuarto lugar como producto básico en la alimentación de la población mundial, después del arroz, maíz y trigo. Más de 100 millones de personas en el mundo dependen del consumo de la yuca como fuente de calorías, FAO/FIDA (2000). Entre las raíces y tubérculos, en la República Dominicana este cultivo ocupa el segundo lugar en cuanto a volumen de producción.

Los datos de producción para el año 2013, suministrado por la Secretaría de Estado de Agricultura (SEA), indican que, en la República Dominicana, el área sembrada fue de 310,291 tareas (19,515 ha), la producción fue de 3,870,693 qq (175,940 tm) y la exportación en el año 2013 alcanzó un valor FOB de US\$ 254, 817.00, SEA (2013) y CEI-RD (2011).

El conocimiento sobre las enfermedades es reducido en el cultivo de yuca, por lo tanto, es importante estudiar la presencia e identificación de bacterias y hongos patógenos asociados al cultivo de la yuca, Verdier (1999) y Lozano y Álvarez (2002).

Los objetivos de este estudio fueron: realizar un diagnóstico de los agentes patógenos (bacterias y hongos), asociados al cultivo de la yuca en las principales localidades del Cibao Central de la República Dominicana; realizar pruebas de patogenicidad con los microorganismos aislados; conocer la distribución de los patógenos aislados por localidad y establecer la relación entre la presencia de los patógenos identificados y las localidades estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

Este estudio fue realizado en las provincias de La Vega, Espaillat y Hermanas Mirabal, ubicadas en la región norte, en la parte central del Valle del Cibao de la República Dominicana. Cuyo centro está localizado en las coordenadas geográficas de 19° 14' latitud norte y 70° 31' longitud oeste, a una altitud media de 100 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las condiciones climáticas predominantes son temperatura media anual de 26.3 °C, con una máxima de 31.1 °C y una mínima de 21.5 °C; pluviometría de 1,457.4 milímetros/ año y con humedad relativa promedio anual de 74%. Presentan un clima húmedo para las partes altas y bosque húmedo en la parte baja.

La metodología de muestreo utilizada fue de acuerdo a Trujillo *et al.* (1982) y consistió en que en plantaciones de yuca con área de una hectárea, se tomó muestras en forma de zigzag de plantas enfermas y sanas. Tres tipos de muestras fueron tomadas, de acuerdo con la sintomatología: a) hojas jóvenes con manchas angulares, b) tallos con manchas severas y hojas fuertemente atacadas; c) puntos terminales de las plantas mostrando muerte regresiva (necrosis desde el punto terminal, en dirección a la parte más gruesa de la rama) y d) plantas asintomáticas.

Se evaluaron diez plantas al azar, para obtener la incidencia de plantas enfermas y de estas se tomaron muestras de tallos y hojas de seis plantas, las cuales fueron consideradas como una

muestra. Se utilizó un formulario de campo para recolectar los datos, así como las características generales de las plantas en las parcelas.

MUESTREO DE CAMPO

Con la finalidad de comprobar la presencia de organismos patógenos en el cultivo de yuca en la zona de estudio, se realizó una inspección visual para caracterizar la sintomatología en ramas y tallos del cultivo. En total, se tomaron 89 muestras en seis subzonas de la Dirección Regional Agropecuaria Norcentral y de la Dirección Regional Agropecuaria Norte (subzona Cayetano Germosén) del Ministerio de Agricultura.

Para el estudio, se seleccionó Dirección Regional Agropecuaria Norcentral por ser la zona de mayor producción de yuca. En la provincia de La Vega, las subzonas seleccionadas fueron: Barranca, Cutupú, La Torre, Rincón, Jarabacoa y Salcedo y en la Dirección Regional Agropecuaria Norte, la zona de Espaillat y la subzona Cayetano Germosén.

Las muestras fueron colectadas, debidamente identificadas y mantenidas en condiciones de laboratorio hasta el momento de su utilización. La cantidad de muestras para la región completa fue de 89, consideradas suficientes, donde se consideró una hectárea como unidad de muestreo.

Para las muestras en las localidades, se usó la siguiente identificación:

- BR: Barranca
- CT: La Torre
- SC: Salcedo
- CT: Cutupú
- JB: Jarabacoa
- VT: Villa Tapia
- MC: Moca
- SE: Seiba
- UV: Las Uvas

TAMAÑO MÍNIMO DE MUESTRA

El universo poblacional para este estudio fue de 3,215 plantaciones en las provincias señaladas. El tamaño de la muestra se determinó en base a los criterios expuestos por Krejcie & Morgan, esta tiene una precisión de un 95%. El número de plantaciones de yuca a ser incluidas en la muestra estuvo determinado y calculado mediante la aplicación de la fórmula:

$$n = \frac{X^2 Np}{(1-p)d^2} + \frac{X^2 p}{(1-p)}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 35,215 (50) (1-50)}{(0.05)^2} + \frac{(1.96)^2 (50)(1-50)}{(0.05)^2} = 39$$

$$n = 39$$

n= tamaño de la muestra

X^2 = Grado de confianza (se asume el valor de Chi cuadrado para un grado de libertad)

N=Tamaño del universo (total de plantaciones de yuca)

P= Proporción de la población con las características de interés (50%)

D^2 = 0,05 grado de precisión de 95 % (5% de error muestrear máximo admisible)

Según la fórmula, el número mínimo de fincas a muestrear fue de 39. El número de muestras que se colectó fue de 89, debido a que en ocasiones fue necesario sustituir muestras para obtener muestras más frescas, por daño del material o para confirmar resultados.

PROCEDIMIENTO EN LABORATORIO

Para el aislamiento e identificación de la presencia de organismos patógenos, se procedió a llevar las muestras a los laboratorios de bacteriología y micología del Centro de Tecnologías Agrícolas (Centa) del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en Pantoja, Santo Domingo Oeste.

Cada muestra, se introdujo en un frasco de cristal con malla y debajo caer agua de la llave por aproximadamente diez minutos, estas muestras se maceraron en un mortero previamente esterilizado con 10 ml de agua destilada. Del macerado, se tomó una muestra con asa de platino y se estiró por agotamiento en una caja Petri conteniendo los medios de cultivo. De cada muestra, se sembraron al menos tres placas en medio de cultivo. Una vez sembradas, las cajas se pusieron a incubar en posición invertida, para evitar condensaciones indeseables de agua en la tapa a una temperatura normalmente comprendida entre 25 y 27 °C.

Los hongos fitopatógenos se aislaron mediante cortes del tejido enfermo y se sembraron en un medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Se incubaron a 28°C, posteriormente, se identificaron mediante claves taxonómicas. En el laboratorio se aislaron e identificaron las siguientes especies de hongos: *Alternaria*, *Cercosporidium*, *Colletotrichum* y el género de bacteria *Clavibacter*.

Las colonias bacterianas fueron sembradas en los medios de cultivo agar nutritivo (AN) y levadura-dextrosa-carbonato (YDC). Se observó forma, color y velocidad de crecimiento a las 48 a 72 horas después de la siembra.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, FISIOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS

Se realizó tinción de Gram (French y Hebert 1980), KOH al 3 % (Suslow 1982), Prueba de la Catalasa, oxidasa, hidrólisis del almidón, licuefacción de la gelatina, Lemur Milk, Ureasa, Glucosa, lactosa, maltosa, threalosa, starch, salicin, arginina Dihidrolasa (Dowson 1949, Fahy y Howard 1983 y Mac Faddin 1975).

PRUEBA DE PATOGENICIDAD DE BACTERIAS Y HONGOS

Para las pruebas de patogenicidad, se utilizaron plantas de tres meses y la variedad de yuca usada por los productores de la zona. La inoculación se llevó a cabo bajo a una temperatura promedio de 25 a 28 °C y humedad relativa alta, además se sometieron a condiciones de cámara húmeda.

RESULTADOS Y DISCUSION

RESULTADOS PRUEBA DE PATOGENICIDAD PARA *COLLECTOTRICHUM SPP*, *CERCOSPORIDIUM SPP* Y *ALTERNARIA SPP*

El resultado de la prueba de patogenicidad confirmó que el material inoculado presentó expresión de daño en los tejidos internos y externos, confirmando que el microorganismo inoculado tiene relación con la enfermedad en ambos casos.

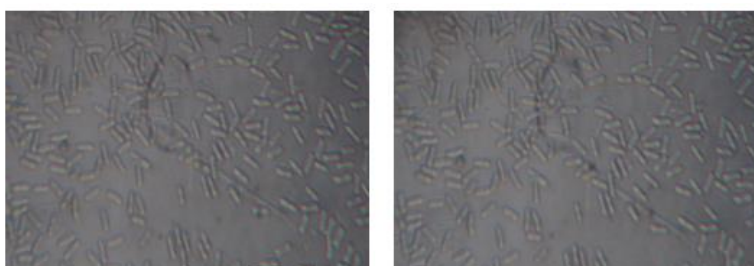


Figura 1. Colonias de *Colletotrichum* spp

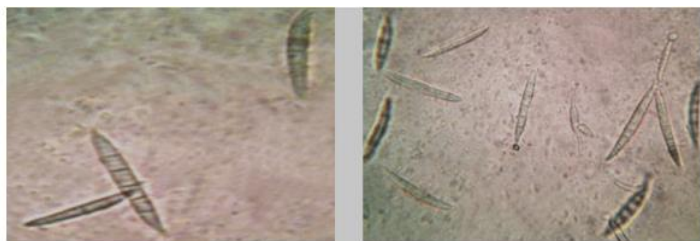


Figura 2 Conidias de *Cercosporidium* spp



Figura 3. Conidias de *Alternaria* spp

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS A PARTIR DE MUESTRAS FOLIARES

De las 89 muestras foliares, se aislaron e identificaron hongos del género:

- *Cercosporidium* en las siguientes muestras: BR2, BR2c a, BR2d, BR3b ,BR3d .BR4 BR4g c, BR4h ,BR4k, BR4m, CT5a, CT5b, SC6a, SC6d JB7a, VT 8^a, VT 8b, VT 8c , MC10b, MC10g, BR11e, BR11g, BR12a, BR12b, BR 12c, BR 12 d, BR 12e, , BR 13g, VT 13 a, Cc13a, Cc13b, SC 13d y SC13e;

- Género *Colletotrichum*, BR2ca, BR2d, BR4h, SC6a, VT 8b, BR11b, BR11d, BR12c y SC 13d.
- Género *Alternaria*: VT 8g, BR11d, BR11f, Cc13a, Cc13b, SC 13d.
- Adicionalmente, se observó bacterias del género *Clavibacter* en las siguientes muestras: BR12b, BR12c, BR12 d, BR12 f, BR 13g, Cc13a, Cc13b, Se13c, SC 13d, SC13e.

DISTRIBUCIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS, A PARTIR DE MUESTRAS FOLIARES EN LA SUBZONA DE BARRANCA, LA VEGA

En subzona de Barranca en La Vega, se tomaron 38 muestras para el estudio. En las parcelas, se evaluaron diez plantas al azar, para obtener la incidencia de plantas con síntomas y asintomáticas. Los resultados de las muestras foliares muestran la presencia del hongo *Cercosporidium spp*, en once muestras con síntomas en las localidades de Las Uvas, Barranca, Licey, Hoya Grande, Rincón/Las Cabuyas y Rincón /Las Sidras. De igual modo, se reportó el hongo *Colletotrichum spp* en cuatro muestras en Las Uvas, Licey, Hoya Grande. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Aislamientos de organismos patógenos en la subzona de Barranca, La Vega

Localidad	Código de Muestra	Hongos	Bacterias
Las Uvas	BR1a	<i>Cercosporidium spp</i> ; <i>Collectotrichum spp</i> .	No presencia
Barranca	BR2a	<i>Cercosporidium spp</i> .	No presencia
La Yaya	BR2b	No presencia	No presencia
Licey	BR2c	<i>Cercosporidium spp</i> ; <i>Colletotrichum spp</i>	No presencia
Las Uvas	BR2d	<i>Cercosporidium spp</i> ; <i>Collectotrichum spp</i> .	No presencia
Barranca	BR3a	No presencia	No presencia
La Yaya	BR3b	<i>Cercosporidium spp</i> .	No presencia
Licey	BR3c	No presencia	No presencia
Barranca	BR3d	<i>Cercosporidium spp</i> .	No presencia
Jamo Arriba	BR4a	No presencia	No presencia
Las Uvas	BR4b	No presencia	No presencia
Las Uvas	BR4c	<i>Cercosporidium spp</i> .	No presencia
Jamo Arriba	BR4d	No presencia	No presencia
La Yerba	BR4e	No presencia	No presencia
Hoya Grande	BR4f	No presencia	No presencia
Hoya Grande	BR4g	<i>Cercosporidium spp</i> .	No presencia
Hoya Grande	BR4h	<i>Cercosporidium spp</i> ; <i>Colletotrichum spp</i> .	No presencia
La Yerba	BR4i	No presencia	No presencia
Sabaneta	BR4j	No presencia	No presencia
Rincón/Las Cabuyas	BR4k	<i>Cercosporidium spp</i> .	No presencia
Rincón/ Las Cidras	BR4l	No presencia	No presencia
Rincón/ Las Cidras	BR4m	<i>Cercosporidium spp</i> .	No presencia

DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS A PARTIR DE MUESTRAS FOLIARES EN LA SUBZONA DE CUTUPÚ, LA VEGA

En la subzona de Cutupú La Vega, se tomó 14 muestras. En cada parcela, se evaluó diez plantas al azar, para obtener la incidencia de plantas con síntomas y asintomáticas. Los resultados de las muestras foliares indican la presencia del hongo *Cercosporidium sp.*, en dos muestras con síntomas en las áreas de Cutupú y Las Cañas. Los resultados, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Aislamientos de organismos patógenos en la subzona agrícola de Cutupú, La Vega.

Fecha de Muestreo	Localidad	Código de Muestra	Hongos	Bacterias
	Cutupú	CT5a	<i>Cercosporidium spp.</i>	No presencia
	Las Cañas	CT5b	<i>Cercosporidium spp.</i>	No presencia
	Rio verde	CT5c	No presencia	No presencia
	Rio verde	CT5d	No presencia	No presencia
	La Penda	CT5e	No presencia	No presencia

DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS A PARTIR DE MUESTRAS FOLIARES EN LA SUBZONA AGRÍCOLA DE SALCEDO

En la subzona de Salcedo en La Vega, se tomaron tres muestras. En las parcelas, se evaluaron diez plantas al azar, para obtener la incidencia de plantas con síntomas y asintomáticas. Se observó la presencia del hongo *Cercosporidium spp.*, dos muestras con síntomas en el área de Salcedo, Clavijo. De igual modo, se reportó *Colletotrichum spp.* en una muestra en el área de Salcedo, Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de aislamientos de organismos patógenos en la Subzona de Salcedo

Localidad	Código de Muestra	Hongos	Bacterias
Salcedo	SC6a	<i>Colletotrichum spp.</i>	No presencia
San José	SC6b	No presencia	No presencia
Jayabo	SC6c	No presencia	No presencia
Clavijo	SC6d	<i>Cercosporidium spp.</i>	No presencia

DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS A PARTIR DE MUESTRAS FOLIARES EN LA SUBZONA AGRÍCOLA DE JARABACOA.

En la subzona de Jarabacoa en La Vega, se tomaron tres muestras. En cada parcela se evaluó diez plantas al azar, para obtener la incidencia de plantas con síntomas y asintomáticas. Los resultados de las muestras foliares indican la presencia de *Cercosporidium spp.* en una muestra con síntomas en el área de Vista Solares, Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de aislamientos de organismos patógenos en la subzona agrícola de Jarabacoa, La Vega.

Localidad	Código de Muestra	Hongos	Bacterias
Vista Solares	JB7a	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Capacito	JB7b	No presencia	No presencia
Palo Blanco	JB7C	No presencia	No presencia

DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS A PARTIR DE MUESTRAS FOLIARES EN LA SUBZONA AGRÍCOLA DE VILLA TAPIA

En la subzona de Villa Tapia, La Vega, se obtuvieron 12 muestras. En las parcelas, se evaluó diez plantas al azar, para obtener la incidencia de plantas con síntomas y asintomáticas.

Los resultados de las muestras foliares muestran la presencia de *Cercosporidium* spp. en cuatro muestras con síntomas en las localidades del Coco 1, Coco 2, El Hospital y Toro Cenizo. De igual modo, se encontró *Colletotrichum* spp. en una muestra en el municipio de Coco 2. Identificando también la presencia de *Alternaria* spp en una muestra en el área de Coco 2, Tabla 6.

Tabla 6. Aislamientos de organismos patógenos en la subzona agrícola de Villa Tapia

Localidad	Código de Muestra	Hongos	Bacterias
Coco 1	VT 8a	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Coco 2	VT 8b	<i>Cercosporidium</i> spp; <i>Colletotrichum</i> spp.	No presencia
Hospital	VT 8c	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Magüey	VT 8d	No presencia	No presencia
Magüey	VT 8e	No presencia	No presencia
Magüey	VT 8f	No presencia	No presencia
Coco 2	VT 8g	<i>Alternaria</i> spp.	No presencia
Sabana Angosta	VT 8h	No presencia	No presencia
Toro Cenizo	VT 9a	No presencia	No presencia
Toro Cenizo	VT 9b	No presencia	No presencia
Toro Cenizo	VT 9c	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Tablón Afuera	VT 9d	No presencia	No presencia
Tablón Afuera	VT 9e	No presencia	No presencia

DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS A PARTIR DE MUESTRAS FOLIARES EN LA SUBZONA AGRÍCOLA DE MOCA

En la zona de Moca, se tomaron 10 muestras. En cada parcela se evaluó 10 plantas tomadas al azar, para obtener la incidencia de plantas con síntomas y asintomáticas. Los resultados de las muestras foliares, indican la presencia de *Cercosporidium* spp en dos muestras en las áreas de El Aguacate y Jababa., Tabla 7.

Tabla 7. Aislamientos de organismos patógenos en la subzona agrícola de Moca

Localidad	Código de Muestra	Hongos	Bacterias
Moca	MC10a	No presencia	No presencia
El Aguacate	MC10b	<i>Cercosporidium</i> sp.	No presencia
El Aguacate	MC10c	No presencia	No presencia
Jababa	MC10d	No presencia	No presencia
Jababa	MC10e	No presencia	No presencia
Jababa	MC10f	No presencia	No presencia
Jababa	MC10g	<i>Cercosporidium</i> sp.	No presencia
Algarrobo	MC10h	No presencia	No presencia
El Aguacate	MC10i	No presencia	No presencia
Juan López	MC10J	No presencia	No presencia

DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS A PARTIR DE MUESTRA FOLIAR EN LA SUBZONA AGRÍCOLA DE BARRANCA

En la subzona agrícola de Barranca en La Vega, se tomaron 38 muestras. En las parcelas se evaluaron 10 plantas tomadas al azar, para obtener la incidencia de plantas con síntomas y asintomáticas. Los resultados de las muestras foliares indican la presencia del hongo *Cercosporidium spp* en 14 muestras con síntomas en los municipios de Jamo Arriba, en Jamo (4), La Torre, Rancho al Medio, Barranca, Monte Plata, Villa Tapia y Coco 1 (2), Salcedo (2). De igual modo, se reportó *Colletotrichum spp*; en cuatro muestras con síntomas en los municipios de Jamo Arriba, Las Cañas, Jamo y Salcedo. *Clavibacter spp* fue encontrada en diez muestras con síntomas en las subzonas agrícolas de Barranca y Jamo (4), Ranchito y Coco 1 (2), La Seiba y Salcedo (2). El género de hongo *Alternaria spp*, está presente en cuatro muestras con síntomas en el área de Las Cañas, Sabana Angosta y el Coco 1, Tabla 8.

Tabla 8. Aislamientos de organismos patógenos en la subzona de Barranca.

Localidad	Código de Muestra	Hongos	Bacterias
Barranca	BR11a	No presencia	No presencia
Jamo Arriba	BR11b	<i>Cercosporidium</i> spp. <i>Colletotrichum</i> spp.	No presencia
Rancho Viejo	BR11c	No presencia	No presencia
Las Cañas	BR11d	<i>Alternaria</i> spp. <i>Colletotrichum</i> spp.	No presencia
La Torre	BR11e	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Sabana Angosta	BR11f	<i>Alternaria</i> spp.	No presencia
Rancho al Medio	BR11g	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Rancho al Medio	BR11h	No presencia	No presencia
El Corozal	BR11i	No presencia	No presencia

Jamo	BR12a	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Jamo	BR12b	<i>Cercosporidium</i> spp.	<i>Clavibacter</i> sp.
Jamo	BR12c	<i>Cercosporidium</i> spp; <i>Colletotrichum</i> spp.	<i>Clavibacter</i> sp.
Barranca	BR 12 d	<i>Cercosporidium</i> spp.	<i>Clavibacter</i> sp.
Jamo	BR 12 e	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Ranchito	BR 12 f		<i>Clavibacter</i> sp.
Jamo	BR 13g	<i>Cercosporidium</i> spp.	<i>Clavibacter</i> sp.
Monte Plata -Villa Tapia	VT 13 a	<i>Cercosporidium</i> spp.	No presencia
Coco I	Cc13a	<i>Cercosporidium</i> spp.	<i>Clavibacter</i> sp.
Coco I	Cc13b	<i>Alternaria</i> spp; <i>Cercosporidium</i> spp.	<i>Clavibacter</i> sp.
La Seiba	Se13c	No presencia	<i>Clavibacter</i> sp.
Salcedo	SC 13d	<i>Cercosporidium</i> spp; <i>Alternaria</i> spp; <i>Colletotrichum</i> spp.	<i>Clavibacter</i> sp.
Salcedo	SC13e	<i>Cercosporidium</i> sp.	<i>Clavibacter</i> sp.

Tabla 9. Prueba de Chi Cuadrado para verificar la dependencia/independencia sobre la presencia del hongo *Cercosporidium* spp. en varias localidades de La Vega.

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	65,44	51	0,0841

La prueba de Chi Cuadrado (X^2), no mostró suficiente evidencia significativa, para afirmar que la presencia de *Cercosporidium* spp dependió de la localidad ((probabilidad $X^2 = 0.0841 > 0.05$, fijado en la planificación del experimento).

Tabla 10. Prueba de Chi Cuadrado para verificar la dependencia/ independencia entre la presencia de *Collectotrichum* spp y varias localidades evaluadas.

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	40,99	51	0,8406

La prueba de X^2 no mostró suficiente evidencia estadística para establecer que la presencia de *Collectotrichum* sp fuera influenciada por la localidad del muestreo (Probabilidad $X^2 = 0.8406 < 0.05$).

Tabla 11. Prueba de Chi Cuadrado para verificar la dependencia/independencia entre la presencia de *Clavibacter* spp y las localidades evaluadas.

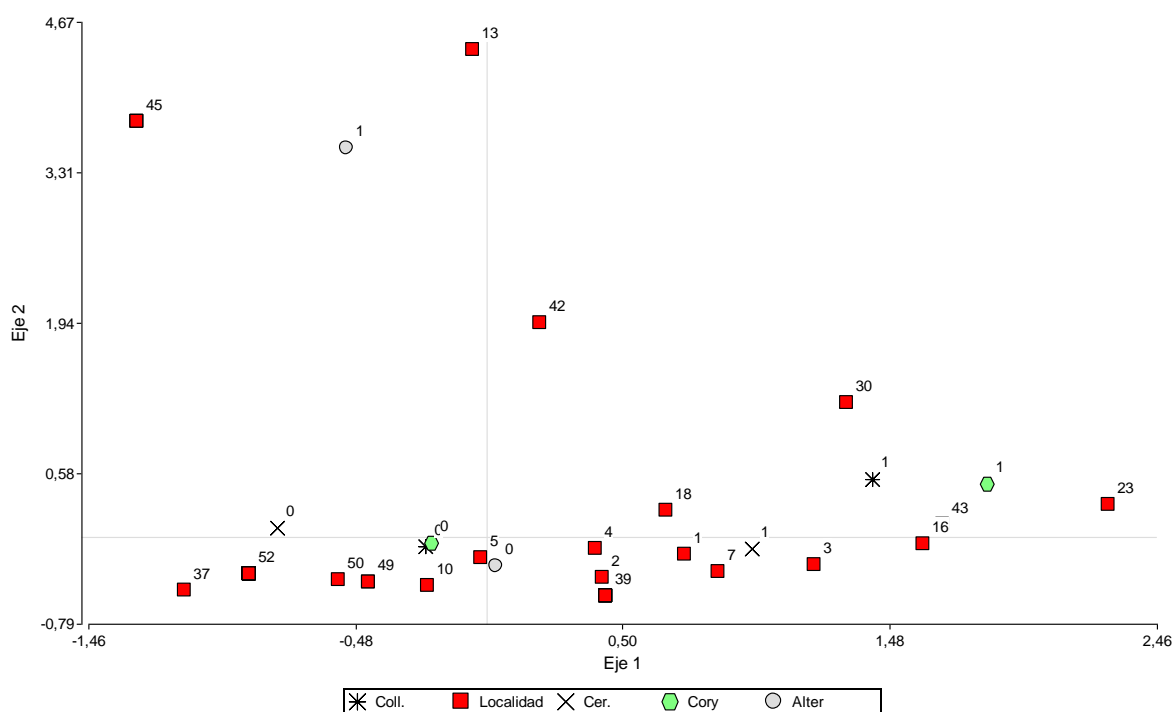
Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	54,96	50	0,2922

La prueba de X^2 realizada no mostró dependencia entre la presencia de *Clavibacter spp.* y las localidades muestreada (Probabilidad $X^2 = 0.2922 > 0.05$).

Tabla 12. Prueba de Chi Cuadrado para verificar la dependencia/ independencia entre la presencia de *Alternaria sp.* y las localidades evaluadas.

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	70,44	51	0,0369

La prueba de X^2 mostró suficiente evidencia significativa para afirmar que la presencia de *Alternaria sp.* dependió de la localidad (Probabilidad $X^2 = 0369 < 0.05$)



ANÁLISIS MULTIVARIADO DE CORRESPONDENCIA MÚLTIPLE ENTRE LOCALIDADES Y PRESENCIA DE LOS HONGOS DE LAS ESPECIES CERCOSPORIDIUM, COLLETOTRICHUM, ALTERNARIA Y LA BACTERIA CLAVIBACTER

En el análisis multivariado de las muestras en las localidades de Jamo (16), Hospital (43) y Salcedo (23), se presentan como las más afectadas por la presencia de la especie de bacteria *Clavibacter*, mientras que la aparición más baja de esta bacteria fue registrada en las localidades: Jababa (50), El Aguacate (49), y Rincón/Las Cidras (10), Jamo arriba (5).

La presencia de la especie *Cercosporidium* estuvo presente en las localidades de: Hoya Grande (7), Las Uvas (1), La Yaya (3) y Ranchito (18), mientras que su ausencia se manifestó fundamentalmente en las localidades de: Juan López (52), Jayabo (37) y Jababa (50).

Para el hongo, *Colletotrichum* spp, su presencia estuvo asociado a las localidades Coco 1 (30), Jamo (16), El hospital (43) y La Yaya (3). Baja presencia de este hongo, ocurrió en las localidades Rincón y Las Cidras (10), El Aguacate (49), Jamo arriba (5) y Jababa (4).

El hongo del género *Alternaria*, se manifestó en las localidades: El Hospital (43) y Sabana Angosta (45), mostrando baja presencia en las localidades: Jamo arriba (5), Rincón/ Las Cidras (10), Licey (4), Barranca (2) y Vista Solares (39).

En resumen, la baja presencia de las especies de: *Colletotrichum* y *Alternaria* y la bacteria *Clavibacter* ocurrió en las localidades de: Jayabo (37), Juan López (52), Jababa (50), El Aguacate (49), Rincón/ Las Cidras (10), Jamo Arriba (5), Licey (4), Barranca (2), Vista Solares (39), Ranchito (18) y Hoya Grande (7). Por otro lado, la presencia de estos agentes patógenos se registró en las localidades: Hoya Grande (7), La Yaya (3), Jamo (16), Hospital (43), Salcedo (23), Sabana Angosta (45) y Las Cañas (13).

CONCLUSIONES

- Los resultados de los aislamientos y las pruebas de patogenicidad en el estudio presentan evidencia de la presencia de especies de la bacteria *Clavibacter*.
- Se identificaron especies de *Cercosporidium*, *Colletotrichum* y *Alternaria*, asociadas a los daños foliares en el cultivo de yuca en localidades del Cibao Central.
- Al realizar la prueba de patogenicidad, se demostró que las especies aisladas de *Cercosporidium*, *Colletotrichum*, *Alternaria* y *Clavibacter* están comprometidas en las sintomatologías observadas.
- Según los resultados de las pruebas bioquímicas, para especies de *Clavibacter*, no fue posible establecer una relación directa entre la presencia de *Clavibacter* y la enfermedad, por tanto, investigación más detallada es necesaria.
- Los resultados de esta investigación sugieren que los daños foliares observados en las plantas de yuca en las localidades del Cibao Central están relacionadas a las especies de *Cercosporidium* spp, *Colletotrichum* spp, *Alternaria* spp y posiblemente, a la bacteria *Clavibacter* spp.
- Para las especies de *Cercosporidium*, *Colletotrichum* y *Clavibacter*, la prueba de Chi Cuadrado (X^2), no mostró dependencia entre la presencia de las especies y las localidades. En cambio, en el caso de la especie *Alternaria*, X^2 mostró dependencia entre la presencia del hongo y las localidades evaluadas.
- Los resultados del análisis multivariado de correspondencia múltiple entre localidades y presencia de los hongos/bacteria, se evidencia la presencia de las especies de *Cercosporidium* en las localidades de la Hoya Grande, Las Uvas, La Yaya y Ranchito, mientras, que su ausencia se manifestó fundamentalmente en las localidades de: Juan López, Jayabo y Jababa.

- Para el hongo *Colletotrichum* spp, su presencia estuvo asociado a las localidades Coco 1, Jamo, El Hospital y la Yaya. La baja presencia de este hongo ocurrió en las localidades Rincón/Las Cidras, El Aguacate, Jamo arriba y Jababa.
- La presencia de *Alternaria* se manifestó en las localidades de: El Hospital y Sabana Angosta, mostrando baja presencia en las localidades: Jamo arriba, Rincón/ Las Cidras, Licey, Barranca y Vista Solares.
- En sentido general, la baja presencia de las especies de: *Colletotrichum* y *Alternaria* y la bacteria *Clavibacter* ocurrió en las siguientes localidades: Jayabo, Juan López, Jababa, El Aguacate, Rincón/ Las Cidras, Jamo arriba, Licey, Barranca, Vista Solares, Ranchito y Hoya Grande. Por otro lado, la presencia de estos agentes patógenos se registró en las localidades: Hoya Grande, La Yaya, Jamo, Hospital, Salcedo, Sabana Angosta y Las Cañas.

RECOMENDACIONES

- Identificar con la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) las especies de los patógenos (*Cercosporidium* spp, *Colletotrichum* spp, *Alternaria* spp y *Clavibacter* spp) encontradas en la presente investigación.
- Realizar estudios epidemiológicos en los cultivos de yuca para conocer el comportamiento y modo de transmisión de la bacteria *Clavibacter*.
- Realizar investigaciones para conocer si la presencia del género *Clavibacter* en las localidades evaluadas, está relacionada con la presencia de cultivos anteriores.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. 2005. Plant. Pathology. Department of Plant Pathology University of Florida. 5a ed. Elsevier Academic, New York, NY.
- Alvarez, E.; Bellottia, A.; Calvert, L.; Arias, B.; Cadavid, L.; Pineda, B.; Llano, Germán, Cuervo, M. 2003. Guía Práctica para el manejo de las enfermedades, las plagas y las deficiencias nutricionales de la yuca. Cali, Colombia: Centro Internacional Agricultura Tropical (CIAT). (En Línea). Revisado el 2 de febrero 2019. Disponible en: https://www.clayuca.org/sitio/images/publicaciones/guia_practica_manejo_enfermedades_plagas_deficiencias.pdf
- CEI-RD (Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana). 2011. Perfil económico de la yuca 2011. Gerencia Inteligencia de Mercados, Subgerencia de Mercado al Exportador. Santo Domingo, DO.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). Enfermedades fungosas, bacteriosis y virosis en yuca. Folleto Técnico - No. 5. 47 p. Cali, CO.
- Dowson, W. 1949. Manual de Enfermedades Bacterianas. Adam y Charles, Black, Londres. 153p. Electrophoresis, DNA hybridization and Phytopathological techniques. Journal of. General Microbiology. 133: 57-71.
- Fahy, D.; Hayward, A. 1983. Media and methods for isolation and diagnostic guide. En Plant Bacterial Disease. A diagnostic guide. New York. Academic Press. Pp. 337-374.
- FIDA /FAO (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2000. La Economía mundial de la Yuca, hechos y perspectivas. Roma, IT. 59 p.
- French, E.; Hebert, T. 1980. Métodos de Investigación Fitopatológico. IICA. Costa Rica. 289 p.
- Krejcie, R.; Morgan, D. 1970. Determining sample size for research activities. Educational and Psychological Measurement 30: 607-610.
- Lozano J. 1986. Cassava Bacterial Blight: A Manageable Disease. Plant Disease 70:1089-1093.
- Lozano T.; Booth, R. 1974. Enfermedades de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, CO.
- Lozano, J. 1973. Bacterial blight of cassava in Central South America: Etiologic, epidemiology and control. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. 19 p.
- Lozano, J.; Sequeria, L. 1974. Bacterial blight of cassava in Colombia: etiology. Phytopathology 64:78-82.
- Lozano. J. 1972. Bacterial blight of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Colombia: Etiologic, epidemiology and control. Tesis (Ph. D). Universidad Of. Wisconsin, Madison. 114 p.
- Restrepo, S.; Álvarez E. 1996. Variabilidad de *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* en Colombia. Colombia. 22 (1): 1-4.
- Schaad, N. 1988. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic. USA.
- SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, DO). 2003. Poscosecha y parafinado del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*). Santo Domingo, DO.
- SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, DO). 2013. Diagnóstico del Sector Agropecuario. 2013. Departamento de Economía Agropecuaria. Santo Domingo, DO.

Soto, S.; Restrepo, S.; Mosquete, G.; Verdier, V. 2006. Análisis de expresión genética durante la respuesta de defensa de la yuca a la Bacteriosis vascular (Añublo Bacteriano). Rev. Colomb. Biotecnol. 7(2): 16-28.

Trujillo, G.; Subero, L.; Luciani, L. 1980. Añublo bacteriano en la zona central del país. Segundas Jornadas de la Facultad de Agronomía. UCV. Maracay, VE.

Trujillo, G.; Subero, L.; Luciano, J. 1982. Añublo Bacteriano de la yuca en la Zona Central de Venezuela. Rev. Frac. Agron. (Maracay) XXII (3-4):235-248.

Verdier, V. 2002. Bacteriosis vascular (o añublo bacteriano) de la yuca causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. Centro International de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO.

Verdier, V.; Tomé, J. 1999. Molecular genetics mapping of resistance to *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in cassava. Plant and Animal Genome VII Conference. Town and Country Hotel, San Diego, CA. Pp. 17-21

Weller, D.; Ritchie, D.; White, J. 1975. Isolation and identification of plant pathogenic bacteria. In: Phytopathology Congress. Minnesota. p.33

Evaluación *in vitro* de micoparásitos con potencial de control sobre la enfermedad Roya del caféto (*Hemileia vastatrix*) en la provincia San Juan, República Dominicana

Máximo Halpay¹, Lucia Silverio¹, Ana Mateo¹, Ángel Pimentel¹ y Juan Cueto¹

Investigadores del ¹Centro de Tecnologías Agrícolas (Centa) y del ³Centro Surdel Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Autor para correspondencia ²Correo electrónico mhalpay@idiaf.gov.do

RESUMEN

En respuesta a la crisis cafetalera debida a la enfermedad Roya del caféto, en la República Dominicana se implementan acciones a corto plazo; sin embargo, las principales estrategias para su manejo se enfocan especialmente hacia el control químico y el uso de variedades resistentes. El control biológico representa una alternativa, con el uso de microorganismos que provengan del mismo ambiente de acción del fitopatógeno. Dentro de las estrategias de control biológico de los fitopatógenos, una de las opciones es el uso de micoparásitos, hongos que tienen la capacidad de sobrevivir a expensas de otros hongos afectando las estructuras reproductivas del patógeno, lo cual limita su desarrollo y diseminación. Diferentes micoparásitos han sido reportados como controladores de la Roya del caféto, entre ellos, *Trichoderma* sp. y *Lecanicillium lecanii*. Se conoce que estos hongos pueden ser parásitos de *Hemileia vastatrix*. Sin embargo, en la República Dominicana falta información sobre estos parásitos u otros organismos de control biológico presentes de forma natural en los ecosistemas cafeteros. Aislados de *Lecanicillium* y *Trichoderma* obtenidos de fincas en Arroyo Cano, provincia San Juan en el oeste de la República Dominicana, fueron evaluados en condiciones de laboratorio para observar su antagonismo en condiciones de laboratorio *in vitro*. Se realizó este estudio *in vitro* para conocer la evidencia de parasitismo. La interacción huésped-micoparásitos realizada resultó en una reducción significativa del desarrollo del hongo *Hemileia* y un aumento en la germinación de los conidios de los parásitos, demostrando parasitismo *in vivo*. El efecto de estos hongos aislados de plantaciones de café en la provincia San Juan es promisorio para el control biológico de la Roya del caféto y mejorar la salud de los cafetales, reducir la dependencia en fungicidas y formar parte de un control integrado.

Palabras clave: *Lecanicillium*, *Trichoderma*, roya, café, *in vitro*

ABSTRACT

In response to the coffee crisis due to the coffee rust disease, short-term actions are implemented in the Dominican Republic; However, the main strategies for its management are especially focused on chemical control and the use of resistant varieties. Biological control represents an alternative, with the use of microorganisms that come from the same environment of action of the phytopathogen. Within the biological control strategies of phytopathogens, one of the options is the use of mycoparasites, fungi that have the ability to survive at the expense of other fungi, affecting the reproductive structures of the pathogen, which limits their development and spread. Different mycoparasites have been reported as controllers of coffee rust, among them, *Trichoderma* sp. and *Lecanicillium lecanii*. These fungi are known to be parasites of *Hemileia vastatrix*. However, in the Dominican Republic there is a lack of information on these parasites or other biological control organisms naturally present in coffee ecosystems. *Lecanicillium* and *Trichoderma* isolates obtained from farms

in Arroyo Cano, San Juan province in the west of the Dominican Republic, were evaluated under laboratory conditions to observe their antagonism under *in vitro* laboratory conditions. This *in vitro* study was conducted to find out the evidence of parasitism. The host-mycoparasite interaction resulted in a significant reduction in the development of the *Hemileia* fungus and an increase in the germination of the parasites' conidia, demonstrating parasitism *in vivo*. The effect of these fungi isolated from coffee plantations in San Juan province is promising for the biological control of coffee rust and improving the health of coffee plantations, reducing dependence on fungicides and being part of an integrated control.

Keywords: Lecanicillium, Trichoderma, rust, coffee, in vitro

INTRODUCCIÓN

La Roya del cafeto causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, Berk es un patógeno biotrófico que afecta hojas de café y se considera la enfermedad más importante en el cultivo a nivel mundial. Este hongo causa defoliación y reduce el rendimiento de los cafetos, Avelino *et al.* 2015. La severidad de las epidemias recientes, a partir del año 2010, en la República Dominicana ha ocasionado pérdidas cuantiosas debida a la reducción en la producción y productividad del cultivo.

En respuesta a la crisis cafetalera debida a la Roya de cafeto, se implementan acciones a corto plazo; sin embargo, las principales estrategias para su manejo se enfocan especialmente hacia el manejo y control químico y el uso de variedades resistentes, Codocafe (2013). Una alternativa viable pero poco estudiada, para enfrentar el problema de la Roya del cafeto, es el manejo y control de esta enfermedad con agentes biológicos. Para lograrlo de forma eficiente, es necesario conocer e identificar primero los organismos autóctonos de las zonas de producción, que tienen el potencial de actuar como controladores, Zambolim *et al.* (1997), Avelino *et al.* (2015) y Escamilla (2016).

El género *Lecanicillium* ha sido ampliamente estudiado, documentándose como agente de control biológico en hongos uredinales, Alavo (2015). Mahfund *et al.* (2006) encontró que los efectos de dos especies de este género pueden actuar desde la decoloración de uredosporas y formación de micelio blanco sobre ellas o necrosamiento, dependiendo el tiempo de aplicación. Esto sugiere que el porcentaje de parasitismo de *Lecanicillium* sp., varía entre especies y aislamientos, Arriola *et al.* (1998).

En general, las especies de *Trichoderma* producen enzimas extracelulares, sustancias antibióticas de naturaleza volátil y no volátil y compuestos antifúngicos, pero también compiten por el espacio y nutrientes frente a otros fitopatógenos, además, promueven el crecimiento de las plantas e inducen la resistencia sistémica en éstas, Hermosa *et al.* (2000).

Sin embargo, los hongos del género *Trichoderma* han sido los microorganismos más utilizados para el control de enfermedades en plantas producidas por hongos durante más de 70 años, pero solo hasta hace poco tiempo estas cepas han comenzado a adquirir un valor comercial importante, debido a los resultados obtenidos durante su aplicación y a la aparición de nuevas tecnologías para la producción masiva y el desarrollo de productos a base de este hongo, Clavijo (1998).

El objetivo de este estudio es evaluar el nivel de inhibición de *Trichoderma* spp y *Verticillium lecanii* frente a la enfermedad Roya del cafeto en condiciones controladas de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTREO DE MATERIAL VEGETATIVO.

Sitios de colecta. Se realizó en doce localidades de la zona de Arroyo Cano en la provincia de San Juan en el suroeste de la República Dominicana, con una altitud de 875 msnm y temperatura media anual de 22 °C y 1300 mm de precipitación anual, se realizaron muestreos en plantaciones de café de la variedad 'Typica' para obtener micoparásitos y determinar su posible acción antagónica contra el agente causal de la enfermedad Roya del cafeto. Se muestrearon 29 parcelas, Tabla 1, en cada una se realizó un muestreo dirigidos a plantas con síntomas de la enfermedad y con signos de posibles micoparásitos en las pústulas. Hojas de café con síntomas y signos de Roya, Figura 1, se colectaron en campo y se conservaron en bolsas de plástico para su análisis en laboratorio. Bajo microscopio estereoscópico se analizaron las pústulas para seleccionar sólo aquellas que presentaron microorganismos micoparásitos. Los tratamientos fueron establecidos bajo un diseño completamente al azar.



Figura 1. Hojas con incidencia alta y moderada de parasitismo

Tabla 1. Relación de muestras de hojas colectadas en fincas de productores

Lugar de Muestreo	No. Muestras
Los Montacitos	11
Gajo de la cruz	3
Gajo Queiebrá Polito	1
Los Jengibres	3
La Lomita Sabaneta	2
Gajo la Peña	1
Los Pino	1
El Maguito	2
Cañada del gramar	2
Los aposentos	1
La Florida	1
Gajo Mulato	1
Total de muestras	29

Para establecer el posible efecto antagonista de los hongos, se realizaron ensayos *in vitro* con el fin de determinar su capacidad supresora, sobre la germinación de las uredosporas de *Hemileia vastatrix* Berk.





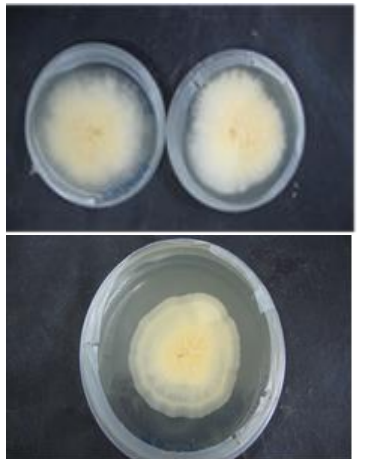
Los ensayos se realizaron en placas petri en agar-agar. Se colocaron secciones de hojas infectadas sobre el agar. Luego, en un espacio libre de la placa se depositó una asada del hongo en prueba obtenida de un cultivo puro del mismo. Las cajas cerradas se colocaron en incubadora a 30 grados Celsius. Se observó el crecimiento del hongo en prueba en funciones del tiempo cuando cubría las hojas infectadas y se registró la confrontación en el estereoscopio.

RESULTADOS





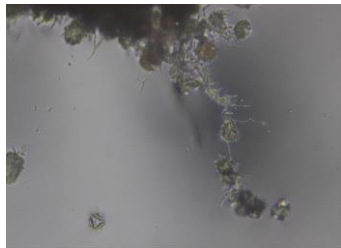
Etapa inicial

Secciones de hoja

Colonias de *Lecanicillium*

Micoparasito	Confrontación en agar agar a	Confrontación a los 10 días
--------------	------------------------------	-----------------------------

	los 10 días	
<i>Trichoderma</i>		
<i>Lecanicillium lecanii</i>		
Uredosporas de <i>Hemileia</i> y micelio y conidias de <i>Lecanicillium</i> vistas al microscopio		

DISCUSIÓN

Los aislados de los géneros *Trichoderma* y *Lecanicillium* ensayados dentro del periodo del estudio mostraron una invasión de las pústulas al ser observadas al estereoscopio, donde se observó el crecimiento sobre las esporas de roya lo que indica que son antagonistas por la invasión de estos parásitos en las hojas afectadas por roya.

En la actualidad, la búsqueda de aislados promisorios potenciales para el control de organismos como la roya del café es una de las tareas importantes que realizan los productores en todo el mundo, razón por la cual se han puesto en marcha programas y proyectos de control biológico para satisfacer las demandas crecientes de las regiones del sector agrario.

La selección de aislamientos promisorios como agente de control biológico frente a plagas es de suma importancia para el desarrollo de programas de manejo integrado de cultivos (MIC), así como en sistemas de manejo agroecológico de cultivos (MAC), porque se ahorra tiempo y se lleva al sistema de producción la cepa con mejores atributos para interactuar en la lucha biológica con su hospedante.

CONCLUSIONES

En el estudio se obtuvieron los géneros *Lecanicillium lecanii* y *Trichoderma* spp, los cuales fueron aislados de pústulas de roya de café (*Hemileia vastatrix*) en Arroyo Cano, provincia San Juan, República Dominicana, indicando que son hiperparásitos presentes en las plantaciones de café de esta región del país. Los dos micoparásitos ejercieron antagonismo al inhibir la germinación de *H. vastatrix* en las pruebas *in vitro*.

Trichoderma fue más eficiente ya que tuvo un mayor desarrollo de micelio, mejor esporulación, porcentaje de parasitismo y colonización de las uredosporas del patógeno. Ambos micoparásitos resultaron exitosos en el control del fitopatógeno, por lo que son candidatos importantes para utilizar como herramienta de control biológico de la roya del café.

LITERATURA CITADA

- Arriola, M.; Chet, I.; Rölz C. 1998. Hongos que atacan la roya del café: Un breve comentario. Universidad Del Valle de Guatemala 8:2-6. (En Línea). Revisado el 4 de agosto 2020. Disponible en: <http://uvg.edu.gt/publicaciones/revista/volumenes/revista8.pdf>
- Avelino, J.; Zelaya, H.; Merlo, A.; Pineda, A.; Ordoñez, M.; Savary, S. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecological Modelling* 197 (3-4): 431-447.
- Avelino, J.; Rivas, G. 2013. La roya anaranjada del cafeto. En J. Avelino, A. Muller Raoul, A. Eskes, Santacreo Rodnev, & F. Holguin, La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. San José, Costa Rica: CIRAD-CP-CAFE, IRD, France-MAE, IICA-PROMECAFE, PROMECAFE, ICAFE-San José, CR.
- Avelino, J.; Pablo, I.; Laderach, P.; Hruska, A. 2015. The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security* 7(2): 303-321.
- Alavo, B. 2015. The insect pathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas and its use for pests control: A review. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences* 3:337-345.
- Barquero, M. 2013. Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto. San José: Instituto del café de Costa Rica (ICAPE). San José, CR.
- Belayneh, T.; Kubicek, C.; Druzhin A. 2010. The Rhizosphere of *Coffea Arabica* in Its Native Highland Forests of Ethiopia Provides a Niche for a Distinguished Diversity of *Trichoderma*. (En Línea). Revisado el 4 de agosto 2020. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-2818/2/4/527/pdf>
- Codocafe (Consejo Dominicano del Café, DO) 2012. Serie histórica de la producción, exportación y divisas del café dominicano años cafeteros del 1939-1940 al 2009-2010. Santo Domingo. DO.
- Codocafe (Consejo Dominicano del Café, DO). 2006. Diagnóstico de la Caficultura Dominicana. Santo Domingo, DO.
- Eskes A.; Mendes, M.; Robbs, C. 1991. Laboratory and field studies on parasitism of *Hemileia vastatrix* with *Verticillium lecanii* and *V. leptobactrum*. *Café-Cacao-Thé*, 35:275-282.
- González, E.; Surís, M. 2007. Selección *in vitro* de aislamientos promisorios de *Lecanicillium lecanii* (Zare y Gams) para la lucha biológica de *Hemileia vastatrix* (Berk. Et Br.). *Protección Vegetal* 22(2): 128-130.

Gómez, I.; Pérez-Portilla, E.; Escamilla-Prado, E.; Martínez-Bolaños, M.; Luz, G.; Carrión-Villarnovo, L.; Hernández-Leal, T. Selección in vitro de micoparásitos con potencial de control biológico sobre Roya del café (*Hemileia vastatrix*). *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(1): 172-183. (En Línea). Revisado el 4 de agosto 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v36n1/2007-8080-rmfi-36-01-172.pdf>

Jackson, D.; Skillman, J.; Vandermeer, J. 2012. Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. *Biological control* (61): 89-97.

Jackson, D.; Zemenick, K.; Huerta, G. 2012. Occurrence in the soil and dispersal of *Lecanicillium lecanii*, a fungal pathogen of the green coffee scale (*Coccus viridis*) and coffee rust (*Hemileia vastatrix*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (15): 389-401.

Mahfund, M.; Mior, A.; Meon, S.; Kadir, J. 2006. In Vitro and in Vivo Tests for Parasitism of *Verticillium psalliotae* Treschow on *Hemileia vastatrix* Berk and Br. *Malaysian Journal of Microbiology*. 2:46-50. (En Línea). Revisado el 4 de agosto 2020. Disponible en: <http://www.myjurnal.my/public/article-view.php?id=10291>

Nina, R.; Smeltekop, H.; Almanza, J.; Loza-Murguía, M. 2011. Evaluación de la capacidad biocontroladora de cepas nativas de *Trichoderma* spp sobre *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* sp en café (*Coffea arabica*) en condiciones experimentales. *J Selva Andina Res Soc.* 1(1):43-52. (En Línea). Revisado el 4 de agosto 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Loza_Manuel/publication/277261617_Evaluacion_de_la_capacidad_biocontroladora_de_cepas_nativas_de_Trichoderma_spp_sobre_Rhizoctonia_sp_y_Fusarium_sp_en_cafe_Coffea_arabica_en_condiciones_experimentales/links/55ad674908aee079921e2528/Evaluacion-de-la-capacidad-biocontroladora-de-cepas-nativas-de-Trichoderma-spp-sobre-Rhizoctonia-sp-y-Fusarium-sp-en-cafe-Coffea-arabica-en-condiciones-experimentales.pdf

Vandermeer, J.; Perfecto, I.; Liere, H. 2009. Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. *Plant Pathology* (58): 636-641.

Zambolim, L.; Vale, F.; Pereira, A.; Chaves G. 1997. Café (*Coffea arabica* L.), Controle de Doenças. In: Vale FXR, Zambolim L. (eds.). *Controle de Doenças de Plantas: Grandes Culturas*, vol. 1. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco, BR.

Zare, R.; Gams, W. 2001. A revision of *Verticillium* section *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. *Nova Hedwigia* 73: 1-50.

Tendencias químicas de suelos dominicanos

Parte I: pH y cationes extraíbles

José Cepeda¹

¹Profesor jubilado, Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO. Contacto: jcepeda99@yahoo.com

RESUMEN

Miles de resultados de análisis de suelos permanecen olvidados en los laboratorios agrícolas de la República Dominicana, sin que se les dé uso para beneficio del país y la ciencia. En este estudio, 844 muestras de la capa arable del suelo procedente de la mayoría de las provincias de la República Dominicana fueron evaluadas mediante estadísticas descriptivas con la finalidad de conocer las tendencias generales de los suelos. La evaluación se hizo utilizando resultados analíticos archivados. Se utilizaron muestras de suelo del período 1996 al 2010, las muestras provenían de plantaciones agrícolas y no se incluyeron muestras de invernaderos ni de regiones salinas. Se evaluó el pH, el contenido de calcio, magnesio, sodio, potasio, y las relaciones Ca/Mg, Mg/K y pH-bases cambiables. El pH promedio fue de 6.3 ± 0.04 , encontrándose que el 31% de las muestras presentaban pH menor a 5.5. Esto significa que la gran mayoría de las muestras de suelo no presentan problemas de acidez. Más del 79% de las muestras presentaron valores relativamente altos de calcio y magnesio, mientras que un 41% fue de potasio. Al relacionar el pH del suelo con el porcentaje de saturación de bases, se encontró que una saturación de 50% se relaciona con un pH promedio de 4.5 en las muestras evaluadas. De las cuatro bases cambiables, el calcio influyó decisivamente en los cambios de pH de los suelos. Las relaciones Ca/Mg y Mg/K produjeron curvas típicas y de rango amplio. Se espera que los datos analizados de las variables en el estudio puedan ser usados en docencia universitaria, de referencia para laboratorios agrícolas, productores agrícolas nacionales e internacionales, así como servir de referencia para personas e instituciones relacionadas al manejo y clasificación de suelos.

Palabras claves: análisis de suelos, pH, fertilidad de suelos, PSB, CICE, acidez de suelos.

ABSTRACT

Thousands of soil analysis results remain forgotten in the agricultural laboratories of the Dominican Republic, without being used for the benefit of the country and science. In this study, 844 samples of the topsoil from most of the provinces of the Dominican Republic were evaluated using descriptive statistics in order to know the general trends of the soils. The evaluation was done using archived analytical results. Soil samples from the period 1996 to 2010 were used, the samples came from agricultural plantations and samples from greenhouses or saline regions were not included. The pH, the content of calcium, magnesium, sodium, potassium, and the Ca / Mg, Mg / K and changeable pH-bases ratios were evaluated. The average pH was 6.3 ± 0.04 , finding that 31% of the samples had a pH lower than 5.5. This means that most of the soil samples do not present acidity problems. More than 79% of the samples presented relatively high values of calcium and magnesium, while 41% were of potassium. When relating the soil pH with the percentage of base saturation, it was found that a saturation of 50% is related to an average pH of 4.5 in the evaluated samples. Of the four

changeable bases, calcium had a decisive influence on changes in soil pH. The Ca / Mg and Mg / K ratios produced typical and wide-range curves. It is expected that the analyzed data of the variables in the study can be used in university teaching, as a reference for agricultural laboratories, national and international agricultural producers, as well as serve as a reference for people and institutions related to the management and classification of soils.

Key words: soil analysis, soil pH, soil fertility, PBS, CEC, soil acidity.

INTRODUCCION

En la República Dominicana se analizan anualmente unas 6,000 muestras de suelos y la mayoría de los resultados no son usados satisfactoriamente después de que los originales han sido entregados a sus propietarios, y pasan a ser archivados, sin ninguna utilidad para los productores agropecuarios, ni para los tomadores de decisiones en el sector. Estos resultados podrían ser aprovechados para generar información para la ciencia, con fines académicos y productivos, o simplemente publicados con fines de orientar a los actores de la agropecuaria dominicana sobre las características de los suelos y definir estrategias de manejo por región.

Los datos de los resultados archivados en los bancos de datos de los laboratorios de suelos pueden ser utilizados para generar información y faciliten la toma de decisiones. Esta información puede ser usada para la fertilización de cultivos, manejo de la fertilidad y clasificación de suelos, estudios ambientales y con fines de mapeo de suelos.

La presente investigación, recopila y analiza los resultados de 844 muestras de suelos, de la capa arable de la mayoría de las provincias dominicanas. Se analizan las tendencias de las variables pH y cationes extraíbles, basados en estadísticas descriptivas. Por lo tanto, el objetivo específico de la investigación es ofrecer una perspectiva de las tendencias químicas de los suelos dominicanos en cuanto a su pH y contenido de cationes extraíbles (Ca, Mg, K y Na), tomando como referencia 844 resultados de análisis de suelos. En ese sentido, surgen preguntas como: ¿Qué relación existe entre el contenido total de elementos en el suelo y lo que realmente la planta absorbe? Muchos productores y estudiantes universitarios hacen esa pregunta frecuentemente. Para responderla, se hace necesario entender el papel de una solución extractora y entender qué es un elemento disponible para las plantas, entre otros aspectos detallados a continuación.

CONTENIDO TOTAL DE UN ELEMENTO EN EL SUELO

Las plantas necesitan, al menos, 17 nutrientes para su desarrollo, Naybors (2006) y Benton (2003). Esos nutrientes los encuentra en el suelo, en el aire y en los cuerpos de agua. Los 17 nutrientes esenciales para las plantas son: C, N, O, H, P, Ca, Mg, K, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B, Cl, Mo y Ni. Estos elementos no son absorbidos por las plantas en el orden de su abundancia en el suelo, por ejemplo, mientras que el carbono apenas representa un 1 % en el primer metro de suelo, Tabla 1, en la planta éste representa, en promedio, un 44.5% (el de mayor abundancia), Market (1992). En realidad, según Market (1992), carbono, oxígeno e hidrogeno representan un 93.5% de una planta; N, P, K, Ca, S y Mg un 6.1%; los micronutrientes Fe, Mn, Cu, Zn, B, Cl, Mo y Ni un 0.065% y otros elementos no nutrientes, que también la planta absorbe, como son Si, Ba, Al, Cr, Va, Na, Pb, Sr y otros, un 0.33%. Carbono, oxígeno e hidrogeno se absorben del agua y del aire. Otro ejemplo es que el calcio y el potasio tienen igual concentración en el primer metro de suelo (1%) pero en la planta el potasio es 1.9% y el calcio apenas 1.0%, Market (1992).

Los nutrientes pueden estar en el suelo formando parte de un mineral (ejemplo apatita), en forma soluble (disueltos en el agua del suelo) y en forma intercambiable (retenidos en la superficie de los coloides: arcilla y humus). Como los coloides presentan una elevada presencia de cargas negativas, la mayoría de los que están en estado intercambiable corresponden a cationes, siendo en su mayoría Ca, Mg, K y, también, Na (que no es un nutriente).

BASES CAMBIABLES

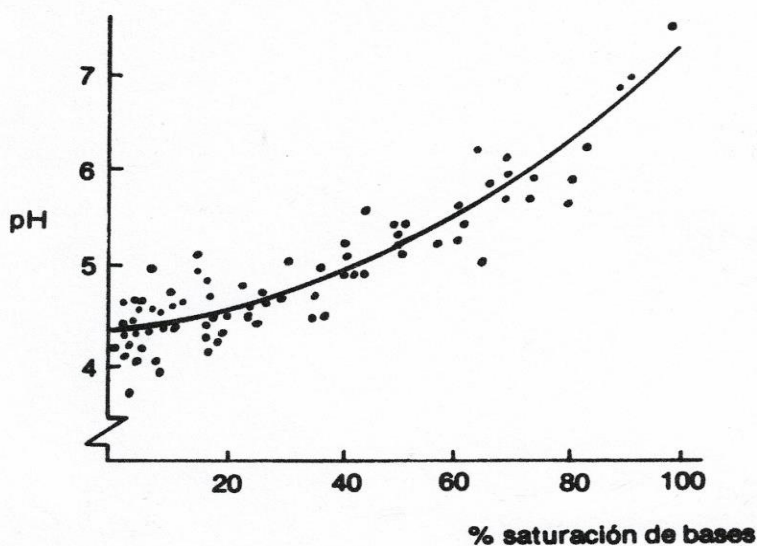
Por su influencia en la elevación del pH de los suelos a Ca^+ Mg^+ K^+ y Na se les llama “bases cambiables” y ya sumados se les llama “suma de bases” y este concepto se representa con la letra “S”. El valor S se utiliza, a su vez, para calcular el Porcentaje de Saturación de Bases (PSB), valor éste relacionado a la evolución de los suelos y que se usa en la clasificación de los mismos.

$$\text{PSB} = \text{S} \cdot 100 / \text{CIC}$$

La saturación también puede expresarse a nivel individual, así existe el PS-K y PS-Mg, etc. A mayor saturación con un elemento, con mayor facilidad se nutre la planta debido al efecto difusión del catión en el suelo.

La importancia de las bases extraíbles radica en: (1) tres de ellas son nutrientes (Ca, Mg y K), (2) las cuatro ejercen influencia sobre el pH del suelo e indirectamente afectan la disponibilidad de otros nutrientes, (3) afectan el grosor de la capa doble difusa ejerciendo influencia sobre las propiedades físicas del suelo y (4) el sodio no es un nutriente, pero hay que tomarlo en consideración porque en altas concentraciones puede ser muy perjudicial al afectar las condiciones físicas del suelo.

La influencia de las bases cambiables sobre el pH del suelo frecuentemente se presenta en forma de



figura, colocando el valor S o el PSB en el eje X y el pH en el eje vertical.

Figura 1 Relación entre pH y el porcentaje de saturación de bases en algunos suelos de San Pablo, Brasil. Según Pratt y Alvahydo, citados por Fassbender y Bornemisza (1987).

Fassbender (1987), citando a Pratt y Alvahydo, muestra la relación entre pH del suelo y PSB en suelos de Brasil, Figura 1. Como se puede observar, el pH de los suelos aumenta a medida que también aumenta el PSB. A saturación de bases de 90% el pH de los suelos de Brasil ronda 6.5, mientras que para un PSB de 50% el pH aproximado es de 5.2. Una figura como ésta en base a suelos dominicanos aportaría información útil para los estudios y la docencia universitaria en edafología, análisis y fertilidad de suelos. En este trabajo, se presenta una figura de referencia.

PH Y SU RELACIÓN CON LAS BASES EXTRAÍBLES

La literatura refiere la conexión existente entre el pH de los suelos y la presencia de los cationes alcalinos térreos. En general, al aumentar la concentración de estos cationes, aumenta el pH de los terrenos. Sin embargo, con el tiempo geológico, en

zonas de regiones húmedas, los cationes y sustancias alcalinizantes son lavadas y los suelos se van transformando en suelos ácidos. Una figura pH versus suma de bases puede dar testimonio de esto. Además, puede resultar de interés saber cuál de los cationes contribuye más con los cambios de pH o saber si todos contribuyen por igual.

En Canadá, se reportó suelos con pH de 5.0 en que los cultivos no respondían a las aplicaciones de cal porque estaban 100% saturados de bases, Clark (1966) citado por Landon (1984). Entonces, en todos los suelos se encuentra una relación pH-PSB como la de los suelos de Brasil, Figura 1.

SOLUCIONES EXTRACTORAS

En fertilidad de suelos, el valor total de un elemento en el suelo no tiene relevancia como indicador que pueda usarse como referencia de la fertilidad de un terreno y su potencialidad para un cultivo. Con este último propósito, se utilizan soluciones extractoras que han sido sometidas a procesos de correlación y calibración para ser usadas como herramientas para la fertilización de los cultivos. Estas soluciones extractoras dan origen a tablas calibradas que ofrecen dosis de nutrientes (usualmente fósforo y potasio), para cultivos específicos en sistemas de manejos específicos. Otras veces, se toman en cuenta metodologías o factores para hacer las recomendaciones las cuales pueden o no incluir los análisis de suelos, Bertsch (1995).

La solución extractora más frecuentemente usada para calcio, magnesio, potasio y sodio es acetato de amonio 1N pH 7.0. Referencias sobre esa solución extractora y su relación con la fertilidad de los suelos pueden encontrarse reportes de Olson *et al.* (1986), Olson *et al.* (1987), Sparks (1996) y Westerman (1990). Para estas bases extraíbles, la unidad de expresión de la concentración usualmente es miliequivalente por 100 gramos de suelo ($\text{me } 100 \text{ g}^{-1}$) equivalente a cmol (+) kg^{-1} suelo (léase: centimol carga por kg de suelo). En otras ocasiones, y dependiendo del laboratorio, los resultados se expresan en partes por millón.

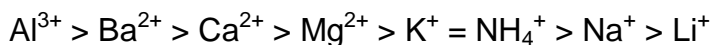
Para los cationes, las tablas de interpretación (o de referencia), por lo general se expresan en rangos y se dividen en tres o más categorías de fertilidad, tales como: alto, medio y bajo. Estos rangos son solicitados por aquellos productores que gustan poseer valores que les puedan servir de orientación. La Tabla 2, muestra valores de referencia promediados por el autor a partir de literatura revisada a lo

largo de los años (Bertsch 1985, Ferquido 2004, Díaz-Romeu y Hunter 1978, Havlin *et al.* 1999, Landon 1984, Metson 1961, Muñiz 1992, Olson *et al.* 1987, Rehm 2003, Westerman 1990, Eckert 1987, Doll y Lucas 1973, Benton 2003, Brown y Warncke 1988, Sawyer *et al.* 2011, IPNI 2015, Sims 1999, Tisdale *et al.* 1985, Kupper 1981 y Better Crops 2006).

SERIE LIOTRÓPICA

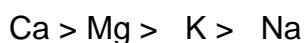
A pesar de que en la corteza terrestre el potasio es más abundante que el magnesio, Tabla 1, en los resultados de los análisis de suelos se puede observar frecuentemente, que el magnesio extraíble reportado es mucho mayor. Esto tiene su explicación, en la llamada serie liotrópica que ocurre debido a fenómenos propios de cada catión. La serie liotrópica indica la fuerza de retención entre el catión y el coloide que lo retiene. Esta fuerza de retención es mayor según la valencia, así, un catión trivalente se retiene en el coloide con más fuerza que uno divalente; y uno divalente con más fuerza que uno monovalente (Fassbender y Bornemisza 1987, Jaramillo 2002 y Bohn *et al.* 1985). Por otra parte, entre cationes con igual valencia como sodio y potasio, la fuerza de retención depende de la distancia de la carga positiva del catión hidratado al punto negativo del coloide. En vista de que el radio hidratado del sodio es mayor que el del potasio, esto resulta en que el potasio se retiene con más fuerza que el sodio y así se refleja en los resultados de los análisis de suelos (excepto en los suelos salinos donde otras cosas ejercen su influencia).

La serie liotrópica según Bohn *et al.* (1985) es:



A la derecha de la secuencia, están los cationes que se lixivian más fácilmente.

Debido a las razones señaladas, los análisis de suelos para las bases extraíbles, realizados con soluciones extractoras como acetato de amonio 1 N pH 7.0, por lo general ofrecen sus resultados siguiendo el siguiente patrón:



Esto último también se puede comprobar en la presente publicación.

Tabla 1. Contenido total de 20 elementos en el primer metro de la capa terrestre.

Elemento	Contenido % p/p
Oxígeno	49
Silicio	33
Aluminio	7

Hierro	4
Carbono	1
Calcio	1
Potasio	1
Sodio	0.7
Magnesio	0.6
Titanio	0.5
Nitrógeno	0.1
Fósforo	0.08
Manganeso	0.08
Azufre	0.05
Cloro	0.01
Zinc	0.005
Cobre	0.002
Hidrógeno	0.001
Boro	0.001
Otros	0.87

% p/p = por ciento peso/peso

Fuente: Adaptado de Vinogradov en N. F. Ermolenko, citado por Bohn *et al.* (1985).

Tabla 2. Interpretación de análisis de suelos.

Criterios	Me 100 g ⁻¹			
	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio ¹
Bajo	<2.75	<0.45	<0.19	<1.25
Medio	2.76-4.99	0.46-0.89	0.20-0.39	-
Alto	> 5.00	>0.90	>0.40	-

¹En el caso del sodio, el valor bajo debe interpretarse como “deseable”.

En adición al objetivo expresado en los primeros párrafos de este trabajo, se busca producir un documento que pueda ser utilizado como herramienta docente en las áreas de química, análisis y fertilidad de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ochocientas cuarenta y cuatro muestras (844) de resultados de análisis de suelo desde el año 1996 al 2010 de diferentes provincias fueron tabuladas en una hoja electrónica para conocer las medidas de tendencia central referidas a: pH, prueba de salinidad rápida (CE 1:2); acidez extraíble ($H^+ + Al^{3+}$), los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio (todos en me 100 g^{-1}). En el caso de los cationes Ca, Mg y K, el interés consistía en determinar sus niveles de fertilidad relacionando sus valores con una tabla de fertilidad preparada al efecto, Tabla 2. También, se estudió la relación de cada uno de estos cationes y su influencia sobre el pH de los suelos, lo mismo se hizo con la suma de bases y el porcentaje de saturación de bases.

El sodio no es un nutriente, pero fue evaluado dado los inconvenientes que puede causar en las condiciones físicas de los terrenos.

SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS

Estas fueron tomadas de resultados ya archivados, tratando de elegir entre 15 y 30 unidades por provincia y seleccionando muestras de diferentes municipios y secciones dentro de las provincias. Cada muestra correspondía a la capa arable del suelo (0-15 o 0-20 cm). No se seleccionaron muestras de invernaderos ni de suelos salinos. Las muestras provenían de dos laboratorios de suelos con metodologías similares y estaban relacionadas a diferentes cultivos de campo abierto.

ANÁLISIS QUÍMICOS

Para esta investigación, se colectaron resultados de: (1) pH 1:2 en agua; (2) Ca, Mg, K y Na extraídos con solución de acetato de amonio 1 N pH 7 en relación 1:10 y analizados en equipo de absorción atómica; (3) Acidez extraíble ($H^+ + Al^{3+}$) usando con KCl 1M en relación 1:10 y titulación con NaOH aprox. 0.01 N.

MANEJO DE LOS DATOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

Las muestras fueron digitalizadas en hoja electrónica conteniendo datos provinciales. Se digitalizaron los parámetros siguientes: pH 1:2 en agua, CE 1:2 en agua, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e ($H^+ + Al^{3+}$), más otras variables de suelo que serán presentadas en un trabajo posterior al presente. La hoja electrónica generó la CICE, Ca/Mg, Mg/K, (Ca+Mg)/K, suma de bases (S) y porcentajes de saturación de bases (PSB).

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se presentan los resultados en función de estadísticas de tendencia central: (1) media, mediana, máximo, mínimo, desviación estándar y otros; (2) los efectos de las bases extraíbles (S, PSB, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) sobre el pH se presentan en forma gráfica, incluyendo la ecuación de mejor ajuste, (3)

para evaluar la fertilidad de los suelos se tabularon los valores de calcio, magnesio y potasio en grupos definidos de acuerdo a la Tabla 1 y (4) se presentan en forma gráfica los balances Ca/Mg y Mg/K y sus efectos sobre el Mg y sobre el K.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3, se resumen las estadísticas de las 844 muestras de suelo representativas de la capa arable de suelos dominicanos evaluados en esta investigación.

Tabla 3. Resumen de resultados correspondiente a 844 muestras de suelos de diferentes regiones de la República Dominicana

Criterio	Me 100 g ⁻¹					
	pH	C.E.	Ca	Mg	K	Na
Promedio	6.3	0.27	17.1	3.8	0.5	0.2
Mediana	6.2	0.20	14.3	2.9	0.3	0.2
Máximo	8.6	2.32	63.0	32.9	2.9	2.8
Mínimo	3.6	0.03	0.07	0.06	0.03	0.01
Std	1.2	0.25	13.3	3.4	0.4	0.26
Moda	5.2	0.11	27.3	1.0	0.1	0.2
Error estándar (EE)	0.04	0.01	0.46	0.12	0.01	0.01
Conteo	844	844	844	844	844	844

Criterio	H ⁺ +Al ³⁺	CICE	S	PSB
Promedio	0.4	22.1	21.6	92.5
Mediana	0.0	19.5	19.5	100.0
Máximo	7.3	68.2	68.2	100.0
Mínimo	0.0	0.50	0.34	12.4
Std	1.0	14.6	15.0	17.5
Moda	0.0	5.7	1.34	100.0
Error estándar (EE)	0.03	0.50	0.51	0.60
Conteo	844	844	844	844

CE en deci-siemens por metro (dS m⁻¹); Ca, Mg, K, Na, H⁺+Al³⁺, CICE y S en me100 g⁻¹ (cmol+kg⁻¹ suelo); PSB, como lo indica su nombre, en %. Algunas variables en la Tabla 3 presentan dos valores decimales para evitar la colocación del 0.0 como valor observado.

PH DE LOS SUELOS EN ESTUDIO

El pH promedio fue de 6.3 ± 0.04 con un máximo de 8.6 y un mínimo de 3.6, Tabla 3. Valores de pH inferiores a 4.5 aparecieron en las regiones más húmedas de la República Dominicana. Al desglosar los valores de pH y presentarlos en la Tabla 4, se observa que un 31 % de las muestras presentaron un valor de pH inferior a 5.5. Mientras tanto, un 36% lo presentó entre 5.5 y 6.9, y un 33% superior a 7.0.

Los resultados de pH indican que los suelos dominicanos, en su gran mayoría, no requieren de aplicaciones de cal agrícola para corregir problemas de toxicidad de aluminio o manganeso. Esto último puede ocurrir en suelos ácidos.

Tabla 4. Distribución de valores de pH en suelos dominicanos.

pH	n	%	Comentarios
<5.5	261	31	Puede ocurrir toxicidad Al^{3+} y Mn^{2+}
5.5-6.9	306	36	Favorable a la mayoría de los cultivos
>7.0	277	33	Disponibilidad micronutrientes reducida, pero favorable a los aportes en Ca, Mg y K

n = número de muestras

PH Y SU RELACIÓN CON LAS BASES EXTRAÍBLES

La Figura 2 muestra la relación entre el pH y la suma de bases. La línea de tendencia de esta relación muestra claramente que al aumentar la suma de bases, también, lo hace el pH del suelo, tal y como reseñan varios autores.

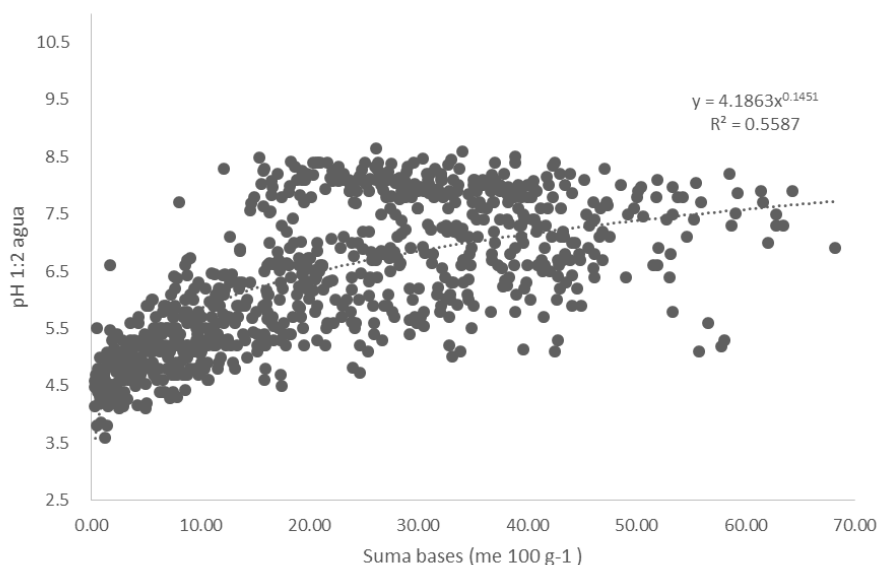


Figura 2. Efectos de la suma de bases sobre el pH del suelo en muestras de la capa arable de la República Dominicana.

La suma de bases guarda estrecha relación con el PSB. Al examinar los valores de PSB de todas las muestras, Tabla 5, se nota que 84% de las muestras presentan valores de PSB por encima del 93%. La tabla sugiere que al graficar pH versus PSB, para estos suelos, no vale la pena considerar aquellos suelos con pH superior a 6.0, pues casi todos poseen PSB cercanos a 100%. Además, la figura resultante saldría muy distorsionada, al acumularse la mayoría de los puntos en la región de PSB igual o cercana a 100%.

Tabla 5. Valores observados de Porcentaje de Saturación de Bases (PSB) según rango de pH

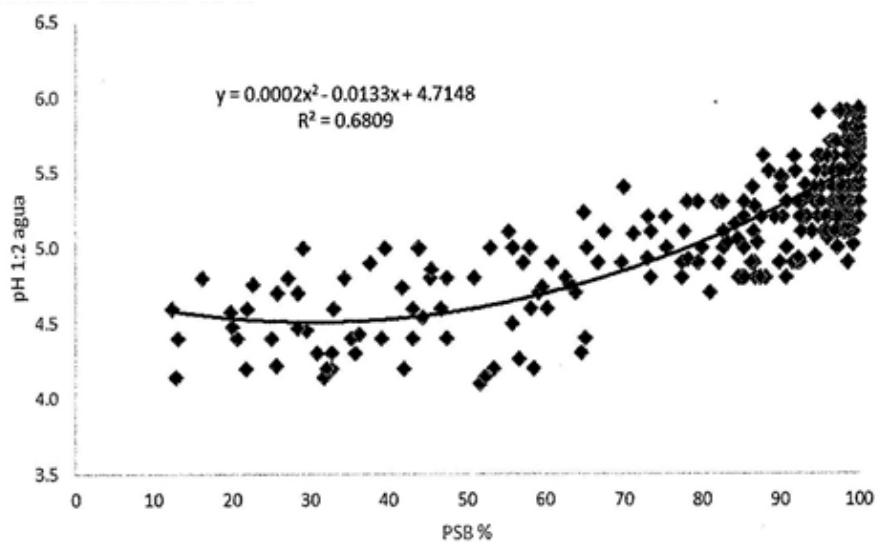
Rango pH	Media PSB	Std	n	%
3.6-4.9	63.4	26.29	130	15
5.0-5.9	93.8	11.30	248	29
6.0-6.9	100.0	0.16	189	22
> 7.0	100.0	0.01	277	33

Std = desviación estándar; n = número muestras

Por las razones que se infieren de la Tabla 5, se presenta la relación entre el pH de los suelos dominicanos y el PSB para suelos con pH comprendido entre 4.1 y 5.9, Figura 3. Como se observa, esta figura no se asemeja a la Figura 1, en cuanto a su forma y, resulta que, en estas muestras de suelos dominicanos, un PSB de 50% está asociado a un pH aproximado de 4.5. En los suelos de la Figura 1, en Brasil, esto se logra con pH igual o aproximado a 5.2. En otras figuras encontradas en el internet (sin referencia bibliográfica definida) para un PSB de 50% el pH resultante era de 5.5, pero Clark (1966), citado por Landon (1984) en Canadá, reportó suelos con PSB de 100% a un pH de 5.0.

Con fines de observar la influencia individual de cada catión sobre el pH del suelo, se construyeron las figuras 4, 5, 6 y 7. En esas figuras, se muestra que cada catión, a nivel individual, incrementa el pH de los terrenos, siendo el calcio el que contribuye más con los cambios observados, $R^2 = 0.57$.

Se destaca que además de los cationes señalados, otros factores de suelo como textura, aplicaciones de cal, enmiendas orgánicas, tipo de arcilla y uso de fertilizantes, pueden influenciar en los valores de pH que se detectan en un terreno en un momento dado. Además, la relación suelo: agua usada en el laboratorio puede afectar los resultados.



Figuras 3. Relación entre saturación de bases y pH del suelo para muestras con pH comprendido entre 4.1 y 5.9 (n=370).

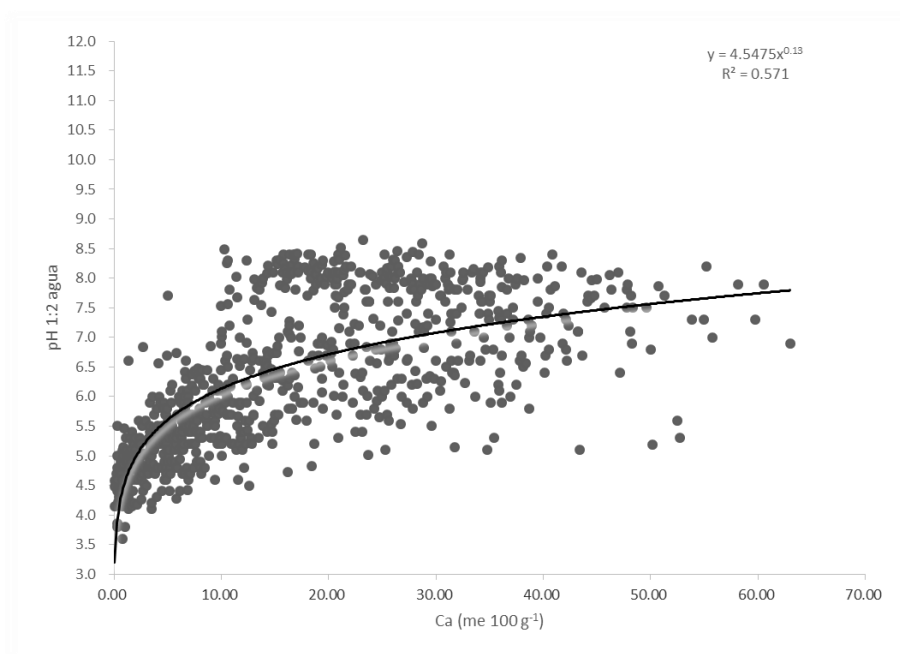


Figura 4. Relación entre pH y contenido de calcio.

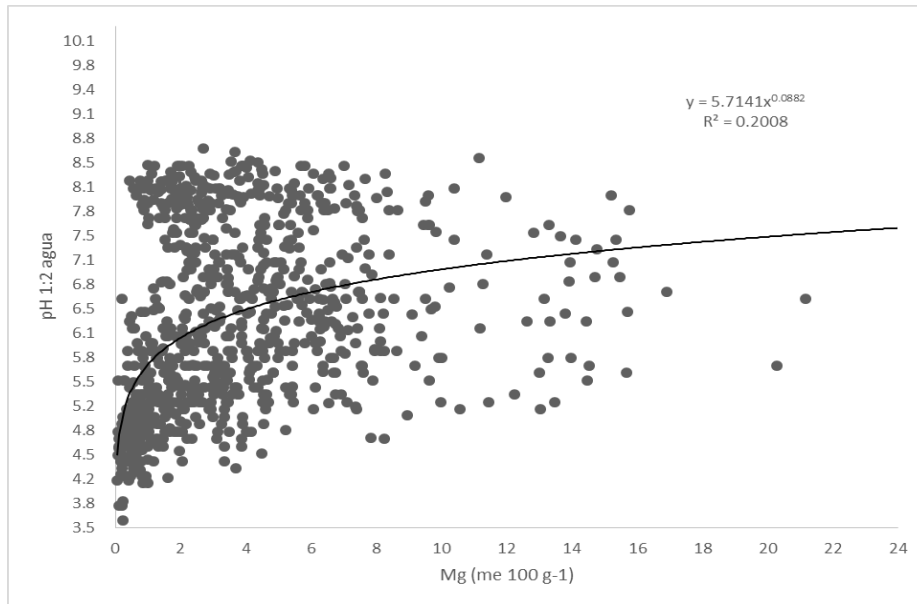


Figura 5. Relación entre el pH y el magnesio extraíble en suelos.

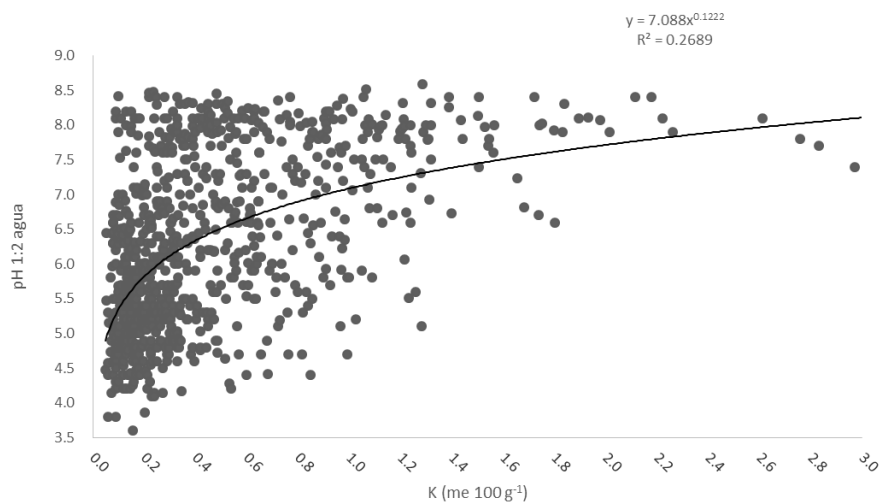


Figura 6. Relación entre contenido de sodio y el pH de suelos.

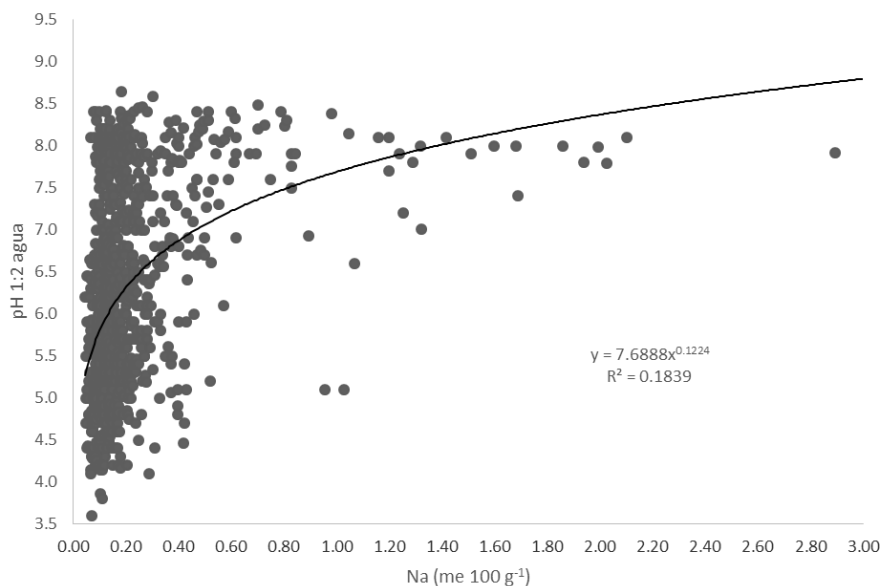


Figura 7. Relación entre contenido de potasio y el pH en suelos.

BALANCE CA/MG E INFLUENCIA SOBRE EL MG Y BALANCE MG/K E INFLUENCIA SOBRE EL K

En las figuras 8 y 9 se presentan las relaciones Ca/Mg y Mg/K para suelos dominicanos y sus efectos sobre las concentraciones de Mg y de K. En la Figura 8, se observa que al aumentar la relación Ca/Mg disminuye el magnesio extraíble del suelo, confirmando el efecto antagónico entre estos dos elementos. De acuerdo a esa figura, un magnesio inferior a 0.90 (alto) se alcanza con una relación Ca/Mg mayor o igual a 26.

Una relación semejante ocurre entre el magnesio y el potasio. En la Figura 9, se observa la tendencia decreciente del potasio extraíble al aumentar la relación Mg/K. La ecuación indica que un valor de potasio inferior a 0.4 (alto) se alcanza cuando la relación Mg/K es superior a 11.

Las tendencias en ambas curvas confirman el efecto antagónico entre estos cationes por ocupar los sitios de intercambio y, de esa manera, evitar ser lixiviados por el agua de lluvia o de riego.

Sin embargo, en cuanto al efecto de estas relaciones sobre los rendimientos, hay discrepancias. Rehm (2003) indica que los rendimientos de los cultivos no son afectados en un amplio rango de relación Ca/Mg. Según Rehm (2003) lo más importante no es la relación sino la cantidad expresada como nivel de fertilidad del elemento (bajo, medio, alto, etc.); si el nivel de magnesio es adecuado, una relación Ca/Mg alta no tendrá importancia; pero sí lo tendrá si el magnesio se encuentra en

rango bajo. Además, con un rango Ca/Mg “óptimo” podrían aparecer deficiencias de Mg si este elemento se encuentra bajo en el suelo.

Por otra parte, en adición a estos balances ya mencionados, conviene revisar los otros factores que afectan la disponibilidad del Mg y del K en el suelo, Bertsch (1995) y Jaramillo (2002).

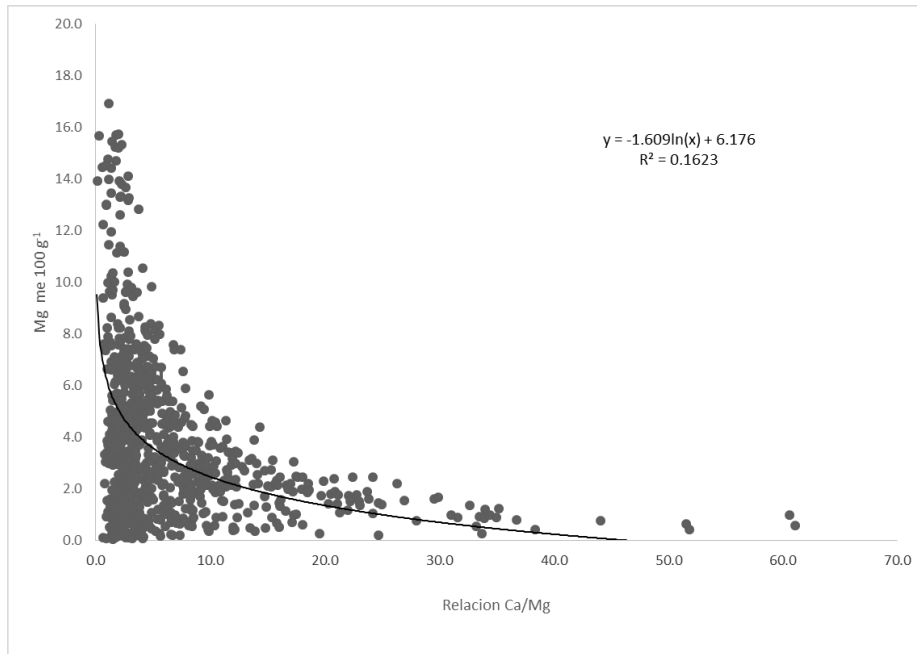


Figura 8. Relación Ca/Mg y contenido de magnesio extraíble en suelos dominicanos.

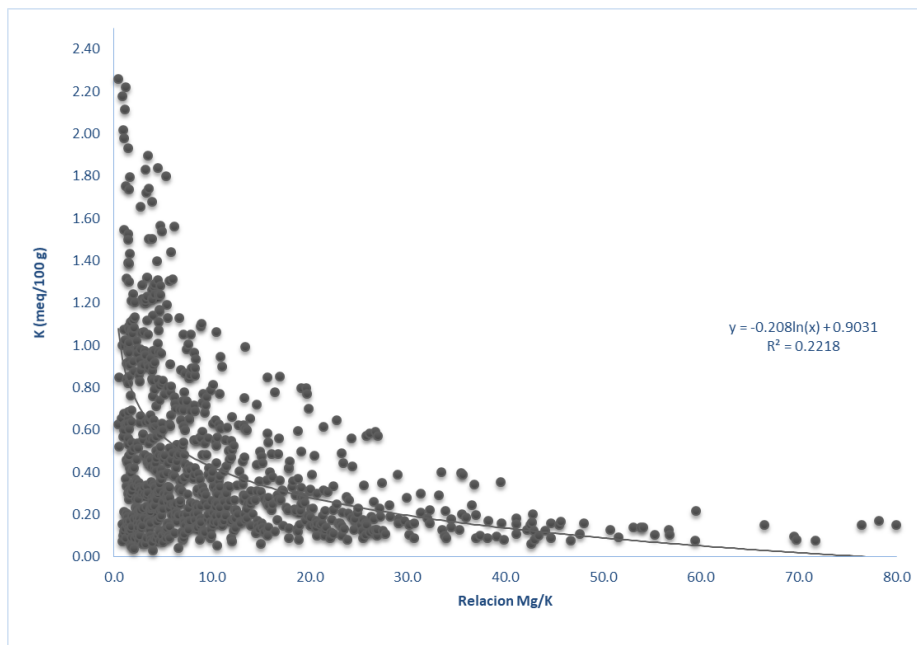


Figura 9. Relación Mg/K y contenido de potasio extraíble del suelo.

NIVELES DE FERTILIDAD DE LAS BASES EXTRAÍBLES EN LAS 844 MUESTRAS DE SUELOS DOMINICANOS

Calcio y su nivel de fertilidad. La media general para 844 muestras de suelos fue de 17.16 ± 0.46 me100 g⁻¹ (cmol+kg⁻¹ suelo), con un máximo de 63.0 y un mínimo de 0.07 (en Sierra Prieta, Yamasá). De acuerdo con la Tabla 6, un 79% de las muestras presentan valores altos de calcio (>5.0) lo cual concuerda con lo indicado en la Figura 6, que relaciona el pH con el contenido de calcio. La mediana para calcio fue de 14.3.

Magnesio. La media general para magnesio extraíble fue de 3.8 ± 0.12 me100 g⁻¹, con un máximo de 32.9 y un mínimo de 0.06. De acuerdo con la Tabla 6, un 84% de las muestras presentan valores altos de este elemento (>0.90). Esto indica que los suelos dominicanos, en su mayoría, están abastecidos tanto de calcio como de magnesio. Este elemento presentó una mediana de 2.9.

Potasio. La media general para potasio fue de 0.5 ± 0.01 me100 g⁻¹, con un máximo de 2.9 y un mínimo de 0.03. De acuerdo con la Tabla 6, un 41% de las muestras presentan valores altos de potasio (>0.40) y un 29% se registra como valor medio. La mediana para potasio fue de 0.3 me100 g⁻¹ (medio).

Estos resultados de calcio, magnesio y potasio son indicativos de que los suelos dominicanos son de buena fertilidad y excelente aptitud para la agricultura. Las estadísticas presentadas en esta sección así lo sugieren, en conjunto con los valores de pH y salinidad.

Sodio. El valor máximo encontrado para sodio fue de 2.8 me100 g⁻¹, el mínimo de 0.01 y la media general de 0.2 ± 0.01 . En cuanto a la posibilidad de efectos negativos del sodio en los suelos, un 98% de las muestras tienen valores inferiores a 1.25, lo cual se considera deseable, Tabla 6. La mediana para sodio fue de 0.2 me100 g⁻¹.

Tabla 6. Distribución de rangos de cationes extraíbles en suelos de la República Dominicana, según categoría de fertilidad (*).

Rangos	Categoría	n	%	Comentario
<u>Calcio</u>				
< 2.75	Bajo	110	13	Muy probable respuesta a las aplicaciones de Ca
2.76-4.99	Medio	70	8	Respuesta poco probable al Ca
>5.0	Alto	664	79	Improbable respuesta a aplicaciones de Ca
<u>Magnesio</u>				
< 0.45	Bajo	54	6	Muy probable respuesta a las aplicaciones de Mg
0.46-0.89	Medio	77	9	Respuesta poco probable al Mg
>0.90	Alto	713	84	Improbable de respuesta a aplicaciones de Mg
<u>Potasio</u>				
< 0.19	Bajo	255	30	Muy probable respuesta a las aplicaciones de K
0.20-0.39	Medio	245	29	Respuesta poco probable al K

>0.40	Alto	344	41	Improbable respuesta a las aplicaciones de K
<u>Sodio</u>				
< 1.25	Deseable	829	98	Valor deseable, aparece en la mayoría de los suelos
> 1.25	No deseable	15	2	Puede afectar la estructura del suelo según CIC; valores altos aparecen en suelos de zonas áridas.

(*) Datos en los rangos referidos a cultivos de campo abierto; n = número de muestras encontradas; rangos expresados en me100 g⁻¹

CONCLUSIONES

En las 844 muestras consideradas en este estudio, los suelos tienen tendencia dominante al presentar pH mayor de 5.5, que favorece a la mayoría de los cultivos comerciales. La mediana para pH fue de 6.2 y la media de 6.3. Tal y como se reseña en la literatura, en las muestras evaluadas en este estudio, al aumentar la suma de bases (S) aumenta el pH de los suelos.

Los niveles de calcio, magnesio y potasio prevalecientes oscilan desde medianos hasta altos, con un 79% de las muestras con valores altos para calcio y magnesio.

En los suelos de este estudio, también, se cumple la serie liotrópica para cationes extraíbles en la cual Ca>Mg>K>Na.

En este trabajo, un porcentaje de saturación de bases de 50% está asociado a un pH de 4.5, por debajo de lo que indica la literatura para suelos de Brasil.

Se encontró que al aumentar la relación Ca/Mg disminuye el Mg extraíble; sin embargo, solo con un valor de Ca/Mg superior a 26 el Mg cae por debajo del óptimo en las muestras evaluadas. Para potasio, una relación Mg/K superior a 11 se relaciona con valores por debajo del óptimo para potasio.

El 98% de las muestras mostraron valores de sodio deseables (en suelos no afectados por sales).

En sentido general, para las variables evaluadas, y tomando en consideración las 844 muestras de suelos, se puede afirmar que los suelos dominicanos son de buena fertilidad y pocos requieren del uso de cal agrícola.

RECOMENDACIONES

Los resultados y conclusiones de este estudio deben tomarse tal y como se presentan. Sin embargo, se reconoce que el número de muestras por provincia no fue tomado en función de lecturas de GPS ni tampoco en función del área de cada provincia; en consecuencia, el estudio no representa una copia fiel del territorio dominicano. Por eso, se recomienda que datos y conclusiones se tomen como dice el título del trabajo "tendencias de suelos dominicanos". Un trabajo más acabado que el presente, requiere del esfuerzo de todo un equipo humano y de los recursos correspondientes.

Finalmente, este trabajo tuvo como una de sus metas, producir un documento útil para docencia universitaria en las áreas de análisis, química y fertilidad de suelos utilizando como herramienta las 844 muestras evaluadas. Creemos que ese objetivo se ha logrado.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Pedro Antonio Núñez Ramos del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) y al ingeniero Melvin Mejía, por la revisión del presente manuscrito. Por otra parte, con dedicatoria al doctor Amílcar Ubiera Castro, por ser mentor de muchos técnicos en análisis, química y fertilidad de suelos en la República Dominicana.

LITERATURA CITADA

Benton, J. 2003. *Agronomic Handbook*. CRC Press. Boca Raton. 450 p.

Bertsch, F. 1995. *La fertilidad del suelo y su manejo*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. CR.

Better Crops. 2006. *North American Soil Test Summary Update. Number One*. Potash and Phosphate Institute. Norcross. Georgia, US.

Bohn, H.; McNeal, B.; O'Connor, G. 1985. *Soil Chemistry*. John Willey and Sons. New York, US. 341 p.

Brown, J.; Warncke, D. 1988. Recommended cation tests and measures of cation exchange capacity. P-15-16. In W.C. Dahnke (Ed.) *Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region*. North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull. 499.

Clark, J. 1966. The lime potential and percent base saturation in some representative podzolic and brunizolic soils in Canada. *Soils Sci. Soc. Am. Proc.* 30: 93-96.

Díaz-Romeu, R.; Hunter, A. 1978. *Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie). Turrialba, CR.

Doll, E.; Lucas, R. 1973. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. In: L. M. Walsh y J. D. Beaton (Ed.). *Soil testing and plant analysis*. SSSA. Madison. WI. Pp. 133-151.

Eckert, D. 1987. Soil test interpretations: Basic cation saturation ratios and sufficiency levels. In: J.R. Brown (ed.), *Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation*. Soil Science Society of America. Special publication number 21. Madison, WI.

Fassbender, H.; Bornemisza, E. 1987. *Química de Suelos con un enfoque agrícola*. Segunda Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José. CR.

Ferquido (Fertilizantes Químicos Dominicanos). 2004. *Hoja de reporte de análisis de suelos*. Av. Luperón esquina Central. Zona Industrial de Herrera. Santo Domingo, DO.

Hannaway, D.; Bush, L.; Leggett, J. 1980. Plant nutrition: magnesium and hypomagnesaemia in animals. *KY Agric. Exp. Stn. Bull.* 716.

Havlin, J.; Beaton, J.; Tisdale, S.; Nelson, W. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers*. Sixth Edition. Prentice Hall Publishers. New Jersey
IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2015. *Soil test levels in North America. Summary Update*. IPNI Publication No. 30-3115. Peachtree Corners. Georgia, US.

- Jaramillo, D. 2002. Introducción a las Ciencias del Suelo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, CO. 613 p.
- Kelling, K.; Schulte, E. 2004. Soil and applied calcium. University of Wisconsin. College of Agriculture and Life Science. Publication A2523.
- Kupper, A. 1981. Factores climáticos e edáficos na cultura cafeeira. In: nutricao e adubacao do cafeeiro. Ed. T. Yamada, Instituto da Potasa & Fosfato (EUA).
- Landon, J. 1984. Booker Tropical Soil Manual. Longman Publishers. London, UK.
- Market, B. 1992. Presence and significance of natural occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems. *Vegetation* 1203:1-30
- Metson, A. 1961. Methods of chemical analysis for soil survey samples. New Zealand Dept Sci Ind Res. Soil Bur Bull 12. Govt Printer. Wellington, NZ.
- Muñiz, O. 1992. Uso de fertilizantes en Puerto Rico. Enfoques prácticos. Guía Técnica. SEA, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario Mayagüez.
- Nabors, M. 2006. Introducción a la botánica. Pearson Education, S. A. Madrid, ES. 744 p.
- Ohno, T.; Grunes, D. 1985. Potassium-magnesium interactions affecting nutrient uptake by wheat forage. *Soil Sci. Soc. J.* 49:685-690.
- Olson, R. 1986. The philosophy of soil testing. In: National Corn Handbook. Cooperative Extension Service. University of Illinois. Urbana-Champaign, Illinois.
- Olson, R.; Anderson, F.; Frank, K.; Grabouski, P.; Rehm, G.; Shapiro, C. 1987. Soil testing interpretation: sufficiency vs. build-up and maintenance. In J.R. Brown (ed.), *Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation*. Soil Science Society of America. Special publication number 21. Madison, WI.
- Rehm, G. 2003. Calcium-magnesium ratios: setting the record straight. University of Minnesota Extension Service. Minnesota.
- Sawyer, J.; Mallarino, A.; Killor, R.; Benhart, S. 2011. A general guide for crop nutrient and limestone recommendation in Iowa. Publication PM 1688. Iowa State University. Ames, IA.
- Sims, J. 1999. Soil Fertility Evaluation. In: Malcolm E. Sumner (Ed.). *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Boca Raton. FL.
- Sparks, D. 1996. Methods of soil analysis, Part 3: Chemicals methods. Soil Science Society of America (SSSA) and American Society of Agronomy (ASA). Madison, WI.
- Tisdale, S.; Nelson, W.; Beaton, J. 1985. *Soil fertility and fertilizers*. Fourth edition. Macmillan Publishing Company. New York, NY.
- Westerman, R. 1990. *Soil testing and plant analysis*. Third edition. Soil Science Society of America. Madison, WI.

Selección de esporas de micorrizas autóctonas en suelos procedentes de fincas ganaderas de la República Dominicana

Pedro Núñez^{1*}, Lissette Jorge², Henry Corporán², Birmania Wagner³, Elfrida Pimentel, Adriana Bueno³, Iris Marcano³ y María Pimentel⁴

¹Investigador líder e ³Investigadores del proyecto FONDOCYT "Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de Micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la Línea Noroeste". Docente Cátedra de Suelos Escuela de Ingeniería Agronómica e investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Investigador titular, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). ²Graduados de Licenciado en Microbiología y ⁴Docente Escuela de Microbiología y Parasitología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). *Autor para correspondencia: pnunez58@gmail.com /pnunez@idiaf.gov.do

RESUMEN

Los suelos tropicales dedicados a la ganadería presentan limitaciones para producir pastos de calidad, en especial en épocas secas. Las pasturas de la línea noroeste de la República Dominicana son afectadas por un manejo inadecuado del sistema, cambiando la disponibilidad de biomasa producida y, por tanto, afecta la alimentación de los animales. Para dar respuesta a estas limitaciones de manejo de las pasturas, se realizó este estudio con el objetivo de aislar y seleccionar esporas de micorrizas autóctonas en suelos dedicados a la ganadería en las provincias de Valverde y Santiago Rodríguez, República Dominicana. Se evaluaron seis fincas (tres/provincia), realizando dos muestras/finca de acuerdo al desarrollo del pasto. En cada muestra, se incluyó: suelo, parte aérea y sistema radical. Las muestras se colocaron en tarros plásticos y se dejaron sin riego por un mes para estimular la producción de esporas. Las esporas se inocularon en plantas trampas de habichuela para producir inóculos puros. En el proceso de extracción, se identificaron tres géneros, según sus características morfológicas, comparándolas con otros estudios: *Glomus sp.*, *Acaulospora sp.* y *Gigaspora sp.* Se determinó el número más probable (NMP) para estimar el número de propágulos infecciosos HMA/cm³ de suelo. Se realizó tinción de raíces para determinar la pureza del inóculo del NMP y se observó la presencia de vesículas y micelio. Se encontró alta presencia de micorrizas en los suelos de la finca uno de Valverde Mao y cuatro de Santiago Rodríguez, en comparación con las otras fincas muestreadas. Además, se verificó la presencia y pureza del inóculo de las plantas trampas, dando resultados positivos en todas las fincas.

Palabras clave: Micorrizas, ganadería, *Glomus sp.*, NMP, HMA.

RESUMEN

The tropical soils dedicated to livestock present limitations to produce quality pastures, especially in dry seasons. The pastures of the northwest line of the Dominican Republic are affected by an inadequate management of the system, changing the availability of biomass produced and, therefore, affecting the feeding of the animals. To respond to these pasture management limitations, this study was carried out with the objective of isolating and selecting autochthonous mycorrhizal spores in soils dedicated to livestock in the provinces of Valverde and Santiago Rodríguez, Dominican Republic. Six farms (three / province) were evaluated, making two samples / farm according to pasture development. In each sample, it was included: soil,

aerial part and root system. The samples were placed in plastic jars and left without irrigation for a month to stimulate spore production. The spores were inoculated into bean trap plants to produce pure inoculums. In the extraction process, three genera were identified, according to their morphological characteristics, comparing them with other studies: *Glomus* sp., *Acaulospora* sp. and *Gigaspora* sp. The most probable number (MPN) was determined to estimate the number of infectious AMF propagules / cm³ of soil. Root staining was performed to determine the purity of the NMP inoculum and the presence of vesicles and mycelium was observed. A high presence of mycorrhiza was found in the soils of farm one of Valverde and four of Santiago Rodríguez, in comparison with the other sampled farms. In addition, the presence and purity of the inoculum of the trap plants was verified, giving positive results in all the farms.

Key words: *Mycorrhizae, livestock, Glomus sp., MPN, AMF.*

INTRODUCCIÓN

En general, los suelos dedicados a la ganadería en las zonas tropicales poseen limitaciones para el óptimo desarrollo de los pastos. Esto, asociado a una baja fertilidad de los suelos, provocado principalmente por un manejo inadecuado, ha afectado la disponibilidad de biomasa disponible para los animales en los sistemas ganaderos, Alonso (2011).

Para recuperar la fertilidad de estos sistemas, Crespo (2009), recomienda establecer sistemas de manejo del suelo que permitan obtener resultados productivos sostenibles, tales como: el uso de cobertura, diversidad de especies vegetales, fertilización orgánica e inorgánica e incluir leguminosas herbáceas y arbustivas. En el caso de la aplicación de fertilizantes químicos, estos tienen efectos en el deterioro del medio ambiente, por lo que, se han introducido alternativas de fertilización en el manejo de los cultivos, Noda (2009). En este sentido, la necesidad de adoptar tecnologías que no comprometan la calidad del medio ambiente y económicamente viables, ha conducido a la búsqueda de alternativas para incrementar los rendimientos de la pastura y su valor nutricional, en base a un máximo aprovechamiento de los recursos locales disponibles, Calderón (2007).

Pérez *et al.* (2011), informan que ha despertado el interés en las interacciones entre plantas y hongos, especialmente con micorrizas arbusculares. Esta simbiosis es benéfica para la planta porque el hongo coloniza la superficie de la raíz para obtener carbono, mientras le ayuda a la planta a tomar fósforo y otros nutrientes minerales del suelo, Serralde y Ramírez (2004). En las pasturas, los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) constituyen una parte importante de la rizósfera. En estos sistemas, las plantas permanecen estrechamente asociadas mediante una red de hifas interconectadas, donde se facilita la exploración de las raíces, mejorando la absorción de los nutrientes y el agua, de acuerdo a Aryal *et al.* (2007) y Johnson *et al.* (2003b).

Los HMA componen la simbiosis más amplia en la naturaleza, siendo capaces de crear asociaciones entre el 80 a 90 % de plantas vasculares micorrizadas, favoreciendo muchas especies importantes en la agricultura, e incrementando la adaptación de estas especies a diferentes condiciones ambientales, con efectos positivos sobre el pasto (Castillo 2009 y Cuenca *et al.* 2007) y más del 95 % de las plantas embriofitas, Pérez *et al.* (2011). Esta simbiosis beneficia a la planta y también al hongo, Serralde y Ramírez (2004). En ese sentido, las plantas con HMA desarrollan una calidad biológica superior, en cuanto a mayor altura, vigor y área foliar, e incrementan sus rendimientos entre 15 y 50%, de acuerdo con Noda (2009). También, aumenta la absorción de elementos minerales, agua y otras sustancias, a través de una red de hifas interconectadas, Johnson *et al.* (2003a).

La selección de cepas de micorrizas para su producción masiva a nivel industrial, ha sido un tema de interés con fines de aumentar la productividad de diferentes especies forestales, así como el

equilibrio ecológico de los ecosistemas, Cuervo y Rivas (2007). Investigaciones han sido realizadas para determinar el efecto de aislamientos de HMA sobre sistemas de producción agrícola, Martínez y Pugnaire (2009). Sin embargo, se necesita realizar el análisis de poblaciones nativas en relación con los ambientes donde se desarrolla. Esto para guiar a un uso adecuado de estos microorganismos como biofertilizantes, Velandia (2006).

Se reportan varios estudios con micorrizas, por ejemplo, en Cuba con tres géneros de *Glomus* en pastos (González *et al.* 2007), en México con 44 especies de HMA para el manejo adecuado de la interacción suelo-planta-hongo (Varela y Trejo 2001), en Valle Alto de Cochabamba en Bolivia se utilizó micorrizas combinadas con abonos orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.), Rojas y Ortuño (2007). En Colombia en el 2012, se realizó un estudio con HMA, en fincas ganaderas del municipio de Tolú, resultando que el 92 % de las especies encontradas corresponden al género *Glomus*, seguido del género *Gigaspora* y *Paraglomus* (Pérez y Perosa 2013) y estudio en pasto en Carozal-Sucre, Pérez *et al.* (2012). Mientras que, en el 2015, se realizó otro estudio en fincas ganaderas de cinco localidades del Departamento de Sucre para evaluar la colonización HMA en raíces de la pastura, Pérez *et al.* (2016).

En el período 2014 al 2020, en la República Dominicana, se reportan pocas investigaciones respecto a las micorrizas. Especialmente, en tipificación y morfología de algunas cepas autóctonas, Mescyt (2020). En la provincia de Valverde se estudió 12 fincas utilizando técnicas moleculares (PCR), se identificaron cepas pertenecientes al grupo *Glomeromycota* y del género *Glomus* sp. Estas especies son citadas, descritas e ilustradas por Bueno y González (2016). En doce fincas ganaderas de la provincia de Montecristi, República Dominicana, se encontró presencia de esporas de hongos micorrízicos en suelos, al igual que en las raíces. Se identificaron 9 morfotipos de esporas de los cuales se caracterizaron tres géneros, el género *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*, Reyes y Soto (2017). En Santiago Rodríguez, se encontró la presencia de micorrizas arbusculares en las plantas. Mediante estudios fenotípicos se identificaron tres especies pertenecientes al género *Glomus*, específicamente, *G. fasciculatum*, *G. geosporum* y *G. deserticola* en las localidades evaluadas, Salazar y Gerard (2019).

En la línea noroeste de la República Dominicana se reporta escasez estacionaria de forrajes en épocas secas, especialmente en los primeros meses del año, donde los ganaderos enfrentan dificultades para alimentar el ganado. Los ganaderos se ven en la obligación de almacenar pastos en contenedores, sin embargo, se utiliza pasto de mala calidad y con bajo valor nutricional para la alimentación, provocando que los animales se estresen y baje la productividad y la calidad en la leche y en la carne producida.

El objetivo de este estudio es seleccionar esporas de micorrizas autóctonas de suelos procedentes de fincas ganaderas de las provincias de Valverde y Santiago Rodríguez.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en la línea noroeste de la República Dominicana. Específicamente, en las provincias de Santiago Rodríguez y Valverde. Se escogió estas áreas por la constante sequías que afecta esas áreas especialmente en las áreas dedicadas a la producción de ganado. La provincia de Santiago Rodríguez está ubicada en la coordenada 19°29'00" latitud norte y 71°21'00" longitud oeste y Valverde en los 19°34'00" latitud norte y 71°05'00" longitud oeste de la República Dominicana.

MATERIALES Y REACTIVOS

En la realización de la investigación se utilizaron varios reactivos, materiales de campo y laboratorio, Tabla 1. Esto permitió el muestreo y transporte de muestra, así como el aislamiento e identificación de las micorrizas provenientes de las dos provincias.

PROCESO DE MUESTREO

En cada finca, se tomaron 2 plantas con su respectivo sistema radical y suelo rizosférico (aproximadamente a 20 cm de profundidad o según profundidad de sus raíces), intentando que la muestra sea representativa del terreno. Se usaron muestras procedentes de unas seis fincas, tres fincas por provincia. Una de las plantas se tomó en un sitio en donde las condiciones de crecimiento del pasto eran pobres y la otra planta se tomó en donde las condiciones de crecimiento del pasto eran relativamente buenas. Este criterio fue seguido en todas las fincas muestreadas. Las plantas suelo se introdujeron en macetas y se transportaron al laboratorio.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados durante la investigación

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Macetas. • Nevera portátil. • Palas. • Picos. • Bandejas o bolsas grandes. • Cinta adhesiva. • Lapiceros. • Libreta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos de precipitado, Tamices de luz (500µm, 250 µm, y 125 µm), • Placas Petri, • agujas, • Pinceles • Pipetas Pasteur, • Estereomicroscopio. Microscopio. • Bandejas de semilleros de plástico de 4,5 x 3 cm. • Arena esterilizada. • Macetas 4 L. • Bandejas de aluminio. Bandejas de semilleros de plástico de 5,5 x 6,5 cm. • Agua destilada. Tubos de ensayo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Azul tripán al 0,05%. • KOH al 10%. • HCl al 1%. • Ácido láctico al 99,5%. Glicerol ácido. • Hipoclorito de sodio al 10%. • KOH: hidróxido de potasio; HCl: ácido clorhídrico.

MANTENIMIENTO DE PLANTA-SUELO RIZÓSFERA

Una vez en el laboratorio, las muestras se mantuvieron en las macetas durante un mes, sin riego, con el objetivo de acabar con el ciclo de la planta, estresar al hongo micorrícico y estimular la producción de esporas. Al finalizar el mes, se cortó la parte aérea de la planta y se homogenizó el suelo junto con la raíz de cada maceta. El suelo se homogenizó en una bandeja de aluminio y se procedió a determinar el número más probable (NMP) y a realizar el aislamiento de esporas para su inoculación en plantas de habichuela. Los semilleros se prepararon mezclando semillas de puerro esterilizadas (hipoclorito de sodio al 10 % por 30 minutos y 3 lavados con agua destilada estéril) con arena esterilizada en autoclave.

ASLAMIENTO DE HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS ARBUSCULARES (HMA)

Las esporas de los HMA, presentes en suelo y arena, se obtuvieron mediante tamizado húmedo y decantado, Gerdemann y Nicolson (1963). Se tomó aproximadamente 100 ml de suelo o arena, se colocó en un vaso de precipitado, se añadió 2 L de agua del grifo y se mezcló manualmente, procurando disgregar las partículas de tierra o grumos grandes.

Una vez mezclado, se decantó inmediatamente el líquido a través de una columna de tamices con los siguientes tamaños de luz: 250 y 500 μm . El material retenido en los tamices de 250 μm y 500 μm se transfirió a placas Petri y con ayuda de un estereomicroscopio, agujas, pinceles y pipetas Pasteur se recuperaron esporas de HMA y se clasificaron según sus características morfológicas: color, forma, hifa de conexión o soporte y pared celular.

PRODUCCIÓN DE ESPORAS DE HMA

Las esporas morfológicamente similares (morfotipo) y pertenecientes a un mismo suelo se agruparon y se inocularon en plántulas de habichuela. Se separaron 20 esporas de cada tipo. Estas esporas se agregaron en una gota de agua estéril con ayuda de una pipeta Pasteur y se dejó caer directamente sobre la raíz de la plántula. Las plántulas se sembraron en alvéolos de 4.5 x 3 cm con arena esterilizada en autoclave y por cada tipo de espора se sembró dos plántulas de habichuelas.

Las plántulas se mantuvieron en los alvéolos por 1 mes y luego se pasaron a macetas de 4 L durante aproximadamente dos meses, para la producción de esporas y obtención de inóculo. Cumplido los dos meses, se cortó el suministro de agua para eliminar la humedad de la arena y se cortó la parte aérea de la planta. La raíz se cortó en trozos y se incorpora a la arena; se verificó la presencia y pureza del inóculo al estereomicroscopio, tanto en raíces como en el sustrato. El inóculo se guardó en bolsas a 4 °C.

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP)

Se realiza con el objetivo de estimar el número de propágulos infectivos de HMA por centímetro cúbico de suelo. La metodología de Kormanik y McGraw (1982) consiste en hacer diluciones de suelo con arena esterilizada en autoclave, colocar plántulas de habichuela en estas diluciones y evaluar posteriormente su micorrización.

Se efectuaron diluciones seriadas de 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y suelo sin diluir; cada dilución con 6 repeticiones. La dilución inicial se realizó mezclando 100 ml de suelo y 900 ml de arena esterilizada en autoclave, a partir de esta dilución el resto de diluciones se realizó repitiendo el mismo procedimiento.

El suelo se repartió en alveolos de 5.5 x 6.5 cm y se plantó en cada alveolo una plántula de habichuela. A las 6 semanas de crecimiento, se tiñeron las raíces y se determinó al microscopio la presencia o ausencia de infección micorrízica, para lo cual se evaluó la raíz completa.

El NMP de propágulos formadores de micorrizas se calcula evaluando al azar 5 de las 6 repeticiones efectuadas para cada dilución. Se suman las plantas micorrizadas en total (suma de todas las diluciones) y la sumatoria se divide entre 5; el número resultante de esta división corresponde a un valor que representa el número de propágulos infectivos de HMA por centímetro cúbico de suelo.

TINCIÓN DE RAÍCES

Se utilizó la metodología descrita por Koske y Gemma (1989). A continuación, se detalla la metodología: las raíces se lavaron con agua para retirar partículas de suelo o sustrato, luego se transfirieron a tubos de ensayo y se le añadió KOH al 10 % para aclarar las raíces. Se mantuvieron a 60 °C durante una hora en estufa, se eliminó la solución de KOH y se lavó las raíces de nuevo con agua. Se cubrieron con HCl al 1 % durante 5 minutos. Luego se desechó e inmediatamente, se añadió una solución 0.05 % de azul tripán en ácido láctico al 99.5 %, hasta cubrir las raíces con el propósito de teñirlas. Se mantuvieron a 60 °C por una hora en estufa. Al final, se eliminó la solución y, finalmente, se añadió otra solución conservante de glicerol ácido (500 ml glicerol, 450 ml agua, 50 ml 1 % HCl) en la que las raíces teñidas permanecieron indefinidamente. Las raíces teñidas se observaron directamente al estereomicroscopio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE ESPORAS

Durante el proceso de aislamiento de los morfotipos, Figura 1 y Figura 2, se identificó esporas con sus características fenotípicas de color, forma, hifa de conexión o soporte y pared celular. Entre ellos tenemos 3 géneros: *Glomus* sp. (Figura 1), *Aculospora* sp. (Figura 2) y *Gigaspora* sp. (Figura 3). Siendo el género *Glomus* el más aislado, encontrándose en mayor presencia en todas las muestras de fincas de las dos provincias estudiadas. De acuerdo a la literatura, este género se reporta como el de mayor proporción de distribución geográfica y especies cosmopolitas.

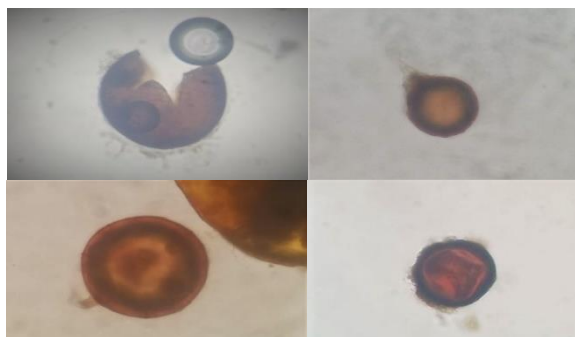


Figura 1. Diferentes morfotipos de esporas del género *Glomus* sp. observadas al microscopio 40x.

Se caracterizan por tener color generalmente amarillo-marrón, marrón anaranjado a rojo oscuro marrón. Tienen forma globosa o subglobosa, aunque a veces puede aparecer con formas irregular. Las esporas, generalmente, se forman en hifas muy robustas alrededor de la raíz, por lo que no se desprenden tan fácilmente como muchas otras especies glomoides, Invam (2017).

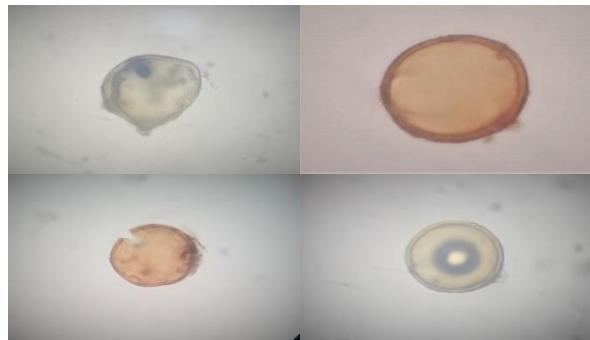


Figura 2. Diferentes morfotipos del género *Acaulospora* sp. esporas observadas al microscopio de 40x.

Estas se caracterizan por tener color salmón a naranja-marrón pálido. Tienen forma globosa y subglobosa. Las esporas consisten en una pared de esporas de tres capas y dos paredes germinales flexibles de dos capas, Invam (2017).

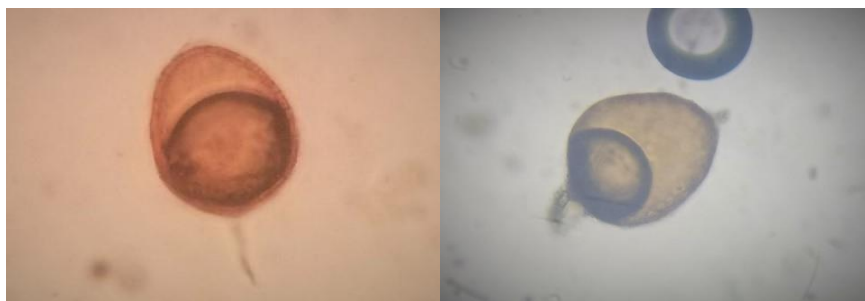


Figura 3. Diferentes morfotipos de esporas del género *Gigaspora* sp. observadas al microscopio de 40x.

Las esporas consisten solo en una bicapa. Los tubos germinales surgen de una capa delgada de la superficie interna de la capa laminada. Las esporas jóvenes generalmente son de color salmón a rojo rosado oscuro, pero la principal característica de ese género es el contenido opaco. Las esporas por lo general tienen un color amarillo verdoso brillante. Tiene forma globosa o subglobosa, rara vez irregular, Invam (2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el aislamiento de esporas, se encontró una gran cantidad en las fincas muestreadas en ambas provincias; donde se identificaron tres géneros: *Glomus* sp, *Acaulospora* sp. y *Gigaspora* sp., siendo el género *Glomus* sp. (Figura 1) de mayor frecuencia respecto a los otros géneros (Figura 2 y Figura 3). Estos resultados coinciden con los

reportes de Reyes y Soto (2017), donde se identificaron estos mismos géneros en la provincia de Montecristi.

Maherali y Klironomos (2007), sugieren que las familias de HMA han evolucionado de tal manera que sus funciones ecológicas son complementarias entre sí. Así, mientras una familia de HMA como las *Glomeraceae*, suele ser particularmente efectiva en proteger a las plantas de patógenos, otra familia como *Gigasporaceae*, es particularmente efectiva en aumentar la absorción del P por parte de la planta. De esta forma, si la comunidad vegetal interacciona simultáneamente con dos familias diferentes de HMA, la productividad vegetal será mayor que en el caso de que sólo interaccione con hongos de una única familia de HMA.

El aislamiento de esporas en las plantas trampas sugieren que existen poca diversidad de géneros de HMA en ambas provincias, pero las características fenotípicas de las esporas sugieren que existe una gran diversidad de especies dentro del género *Glomus sp.*, coincidiendo con los resultados de Bueno y González (2016).

El estudio generó un listado de ocurrencia de interacciones endomicorrízicas en 27 familias, 61 géneros y 137 especies de helechos y licófitas, que representa el 13.37 % de las especies, 91 % de los géneros y 77 % de las familias registradas para México, Lara-Pérez *et al.* (2017).

DETERMINACIÓN DE NMP EN PLANTAS TRAMPAS

De acuerdo con los resultados de la Finca 2 (Tabla 2) sobre cantidad de propágulos infecciosos, el resultado fue de 3.2 HMA/cm³ perteneciente a la provincia de Valverde y en la Finca 4, perteneciente a la provincia de Santiago Rodríguez, donde se encontró un valor de 3.0 HMA/cm³.

Tabla 2. Resultado del número más probable NMP.

Finca	Dilución 1	Dilución 2	Dilución 3	Dilución 4	Resultados HMA/cm ³
Finca 1	5/5	5/5	3/5	3/5	3.2
Finca 2	4/5	4/5	4/5	2/5	2.8
Finca 3	5/5	5/5	4/5	2/5	3.0
Finca 4	5/5	4/5	4/5	2/5	3.0
Finca 5	4/5	3/5	3/5	2/5	2.4
Finca 6	5/5	4/5	3/5	2/5	2.8

HMA: Hongos micorrízicos arbusculares.

La Figura 4, muestra que las fincas con mayor nivel de fósforo (P) fueron la Finca 5 y la Finca 3, sin embargo, no se evidencia una relación de los niveles de P y el porcentaje de HMA/cm³. Los niveles de pH no variaron significativamente y están dentro de los rangos establecidos. La materia orgánica (MO) si se relacionó con los valores de propágulos infecciosos HMA/cm³ donde la Finca 1 sale con el nivel más alto en MO y HMA/cm³.

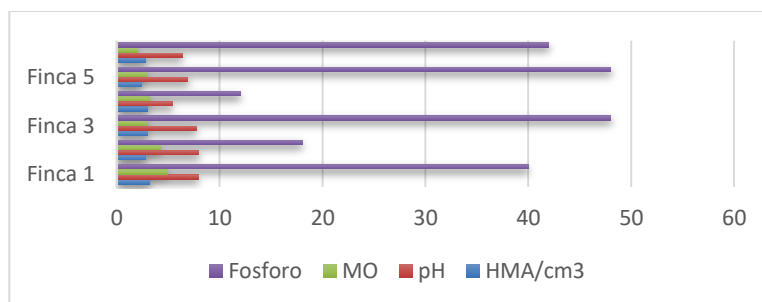


Figura 4. Relación de resultados físicos-químicos del suelo muestreado: pH, materia orgánica, fósforo y la relación con el HMA/cm³.

En la Tabla 2, se observa que según el número más probable (NMP) realizado en plantas trampas de habichuela y después de 6 semanas de crecimiento, se evidenció que la Finca 1 de Valverde tiene un valor de 3.2 HMA/cm³ y la Finca 4 de Santiago Rodríguez con un valor de 3.0 HMA/cm³, resultado más alto en el potencial de infección de propágulos infecciosos. Estos resultados están relacionados con las infecciones de HMA en las plantas trampas, específicamente de diferentes partes del hongo como de arbuscúlos, vesículas e hifas.

En la Figura 1, muestran parámetros físico-químicos de los suelos muestreados, lo que indica que se tomaron en cuenta el pH, P y materia orgánica, que son los factores que más influyen en el desarrollo de las MA. Se encontró relación del potencial de propágulos infecciosos y la materia orgánica, donde se evidenció que la Finca 1, de la provincia de Valverde Mao, con una mayor cantidad de propágulos infecciosos en comparación con las Finca 2 y Finca 3. Igual ocurrió con la Finca 4, de Santiago Rodríguez donde tanto la materia orgánica y el potencial de propágulos infecciosos fueron mayores con respecto a la Finca 5 y Finca 6. El pH del suelo no tuvo variación en todos los suelos muestreados, con un rango de 5.42 a 7.98, siendo la Finca 4, de Santiago Rodríguez, la más ácida y la más alcalina fue la Finca 2 de la provincia de Valverde, relacionado con la materia orgánica, que estabiliza el pH en el suelo.

Los HMA tienen una amplia capacidad de adaptación a condiciones de pH, estos se han registrado desde valores de 2.7 a 9.2. Se encuentran diferencias entre especies y ecotipos en cuanto a su capacidad de colonizar a un hospedero en función del pH. En los terrenos ácidos, el aluminio es un factor restrictivo de la asociación y en terrenos salinos la presencia de sodio y cloro puede reducir la germinación de las esporas. Se requiere mayor investigación sobre el efecto de estas condiciones limitantes, pues es posible que la adaptación de ciertos HMA a estas situaciones extremas sea consecuencia de su resistencia a la toxicidad de estos elementos, Barea y Jeffries (1995) y Varma (1995).

En el caso del fósforo, los resultados indican una relación negativa respecto al potencial de propágulos infecciosos. La baja presencia del fósforo pudo haber contribuido a una alta presencia de la simbiosis. Como ya se ha reportado, las plantas que crecen en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes tienden a ser micotróficas obligadas, debido a su necesidad de conseguir el fósforo que requiere tanto el hongo simbiote como la planta huésped, Peña-Venegas *et al.* (2006) y es en condiciones de escasez cuando la simbiosis expresa su máximo potencial, Arcos y Benavides (1996).

TINCIÓN DE RAÍCES

Se realizó tinción de raíces con el objetivo de evidenciar estructuras micorrícicas interradiculares. El porcentaje de colonización fue alto, lo que se comprueba en el elevado número de vesículas y arbuscúlos formados dentro de la raíz, y teniendo en cuenta que se trata de estructuras de reserva, se puede sugerir la alta dependencia de las plantas trampas con los HMA que lo colonizan, Dorantes *et al.* (2008).

La tinción de raíces muestra la evidencia de una gran diversidad de estructuras micorrícicas intra y extracelulares. Las estructuras encontradas dependieron mucho de la dilución establecida durante el proceso de NMP. De las estructuras encontradas fue notoria las vesículas (Figura 5), también, dentro del micelio de los HMA que coincide con el reporte de Salazar y Gerard (2019), lo que indica características similares en tinción de raíces de pastura de la provincia de Santiago Rodríguez. Estos abultamientos pueden distribuirse al interior o entre las células de la corteza radical. Se ha establecido que son órganos de almacenamiento de los HMA que las forman. En ese mismo orden, se observó hifas tanto internas como externas (Figura 5) que son las estructuras que les permiten una mejor absorción tanto de minerales del suelo como fósforo, nitrógeno, calcio, magnesio, así como a la absorción de nutrientes y agua. La presencia de un sistema micelial integrado por dos fases: *micelio externo*, el cual coloniza el suelo y cuya extensión puede ser considerable; sin embargo, esta característica varía y el *micelio interno*, que se ubica dentro de la corteza de las raíces micorrizadas.

La presencia de micelio externo constituye uno de los pilares de la simbiosis, ya que las hifas se desarrollan más allá del suelo que circunda la raíz, trascienden a la rizosfera y transportan nutrimentos a la planta, Varman (1995).

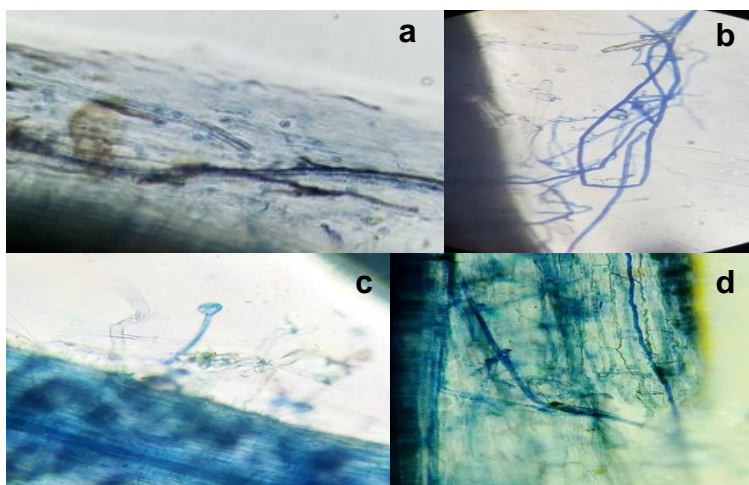


Figura 5. a) raíz con vesícula intermedia, b) raíz con hifas de micorrizas, c) raíz con hifas y d) raíz con hifas intracelulares.

VERIFICACIÓN DE PUREZA EN LAS PLANTAS TRAMPAS

Este procedimiento se realizó para verificar la pureza en una planta sin infección inoculando con esporas de HMA. Para este proceso, se utilizó plántulas de habichuela como planta trampa. Se encontró una alta pureza de la micorriza arbusculares, evidenciándose por la presencia o ausencia de las HMA, Figura 6.

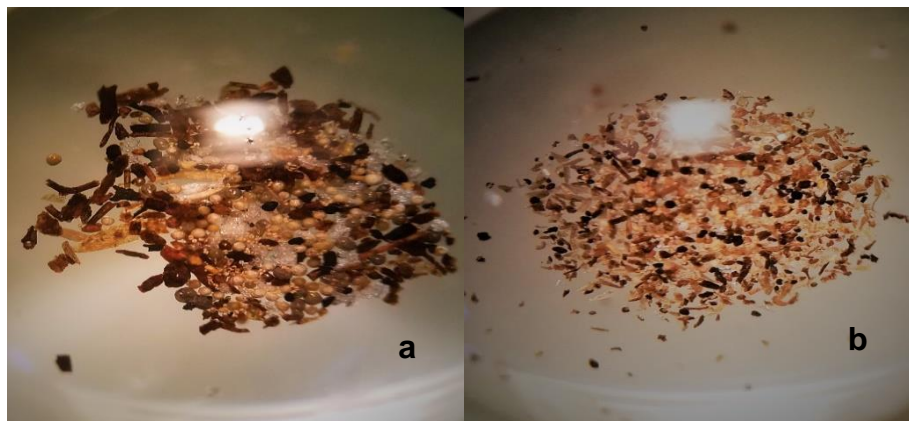


Figura 6. a) esporas de Finca 1, en planta trampa. b) vistas desde estereoscopio, esporas de Finca 4 en planta trampa, observadas desde un estereoscopio.

Para verificar después de tres (3) meses la pureza de las plantas trampa, se cortó la parte aérea de la habichuela y se le cortó el suministro de agua para estimular la producción de esporas de HMA. Después de una semana, se tamizó la tierra con las raíces cortadas en trozos a través del método de Gerdemann y Nicolson (1963), donde se encontró abundancia esporas de HM a través de un estereoscopio (Figura 3).

Estos resultados son un nuevo aporte a la investigación de las micorrizas en la República Dominicana.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio:

- De las seis (6) fincas muestreadas se encontró una simbiosis con HMA y además, una diversidad de esporas en el suelo lo que evidencia una asociación de micorrizas en pastos de las fincas de la línea noroeste.
- Los morfotipos encontrados en los diferentes suelos se agruparon en tres (3) géneros: *Glomus* sp., *Acaulospora* sp. y *Gigaspora* sp. Siendo el género *Glomus* el más abundante en el suelo de todas las fincas.
- En relación con el potencial de propágulos infección, se encontró coincidencia con algunas pruebas físico-químicas entre ellas la materia orgánica. Esto se debe a la presencia de otros microorganismos en la rizosfera de la planta. El pH estuvo estable en el suelo sin tanta variación y el fósforo fue inversamente proporcional a las muestras de suelo dando variabilidad en las mismas.
- Se realizó tinción de raíces, donde se pudo visualizar estructuras fúngicas de HMA, donde se observaron vesículas, hifas intracelular y extracelular. Se verificó la presencia y pureza de las muestras en las plantas trampa donde hubo una relación positiva con las esporas HMA dando una simbiosis con las plantas de leguminosas. Los requerimientos de pH, materia orgánica, fósforo, calcio, sodio y magnesio se correlacionan con la dependencia de HMA en el suelo.
- A través de los resultados de este trabajo, se encontró una relación rica de las HMA con los pastos de la línea noroeste, así como la utilización de estos para producir cultivos puros y en

la producción de un biofertilizante. A través del NMP se ha demostrado que los suelos de Valverde Mao y Santiago Rodríguez son ideales para la realización de un biofertilizante, esto podría ayudar a los ganaderos de la región a mejorar las pasturas y así aumentar el volumen de forraje producido y la calidad, a fin de alimentar el ganado, especialmente en las temporadas de sequía.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (MESCyT), a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT) por el financiamiento del proyecto “Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la línea noroeste.

A los seis productores de ganado de las dos provincias de Santiago Rodríguez y Valverde, que permitieron los muestreos en sus sistemas de producción.

LITERATURA CITADA

Alonso, J. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 45(2): 107-115. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>

Arcos, A.; Benavides G. 1996. Ocurrencia y cuantificación de la micorriza arbuscular (MA) bajo bosques y agroecosistemas. pp. 624-627. En: Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio de Mitú, Departamento del Vaupés. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Tercer Mundo Editores, Bogotá. 720 p.

Aryal, U.; Shah, S.; Xu, H. 2007. Fujita, M. Growth, Nodulation and mycorrhizal colonization in bean plants improved by rhizobial inoculation with organic and chemical fertilization. Journal of Sustainable Agriculture 29(2): 71-83. DOI: https://doi.org/10.1300/J064v29n02_06.

Barea, J.; Jeffries, P. 1995. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil-plant systems. En: Varma, and Hock, B. (Edit). Mycorrhiza: Structure, function, molecular biology and Biotechnology. Springer-Verlag, Berlin. Pp. 521-560. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-08897-5_23

Bueno, A.; González, N. 2016. Identificación morfológica y tipificación genética de cepas autóctonas de hongos formadores de micorrizas bajo sistemas de pastoreo en Valverde Mao República Dominicana. Trabajo de grado. Universidad Autónoma de Santo Domingo. Santo Domingo, DO.

Calderón, M.; Gonzales, P. 2007. Respuesta del pasto Guinea (*Panicum maximun*, cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo de Lixiviado a la inoculación de hongos micorrizicos arbusculares. Cultivos Tropicales 28(3): 33-37. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215844006.pdf>

Castillo, M. 2009. Caracterización morfológica de micorrizas arbusculares asociadas en raíces de tomate de árbol silvestre (*Solanum cajanumensis*) y cultivado (*Solanum betacea*) en dos sectores de la provincia de Loja. Tesis de grado, Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, 2009. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/1879>

- Cuenca, G.; Cáceres, A.; Oirdobro, G.; Hasmy, Z.; Urdaneta, C. 2007. Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en áreas tropicales. *Interciencia*, 32(1): 23-29. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33932104.pdf>
- Cuervo, J.; Rivas, G. 2007. Cuantificación de hongos micorrícicos en muestras de suelo en plantaciones de *Tabebuia rosea* y *Cordia alliodora*. *NOVA- Publicación Científica* 5(7): 38-41.
- Crespo, G. 2009. Recuperación de la fertilidad del suelo en áreas ganaderas degradadas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(4): 355-360. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193014888005.pdf>
- Dorantes, N.; Carreón-Abud, Y.; Fernández-Pavía, S. 2008. Reducción de la susceptibilidad a *Phytophthora capsici* Leonian, causante de la pudrición de raíz en jitomate (*Solanum lycopersicum* L). *Revista Biol.* 10(1): 100-108.
- Gerdemann, J.; Nicolson, T. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46(2): 235-244. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0).
- González, P.; Fernández, D.; Plana, D.; Crespo, G. 2007. Efectos del antecedente cultural en las micorrizas nativas y la productividad del pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens* cv. Señal). *Pastos y Forrajes* 30(1). (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000100009
- Invam (The International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi, WV). 2017. The International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) at West Virginia University. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <http://fungi.invam.wvu.edu/>
- Johnson, D.; Vandenkoornhuise, P.; Leake, J.; Gilbert, L.; Booth, R.; Grime, J.; Young, J.; Read, D. 2003a. Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community composition in grassland microcosms. *New Phytologist* 161: 503-515. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00938.x>.
- Johnson, N.; Rowland, D.; Corkidi, L.; Egerton-Warburton, L.; Allen, E. 2003b. Nitrogen enrichment alters mycorrhizal allocation at five mesic to semiarid grasslands. *Ecology* 84(7): 1895-1908. DOI: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1895:NEAMAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[1895:NEAMAA]2.0.CO;2).
- Kormanik, P.; McGraw, A-C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular Mycorrhizae in plant roots. Pag. 37-45 in: *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. N.C. Schenck ed. American Phytopathology Society. St. Paul, MN. 244 p.
- Koske, R.; Gemma, J. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research* 92(4): 486-488.
- Lara-Pérez, L.; Zulueta-Rodríguez, R.; Andrade-Torres, A. 2017. Micorriza arbuscular, Mucoromycotina y hongos septados oscuros en helechos y licófitas con distribución en México: una revisión global. *Revista de Biología Tropical* 65(3): 1062-1081. DOI: 10.15517/rbt.v65i3.29443.
- Maherali, H.; Klironomos, J. 2007. Influence of phylogeny on fungal community assembly and ecosystem functioning. *Science* 316(5832): 1746-1748. DOI: DOI: 10.1126/science.1143082.
- Martínez, L.; Pugnaire F. 2009. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas* 18(2): 44-54.
- Noda, Y. 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes* 32(2): 1-10.

- Peña-Venegas, C.; Cardona, G.; Mazorra, A.; Arguellez, J.; Arcos, A. 2006. Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. Catálogo ilustrado. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Scripto, Bogotá, CO. 90 p.
- Pérez, A.; Rojas, J.; Montes, D. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA* 366-385. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.412>.
- Pérez, A.; Cury, K.; Oviedo, L. 2016. Colonización de micorrizas arbusculares en tres especies de pasturas del Departamento de Sucre. *Temas Agrarios*, Pp. 65-75.
- Pérez, A.; Peroza, V. 2013. Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angleton (*Dichanthium aristatum* Benth) en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre-Colombia Alexander Pérez. *Rev. MVZ Córdoba* 18(1): 3362-3369.
- Pérez, A.; Botero, C.; Cepero M. 2012. Diversidad de micorrizas arbusculares en pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus de fincas ganaderas del municipio de Carozal-Sucre. *Rev. MVZ Córdoba* 17(2): 3024-3032.
- Reyes, Y.; Soto, H. 2017. Caracterización de micorrizas autóctonas en suelo y raíces provenientes de 12 fincas bajo pastoreo en Montecristi, República Dominicana. Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Santo Domingo. DO.
- Rojas, K.; Ortuño, N. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. Departamento de Ciencias Exactas e Ingenierías. Universidad Católica Boliviana, Fundación PROINPA. *Acta Nova* 3(4): 697-719.
- Salazar, A.; Gerard, C. 2019. Caracterizaciones autóctonas en suelo y raíces procedentes de pasturas en Santiago Rodríguez, República Dominicana (septiembre 2017 - agosto 2018). Trabajo de grado, Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, DO.
- Serralde A.; Ramírez M. 2004. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Revista Corpoica* 5(1): 31-40. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol5_num1_art:22.
- Varela, L.; Trejo, D. 2001. Los hongos micorrizogenos arbusculares como componentes de la biodeiversidad del suelo en México. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva serie) (Es1)*: 39-51.
- Varman, A. 1995. Ecophysiology and application of arbuscular mycorrhizal fungi and arid soils. En: Varma, A. Y Hock, B. (Edit). *Mycorrhizas: Structure, function, molecular biology and biotechnology*. Springer-Verlag, Berlín. Pp. 561-591.
- Velandia D. 2006. Evaluación y Caracterización de Micorrizas Arbusculares Asociadas a Yuca (*Manihot esculenta* sp.) en dos Regiones de la Amazonía Colombiana. *Microbiólogo Agricultura y Veterinaria - Pontificia Universidad Javeriana*. 24-25. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8323/tesis296.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aislamiento de esporas de micorrizas autóctonas procedentes de fincas ganaderas de Montecristi, República Dominicana

Iris Marcano^{1*}, Rodyana Rodríguez²; Karen Pérez², Elfrida Pimentel³, Adriana Bueno³, Birmania Wagner³; Sixto Aquino⁴ y Pedro Núñez^{3*}

^{1 y 3} Investigadores del proyecto Fondocyt "Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de Micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la Línea Noroeste". Docente Cátedra de Suelos Escuela de Ingeniería Agronómica e investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Investigador titular, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). ² Graduados de Licenciado en Microbiología y ⁴ Docente Escuela de Microbiología y Parasitología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). *Autor para correspondencia: marcano.iris@gmail.com

RESUMEN

Frecuentemente, la ganadería de la línea noroeste de la República Dominicana atraviesa por sequías prolongadas y el uso de micorrizas autóctonas podría ser una alternativa para el mejoramiento de los suelos y para el mejoramiento del rendimiento y valor nutritivo de los pastos que consume el ganado. Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre hongos y plantas, a nivel de raíz, que intercambian nutrientes para beneficio mutuo, dotando al pasto de mejores condiciones para su desarrollo, crecimiento y productividad. El objetivo de este estudio fue seleccionar y clasificar esporas de micorrizas autóctonas de suelos procedentes de fincas ganaderas de la provincia de Montecristi, República Dominicana. Se seleccionaron tres fincas y se tomaron muestras de plantas completas en macetas del sistema de producción. Las muestras fueron estresadas para proliferar la esporulación, los suelos fueron tamizados y separadas las esporas. Se determinó el número más probable (NMP) de propágulos infecciosos HMA/cm³ de suelo, además, se realizó aislamiento y conteo de espора, tinción y observación de raíces. De las tres fincas muestreadas, todas presentaron presencia de esporas, siendo las fincas de Hipólito Martínez (HM) y Arquímedes Medina (AM) las que mostraron mayor presencia. Mediante tinción y al observar al microscopio, se detectó la presencia de propágulos formadores de micorrizas y otras estructuras similares como vesículas e hifas. Las esporas encontradas tienen similitud con esporas de los géneros *Glomus* sp. y *Acaulospora* sp.

Palabras clave: *Autóctonas, esporas, micorrizas, simbiótica, benéficos.*

ABSTRACT

Frequently, the cattle ranching of the northwest line of the Dominican Republic experiences prolonged droughts and the use of native mycorrhizae could be an alternative for the improvement of the soils and for the improvement of the yield and nutritional value of the pastures consumed by the cattle. Mycorrhizae are symbiotic associations between fungi and plants, at the root level, that exchange nutrients for mutual benefit, providing the grass with better conditions for its development, growth and productivity. The objective of this study was to select and classify autochthonous mycorrhizal spores from soils from cattle farms in the province of Montecristi, Dominican Republic. Three farms were selected and samples of whole plants were taken in pots from the production system. The samples were stressed to proliferate the sporulation, the soils were sieved and the spores separated. The most probable number (MPN) of infectious AMF propagules / cm³ of soil was

determined, in addition, a spore count, staining and observation of roots were performed. Of the three sampled farms, all had the presence of spores, being the farms of Hipólito Martínez (HM) and Arquímedes Medina (AM) the ones that showed the highest presence. By staining and observing under the microscope, the presence of mycorrhizal-forming propagules and other similar structures such as vesicles and hyphae were detected. The spores found are similar to spores of the genera *Glomus* sp. and *Acaulospora* sp.

Key words: *Native, spores, mycorrhizae, symbiotic, benefits*

INTRODUCCIÓN

El crecimiento humano ha causado diversas transformaciones a los agrosistemas naturales en todo el planeta, Cruz (1999) y García (1994). Para disminuir estos efectos negativos se recurre a técnicas con recursos microbiológicos y una de ellas es la utilización de biofertilizantes a base de microorganismos benéficos, como son las micorrizas, Lanfranco *et al.* (1995).

Tecnologías con propiedades benéficas son las que están vinculada con conceptos como la inclusión de microorganismos en las semillas (inoculación), tales como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de N₂ y/o solubilizadores de fósforo, los cuales producen efectos positivos en la productividad de los cultivos y calidad fitosanitaria; además, de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo. En los últimos años, se realizan investigaciones para determinar el efecto de los hongos micorrízicos sobre los sistemas de producción agrícola en el establecimiento y su funcionamiento, y así tener producción sostenible, competitiva y amigable con el ambiente, Keitaro y Massanorri (1994), Noda (2009), Serralde y Ramírez (2004) y Valencia y Zúñiga (2015). Los hongos micorrízicos se han convertido, en los últimos años, en una técnica para estimular el crecimiento y la floración de plantas y árboles de una forma biológica, natural y ecológica, Keitaro y Massanorri (1994), Pérez *et al.* (2011) y Serralde y Ramírez (2004).

Las micorrizas son asociaciones entre la mayoría de las plantas existentes y los hongos benéficos, que incrementan el volumen de la raíz y, por tanto, permiten una mayor exploración de la rizosfera. Son considerados los componentes más activos de los órganos de absorción de los nutrientes de la planta, la que a su vez provee al hongo simbiote de nutrientes orgánicos y de un nicho protector, Corredor (2008).

El uso indiscriminado de los productos químicos ha provocado trastornos ecológicos en los agro sistemas y es una de las causas de que en los últimos años se ha incrementado el interés en el campo de la microbiología del suelo, Altieri (1996), donde el estudio de las micorrizas vesículo arbusculares ha cobrado especial énfasis, por la contribución que estas realizan en la nutrición de las plantas (Trimble y Knowles 1995), aunque variando su comportamiento en dependencia del tipo de suelo, Siqueira y Franco (1988).

El objetivo de esta investigación fue seleccionar y clasificar esporas de micorrizas en suelos procedentes de fincas ganaderas de la provincia de Montecristi en el noroeste de la República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

TIPO DE ESTUDIO Y UBICACIÓN

Muestras para el estudio fueron colectadas en las localidades de El Cayal y Hato del Medio en Villa Vásquez de la provincia de Montecristi en el noroeste de la República Dominicana (Tabla 1 y Figura 1). Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y análisis físico-Químico de los suelos de las fincas muestreadas.



Figura 1. Imagen satelital del área de estudio, Fuente: Googlemap.

Tabla 1. Cultivos en las fincas al momento de muestreo.

Finca	Área de muestreo	Edad del cultivo	Cultivo	Nombre científico
Arquímedes Medina	El Cayal, Villa Vásquez	2 años y medio	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>
Hipólito Martínez	El Cayal, Villa Vásquez	4 años	Tuna	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Félix Colón	Hato del Medio, Villa Vásquez	Más de 20 años	Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>

En cada finca se tomó dos plantas con su respectivo sistema radical y suelo rizosférico a una profundidad de 30 cm, para que la muestra sea representativa del terreno. Las plantas fueron colocadas en macetas, para ser transportadas al laboratorio, donde se ubicaron en un lugar apropiado que facilite las condiciones ambientales para el crecimiento de las mismas, Figura 2. Las muestras recolectadas fueron procesadas en laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) en Santo Domingo, DO.



Figura 2. Toma de muestra en campo de suelo-raíz-follaje.

En el laboratorio, las muestras se mantuvieron en las macetas durante un mes, sin riego, a fin de provocarles estrés hídrico y nutricional, para que el hongo micorrícico estimule la producción de esporas. Pasado el mes, se cortó la parte aérea de la planta y se homogenizó el suelo junto con la raíz de la planta en cada maceta. Luego, se procedió a determinar el número más probable (NMP) según Kormanik y McGraw (1982) de esporas en el suelo y a realizar su aislamiento para la inoculación en plantas de maíz, usada como planta trampa, por su fácil manejo y adaptabilidad a los suelos. Con el NMP se estimó el número de propágulos infectivos de hongos micorrízicos en cada uno de los suelos muestreados.

En la Figura 3, se muestra proceso de NMP, se realizó una tinción de raíces para visualizar la infestación de las raíces por parte de las micorrizas, usando el método descrito por Koske y Gemma (1989).

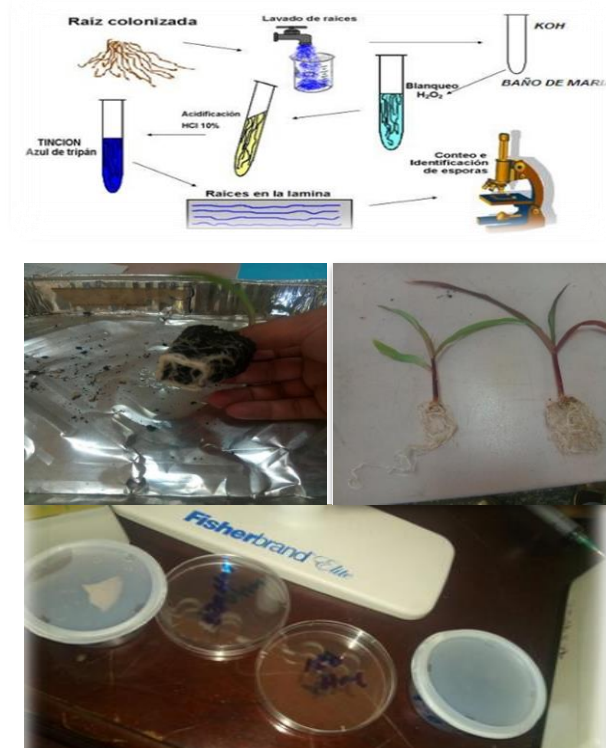


Figura 3. Fotos de tinción de las raíces de maíz.

Para la multiplicación de las esporas, se prepararon semilleros mezclando semillas de maíz esterilizadas (hipoclorito de sodio al 10% por 30 minutos y 3 lavados con agua destilada estéril con arena esterilizada autoclavada). Además de la tinción de raíces, se realizó extracción de esporas del hongo de micorriza, presentes en suelo y arena, se recuperaron mediante tamizado húmedo y decantado según Gerdemann y Nicolson (1963).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de la colonización de esporas en el NMP, se encontró diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad de propágulos infecciosos en la finca de Félix Colón (FC), con respecto a la infección de las fincas de Hipólito Martínez (HM) Arquímedes Medina (AM), teniendo estas dos últimas 3.6 y 3.2 HMA/cm³, las cuales pertenecen a las fincas del Cayal en la provincia de Montecristi, que presentaron mayor número de esporas, Tabla 2.

Varios factores pueden afectar la estimación de la abundancia de hongos formadores de micorriza arbuscular a partir del aislamiento de sus esporas, entre ellos, la capacidad natural de cada especie de producir esporas, la época y las condiciones del muestreo, Cardona (2000).

Tabla 2. Resultados del NMP de propágulos formadores de micorrizas mediante la Tabla VIII2 de Fisher y Yates (1949).

Finca	Dilución 1	Dilución 2	Dilución 3	Dilución 4	Resultados HMA/cm ³
Hipólito Martínez (HM)	5/5	5/5	4/5	4/5	3.6
Arquímedes Medina (AM)	5/5	4/5	4/5	3/5	3.2
Félix Colón (FC)	3/5	3/5	2/5	2/5	2

Al comparar los análisis físicos-químicos, resultó que se encontró similitud entre la infectividad de las micorrizas y el contenido de materia orgánica; además, del estado nutricional de los suelos, principalmente lo que se refiere al contenido de fósforo.

Las fincas de HM y AM, obtuvieron los valores más altos en propágulos resultando congruente con su pobreza en fósforo disponible. Estos resultados coinciden con Arcos y Benavides (1996), coinciden que los niveles de fósforo en el suelo tienen una relación directa con el porcentaje de colonización y el número de esporas en el mismo, ya que cuando este elemento es limitante favorece el establecimiento de la simbiosis.

TINCIÓN DE RAÍCES

Los resultados para la tinción de raíz del maíz, se observó abundante colonización del hongo, presentándose estructuras típicas de la simbiosis (hifas, arbuscúlos y vesículas) en el interior de las raíces, Figura y Figura . Tomando por referencia la investigación de Barrer (2009), en un estudio sobre los hongos HMA, donde muestra vesículas observadas en raíces de palma de aceite y también concuerda con los trabajos de Monroy *et al.* (2013), en coberturas de gramíneas y leguminosas, implantadas en suelos oxisoles. Las vesículas son estructuras de reserva que se forman en la parte terminal de las hifas y es característica de algunos géneros como *Glomus* y *Paraglomus*.



Figura 4. Portaobjeto con segmentos de raíces de maíz teñidas.

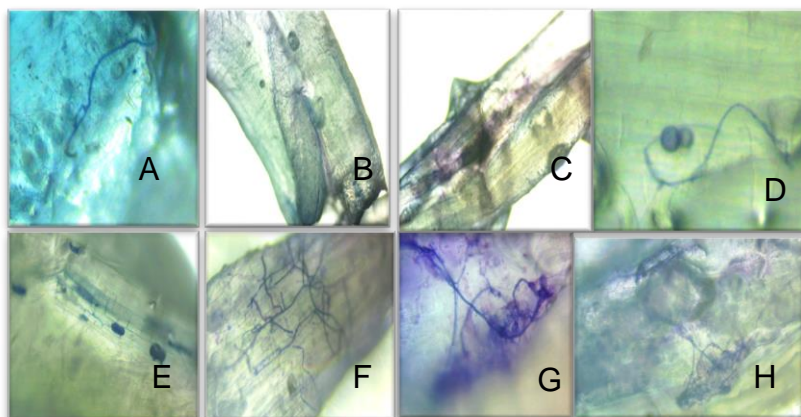


Figura 5. Colonización micorrízicas en raíces de maíz: A, B, C, D, G (hifas) E (vesículas) F (esporas) y H (arbusculos).

Al comparar los parámetros físico-químicos en las fincas muestreadas, con relación al porcentaje de colonización de HMA asociadas a raíces de maíz (**Error! Reference source not found.**, Figura), se observó que las fincas que presentaron suelos con valores altos en magnesio y calcio registraron los menores porcentajes de colonización. En fincas con suelos con niveles moderados de fósforo y nitrógeno y muy bajos en sodio, con un pH medianamente alcalino (pH7.8), Pérez y Vertel (2010); esto justificaba que la finca de Feliz Colón tiene un porcentaje muy bajo con relación a las demás.

Tabla 3. Análisis de suelos de las fincas muestreadas.

Muestra	Análisis físico-químico de suelos	Resultados	Límites
Félix Colón	pH en agua (1:2)	7.7	5.5-7
	Materia orgánica (%)	2.90	3-7
	Nitrógeno (%)	-	-
	Fósforo (mg/kg)	43	20-50
	Calcio (meq/100g)	12.38	4-30
	Magnesio (meq/100g)	2.47	1-8
	Potasio (meq/100g)	1.28	0.30-0.80
	Sodio (meq/100g)	0.37	<2
Hipólito Martínez	pH en agua (1:2)	7.66	5.5-7
	Materia orgánica (%)	5.80	3-7
	Nitrógeno (%)	-	-
	Fósforo (mg/kg)	28	20-50
	Calcio (meq/100g)	33	4-30
	Magnesio (meq/100g)	1.81	1-8
	Potasio (meq/100g)	0.55	0.30-0.80
Arquímedes Medina	pH en agua (1:2)	7.66	5.5-7
	Materia orgánica (%)	5.80	3-7
	Nitrógeno (%)	-	-
	Fósforo (mg/kg)	28	20-50
	Calcio (meq/100g)	33	4-30
	Magnesio (meq/100g)	1.81	1-8
	Potasio (meq/100g)	0.55	0.30-0.80
	Sodio (meq/100g)	0.01	<2

Fuente: Elaborado por el autor en base a resultados del laboratorio de suelos de la Junta Agroempresarial Dominicana (JAD), en el marco del proyecto Fondocyt "Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de Micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la Línea Noroeste".

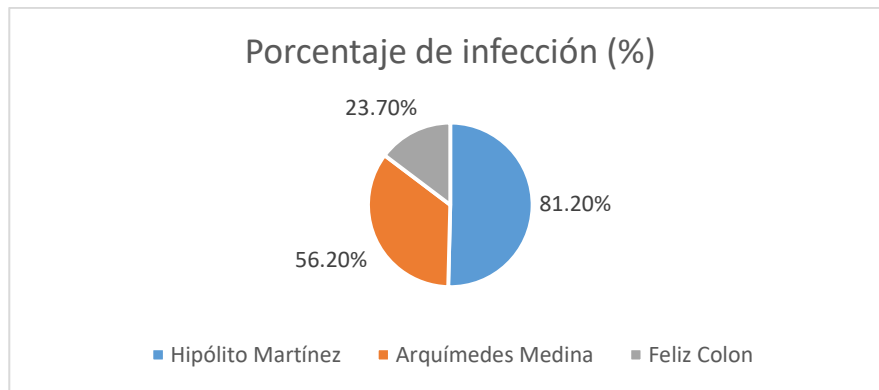


Figura 6. Porcentaje de infección por finca en raíces de maíz.

MORFOLOGÍA DE LAS ESPORAS DEL SUELO, OBSERVADAS AL MICROSCOPIO

El género *Glomus*, fue el más observado entre las fincas muestreadas, estos resultados coinciden con los encontrados por Andrade *et al.* (1998), que indican que este género es uno de los más comunes en suelos cultivados. Las esporas presentes en estos suelos presentan un tamaño entre 100 y 260 μm y los colores varían desde amarillo claro a amarillo dorado. La forma la mayoría de las esporas son de aspecto globosas, sin embargo, también pueden encontrarse algunas de formas irregulares, Figura 7.

Esporas solitarias, globosas de color amarillento a café anaranjado, de 100 - 140 μm diámetro, pared esporal de dos capas, la externa es hialina, delgada que se degrada y se desprende, cuando la capa externa es laminada de 4.8 a 6.9 μm , de color café amarillento a color café anaranjado. Las esporas observadas, se cotejaron con las descritas por Schenck y Pérez (1990), encontraron semejanzas con el color naranja a rojizo y el número de capas laminadas, Figura 4.

En ese estudio, se encontraron 4 morfotipos correspondientes al género *Glomus*. También, se encontró el género *Acaulospora* sp, reportada por Peña *et al.* (2006) a y b). *Acaulospora* sp., es de color amarillo, de forma globosa, consta de tres paredes; al comparar las características de las esporas encontradas y reportadas por Oehl *et al.* (2011a). De color amorillo- anaranjado café, de forma globosa subglobosa y tiene de una a dos paredes, Oehl *et al.* (2011b).

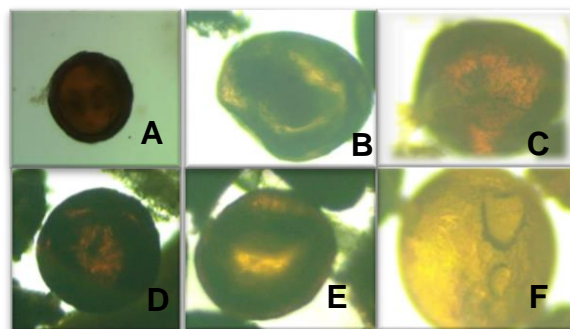


Figura 4. A) *Glomus affetunicatum*. B, C, D, E) *Glomus* sp. y F) *Acaulospora* sp.

Con respecto a la cantidad de esporas, se observó que en todas las muestras hay presencia, Figura 8. La formación de esporas comienza entre la tercera y cuarta semana después de la colonización de la raíz. Los resultados relacionados con este experimento mostraron una efectividad y confirman la infección del hongo con la planta trampa (maíz). Sin embargo, la extensión de la esporulación se puede ver afectada por la planta hospedera, el suelo y las condiciones medioambientales, León (2006).

EFFECTIVIDAD DE INFECCIÓN DE HMA EN LAS PLANTAS TRAMPAS

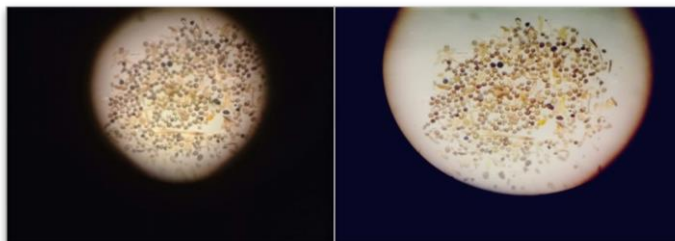


Figura 8. Esporas de micorrizas observadas al Estereoscopio. Elaborado por el autor.

CONCLUSIONES

- La presencia de micorrizas es evidente en todas las fincas muestreadas, siendo las fincas con niveles de fertilidad moderados en fósforo las que poseen más abundancia.
- Se encontraron esporas de hongos micorrízicos arbusculares, correspondientes a los géneros *Glomus* sp. y *Acaulospora* sp.,
- La especie *Glomus* fue dominante en los suelos analizados. Se comprobó la colonización de las plantas con el hongo y se pudo observar estructuras como hifas, vesículas, arbusculos y esporas, al interior de las raíces.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (Mescyt), a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt) por el financiamiento del proyecto “Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la línea noroeste.

A los productores de ganado que permitieron los muestreos en sus sistemas de producción.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M. 1996. Bases agroecológicas para una agricultura sustentable. agroecología y agricultura sostenible. 1ed: CLADES, p. 122-149. 2.
- Andrade, G.; Mihara, K.; Linderman, R.; Bethlenfalvay, G. 1998. Estado de agregación del suelo y rizobacterias en la micorrizosfera. *Suelo Vegetal* 202: 86-96.
- Arcos, A.; Benavides, G. 1996. Ocurrencia y cuantificación de la micorriza arbuscular (MA) bajo bosques y agroecosistemas. pp. 624-627. En: Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio de Mitú, departamento del Vaupés. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Tercer Mundo Editores.
- Barrer, S. 2009. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, CO. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a14.pdf>
- Cardona, G. 2000. Ocurrencia y cuantificación de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a las especies del género *Capsicum* cultivadas en la Amazonía Colombiana. Informe técnico. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Corredor, G. 2008. Micorrizas arbusculares: Aplicación para el manejo sostenible de los agroecosistemas. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <http://www.turipana.org.co/Micorrizas.html>
- Cruz, B. 1999. Micorrización en la conservación de los bosques. *Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México* 6 (2): 159.
- García, C. 1994. Áreas naturales protegidas. Administración ecológica. RAP-INAP. México, D.F. Num. 87.
- Gerdemann, J.; Nicolson, T. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46 (2): 235-244.
- Keitaro, T.; Massanorri, S. 1994. Effect of phosphate application to arbuscular mycorrhizal onion on the development and succinate dehydrogenase activity of internal hyphae. *Soil. Sci. Nutr.* 40 (4): 667-673.
- Kormanik, P.; McGraw, A. 1982. *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. En: Schenck, N.C. (ed). American Phytopathol Society. St Paul, MN. P 9.
- Koske, R.; Gemma, J. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research* 92 (4): 486-488.
- Lanfranco, L.; Wyss, P.; Marzachi, C.; Bonfante, P. 1995. Generation of RADP-PCR primers for the identification of isolates of *Glomus mosseae*, an arbuscular mycorrhizal fungus. *Mol. Ecol.* 4: 61-68.
- León, D. 2006. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a yuca (*Manihot esculenta* sp.) en dos regiones de la Amazonía colombiana. Tesis para optar por el título de microbióloga agrícola y veterinaria, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogota, CO. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8323/tesis296.pdf?sequence=1>
- Noda, Y. 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*, 32(2), 1. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001&lng=es&tlng=es.

- Oehl, F.; Silva G.; Goto, B.; Sieverding, E. 2011b. Glomeromycetes: tres nuevos géneros y especies de glomoides reorganizados. *Micotaxon* 116: 75-120.
- Oehl, F.; Jansa, J.; Ineichen, K.; Mader, P.; Van Der Heijden, M. 2011a. Arbuscular mycorrhizal fungi as bioindicators in Swiss agricultural soils. *Agrarforschung Schweiz*, 2: 304-311.
- Peña- Venegas, C.; Cardona, G.; Mazorra, A.; Arguellez, J.; Arcos, A. 2006. Micorrizas Arbusculares de la Amazonia colombiana. *Catálogo ilustrado*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Peña, C.; Cardona, G.; Mazorra, A.; Arguelles, J.; Arcos, A. 2006. Micorrizas arbusculares de la Amazonia colombiana. Instituto Colombiano de Investigaciones Científicas – Sinch.
- Pérez, C.; Rojas, S.; Montes, V. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 3(2).
- Schenck, N.; Pérez, Y. 1990. Manual para la identificación de hongos micorrícicos VA. 3ra Edición. Synergistic Publications. Gainesville, FL. 286 p.
- Serralde O.; Ramírez, M. 2004 Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 5 (1): 31-40.
- Sieverding, E.; Barea, J. 1991. Perspectiva de la inoculación de sistemas de producción vegetal con hongos formadores de micorrizas VA. In: *Fijación y movilización biológica de nutrientes*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC. Madrid, ES. Pp. 221-245.
- Siqueira, J.; Franco, A. 1988. Biotecnología do solo, fundamentos y perspectivas. *Ciencias nos Trópicos Brasileiros. Serie Agronomía*, 235 p. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=628429&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22FRANCO,%20A.%22&qFacets=autoria:%22FRANCO,%20A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>
- Trimble, M.; Knowles, R. 1995. Influence of van and phosphorus on growth, carbohydrate partitioning and mineral nutrition of greenhouse (*Cucumis sativa* L.) plants during establishment. *Can. J. Plant Science* 75: 239-250.
- Valencia, C.; Zúñiga, D. 2015. Análisis de la presencia natural de micorrizas en cultivos de algodón (*Gossypium barbadense* L.) inoculados con *Bacillus megaterium* y/o *Bradyrhizobium yuanmingense*. *Ecología Aplicada*, 14 (1): 65-69. (En Línea). Revisado el 1 de febrero 2020. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000100006&lng=es&tlng=es

Evaluación de la ganancia de peso de animales (F1) descendientes de Angus Negro y Rojo con vacas mestizas en condiciones tropicales

Helmut Bethancourt y Ramón Martínez*

Universidad Nacional Evangélica (UNEV), Santo Domingo, DO. *Para comunicación: helmutbio@yahoo.com

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto en la ganancia de peso de la raza Angus introducida mediante inseminación artificial con vacas mestizas en condiciones tropicales de la República Dominicana. Descendientes de vacas mestizas y toros de raza pura de razas Charolais, Simmental o Brahman blanco conformaron el grupo de los mestizos tradicionales (MES) y los descendientes de vacas mestizas y toros Angus negro y Angus rojo conforman el grupo F1A. En machos y hembras se evaluó: peso al destete, peso a los 12 meses y peso a los 14 meses. En los machos, también, se evaluó peso al nacimiento. Un total de 271 becerros y 91 becerras fueron evaluados. Se detectó diferencia significativa en el peso al nacimiento de los machos, y así mismo en peso al destete y peso a los 12 meses en ambos grupos. Sin embargo, no hubo diferencia significativa a la probabilidad de 0.05 en el peso a los 14 meses ($P=0.1295$) ni en machos ni en hembras. Se concluye que los MES tuvieron mayor peso al destete y a los 12 meses, pero esto se niveló a los 14 meses de edad. Para evitar una disminución de ingresos al introducir la raza Angus en un hato, se sugiere que los becerros mestizos sean comercializados luego de los 14 meses de edad.

Palabras claves: *cruzamientos, Angus, novillos, animales mestizos, tropical*

ABSTRACT

A study was carried out with the objective of evaluating the effect on the weight gain of the Angus breed introduced by artificial insemination with crossbred cows in tropical conditions of the Dominican Republic. Descendants of crossbred cows and purebred Charolais, Simmental or White Brahman bulls made up the group of traditional crossbreds (MES) and descendants of crossbred cows and black Angus and Red Angus bulls make up the F1A group. In males and females, it was evaluated: weaning weight, weight at 12 months and weight at 14 months. In males, also, birth weight was evaluated. A total of 271 calves and 91 calves were evaluated. A significant difference was detected in the weight at birth of the males, and also in weaning weight and weight at 12 months in both groups. However, there was no significant difference at the probability of 0.05 in weight at 14 months ($P = 0.1295$) neither in males nor in females. It is concluded that the MES had greater weight at weaning and at 12 months, but this leveled off at 14 months of age. To avoid a decrease in income when introducing Angus into a herd, it is suggested that crossbred calves be marketed after 14 months of age.

Keywords: *crossbreeding, Angus, steers, crossbred animals, tropical*

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales se utiliza frecuentemente el ganado tipo cebuino o *Bos indicus* por su alta resistencia al calor y su resistencia parcial a las garrapatas, Cunningham y Syrstad (1987). Sin embargo, este tipo de ganado no está asociado a calidad en carne.

En Brasil, se reporta que solo el 11.2% de las muestras de carne de novillos cebuinos de raza Nellore son consideradas tiernas, Baldassini *et al.* (2015). Por tanto, se realizan cruzamientos entre *Bos indicus* y ganado *Bos taurus* provenientes de clima templado debido a que los cruces de *Bos taurus* favorecen la calidad de carne y obtienen vigor híbrido, Crouse *et al.* (1989), O'Connor *et al.* (1997), Thrift y Thrift (2002) y Olson (1998).

Se recomienda que se utilice la raza Angus y otras de origen británico, para llegar a un nivel de terneza de carne de bovinos generalmente muy aceptable, Dikeman *et al.* (2001), Casas *et al.* (2010), Brink (2012) y Bethancourt y Martínez (2017). Se reporta que becerros mestizos de toros Charolais pesaron más al destete que los becerros mestizos de Angus y Brahman, Peacock *et al.* (1977) y Peacock *et al.* (1978). En otro estudio, los becerros de vacas mestizas cruzadas con toros Angus pesaron igual que los de toros Brangus o Gelbvieh, pero menos que los hijos de toros mestizos Brahman x Hereford, DeRouen y Turpin (2004).

Entre los ganaderos de la República Dominicana existe la percepción de que el uso de la raza Angus no resulta conveniente debido a la ganancia de peso de los becerros.

El objetivo de este estudio es evaluar los pesos de los descendientes del cruce de vacas mestizas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) con toros Angus negro y Angus rojo en condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio en la Hacienda La Perseverancia, localizada en La Isabelita, municipio Pedro Sánchez, provincia El Seibo, República Dominicana. En esta finca se utiliza un sistema de cruzamiento rotacional no estricto con toros de razas puras Charolais, Simmental y Brahman blanco.

El uso de este sistema de cruzamiento rotacional ha generado vacas que contienen diversos grados de mestizajes de estas tres razas. Los animales descendientes de estas vacas mestizas y toros de raza Charolais, Simmental o Brahman blanco estuvieron bajo estudio (n=281), conformando el grupo de los mestizos tradicionales (MES).

Un grupo de dichas vacas mestizas fue inseminado artificialmente con semen proveniente de dos toros Angus negro y dos toros Angus rojo, los cuales fueron seleccionados como mejoradores por la calidad de su carne. El semen utilizado fue de los toros: Lead On (29AN1556), Foresight (29AN1589), Beckton Lancer (29AR0187) y Touch Down (200AR0309). Los animales descendientes de las vacas mestizas y los toros Angus negro y rojo conforman el grupo de los 50% Angus (F1A) (n=66).

Un total de 271 becerros y 91 becerras de los grupos MES y F1A, los cuales nacieron desde el 14 de agosto de 2015 hasta el 28 de febrero de 2016, fueron evaluados para determinar su desempeño en cuanto a ganancia de peso, incluyendo peso al destete, peso a los 12 meses y peso a los 14 meses. En los machos, también, se evaluó peso al nacimiento.

Desde el nacimiento hasta el destete, los becerros fueron mantenidos con sus madres solo a pastoreo. El destete se produjo a los 7 meses de edad en todos los casos. Luego del destete, los

animales fueron trasladados a una finca cercana, propiedad de la misma empresa, para su engorde bajo condiciones de pastoreo y suplementación.

En cuanto al análisis estadístico de los datos, se realizó una prueba de T para muestras independientes. En el caso de las hembras, no se consideró peso al nacimiento debido a los pocos datos de pesaje a esa edad disponibles. Se utilizó el programa Infostat versión 2019, para el análisis de los datos.

RESULTADOS

Los resultados de los pesajes de los machos se presentan en la Tabla 1 y los resultados de las hembras en la Tabla 2.

Tabla 1. Resultados de pesajes de machos descendientes de vacas mestizas y distintos toros de raza pura en condiciones tropicales.

Tratamiento	Peso al nacimiento (kg)	Peso al destete (kg)	Peso a los 12 meses (kg)	Peso a los 14 meses (kg)
MES	76.1±10.7a	204.6±26.7a	279.6±37.6a	324.72±41.9a
F1A	72.5±10.1a	191.2±39.6a	266.0±39.5b	315.97±46.2a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

No hubo diferencia significativa en peso al nacimiento. Tampoco se detectó diferencia significativa en peso al destete ($P = 0.0521$), pero sí en el peso a los 12 meses ($p < 0.05$). Sin embargo, no hubo diferencia significativa en el caso del peso a los 14 meses.

Tabla 2. Resultados de pesajes de hembras mestizas descendientes de toros de raza Angus Negro y Rojo y descendientes de toros de otras razas puras en condiciones tropicales.

Tratamiento	Peso al destete (kg)	Peso a los 12 meses (kg)	Peso a los 14 meses (kg)
MES	193.1±32.9 a	270.0±41.2 a	297.8±59.6 a
F1A	177.3±27.7 b	252.6±36.6 a	307.8±40.4 a

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

En el análisis de los datos de las hembras se encontró diferencia significativa en el peso al destete ($p < 0.05$), donde se identificó una reducción del peso de los F1A con relación a los MES. No se detectó diferencia significativa en el peso a los 12 meses ($P = 0.0558$), ni en el peso a los 14 meses. Esto indica que, aunque las hembras hijas de toros de raza Angus pesaron menos en el destete, hubo un mayor crecimiento que niveló esa diferencia al llegar a los 14 meses.

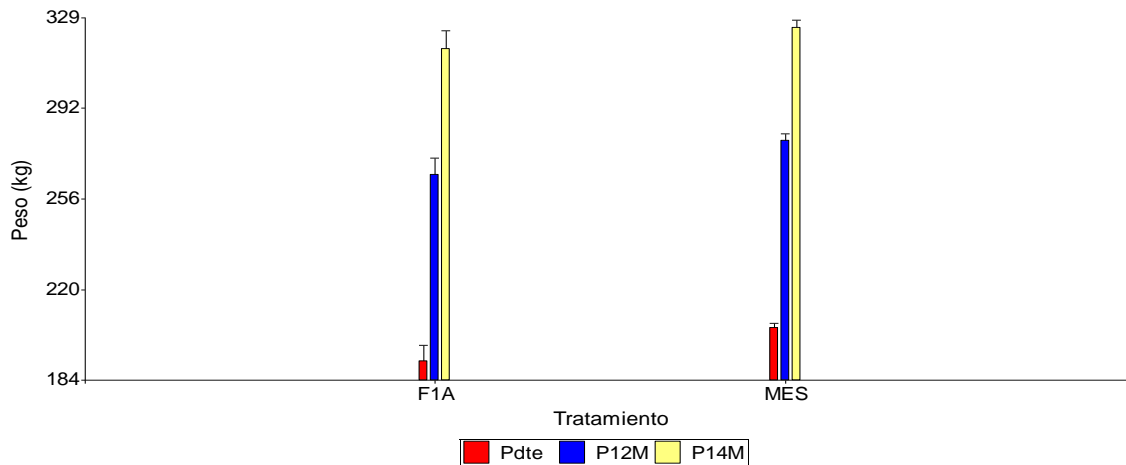


Figura 1. Pesos de becerros (machos) mestizos y F1 Angus en condiciones tropicales (kg).

Nota: Pdte equivale a peso al destete, P12M a peso al año y P14M a peso a los 14 meses.

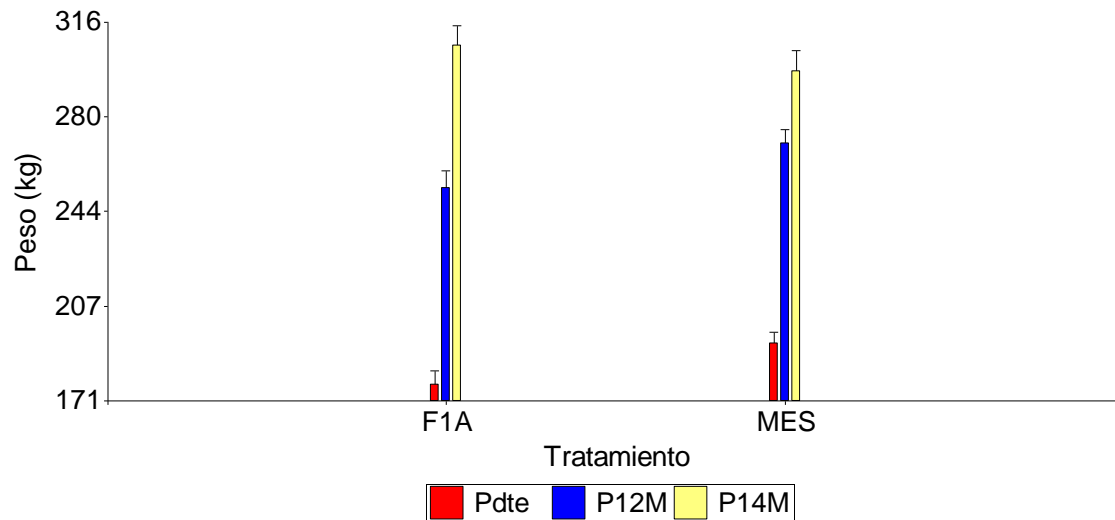


Figura 2. Pesos de becerras (hembras) mestizas y F1 Angus en condiciones tropicales (kg).

Nota: Pdte equivale a peso al destete, P12M a peso al año y P14M a peso a los 14 meses.

DISCUSIÓN

Los resultados de cruzamientos con Angus en zonas tropicales y subtropicales han sido diversos. Esto puede estar relacionado a la falta de uniformidad en la población de vacas con las que se cruzan los toros Angus. Pero en sentido general, es evidente el mejor desempeño de los F1 (*B.taurus* x *B. indicus*) con respecto a los de raza pura de clima templado. Se ha estimado que, debido a la heterosis, las vacas mestizas de Angus x Nelore (F1) obtuvieron mejor desempeño en cuanto a peso adulto, peso de becerros al destete y madurez temprana que las vacas Angus y Hereford puras en regiones subtropicales, Mendonça *et al.* (2019).

En ese mismo orden Yang *et al.* (2008) reportaron que en las condiciones subtropicales de Hawaii el uso de animales F1 (50% Angus) con respecto a Angus puro incrementó el peso ajustado a 205 días de 226 kg a 285 kg en los becerros.

Dichos autores recomendaron la selección de toros en base a crecimiento, esto mejoró los pesos al destete. Estos resultados coinciden con los reportados en este estudio, donde el uso de distintos toros generó una alta variabilidad en el grupo F1A.

En un estudio realizado en Brasil con novillos F1 (1/2 Angus y 1/2 Nelore) en pastoreo tuvieron mayor peso a los 12 meses que novillos mestizos de tres razas (1/4 Angus, 1/4 Nelore y 1/2 Guzará). Pero a la edad de 24 meses los mestizos de 3 razas pesaron más que los F1 bajo suplementación intensiva de *Feedlot*, aunque con menor rendimiento en canal (53% vs 50%), Mesquita *et al.* (2016). En este estudio se nota un menor peso de los machos F1A a los 12 meses con respecto a las MES aunque no hubo diferencia significativa ($P = 0.0558$); sin embargo, los F1A tuvieron mayor ganancia de peso diario entre los 12 y 14 meses.

El incremento en la ganancia de peso exhibida por los F1A, tanto machos como hembras, al llegar a los 14 meses, se puede deber a la suplementación que recibieron los animales luego del destete. Se atribuye a la influencia de raza Angus un mayor aprovechamiento de dicho sistema de alimentación. De manera preliminar resultó que los mestizajes con Angus en condiciones tropicales se adaptan mejor a la alimentación post-destete que incluye suplementación, lo cual puede generar en esta etapa una mayor ganancia de peso diario.

CONCLUSIÓN

La introducción de genética Angus para producir F1, en una zona tropical, disminuyó significativamente el peso de los novillos bajo estudio criados en condiciones tropicales a los 12 meses y de las hembras al destete. Esto coincide con la percepción que tienen algunos ganaderos de que los hijos de Angus tienen menor peso al destete; sin embargo, al llegar a los 14 meses no hubo diferencia significativa en los pesos entre los F1 Angus y los mestizos convencionales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado parcialmente por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT), Republica Dominicana, a través del Proyecto Fondocyt 2013-2D2-052. Al señor Enrique de Castro, por su colaboración en el trabajo experimental y al ingeniero Ángel Pimentel por su asesoría para el análisis estadístico.

LITERATURA CITADA

Baldassini, C.; Silva, J.; Malheiros, J.; Dias, V.; Espigolan, R.; Baldi, F.; Albuquerque, L.; Fernandes, T.; Padilha, P. 2016. Meat quality traits of Nelore bulls according to different degrees of backfat thickness: a multivariate approach. *Animal Production Science* 57: 363-370.

Bethancourt, H.; Martínez, R. 2017. Uso de la prueba molecular Igenity para seleccionar bovinos mestizos con genes que favorecen la ternera de la carne. *Revista APF* 6(1): 17-22.

Brink, T. 2012. Southern Carcass Improvement Project Review. Gardiner Angus Ranch, 2009-2012. (En Línea). Revisado el 1 de junio del 2020. Disponible en: <http://www.gardinerangus.com/news/scip/SCIPWhitePaper-FINAL-Brink.pdf>

- Casas, E.; Thallman, R.; Kuehn, L.; Cundiff, L. 2010. Postweaning growth and carcass traits in crossbred cattle from Hereford, Angus, Brangus, Beefmaster, Bonsmara, and Romosinuano maternal grandsires. *Journal of animal science* 88(1): 102-108.
- Crouse, J.; Cundiff, L.; Koch, R.; Koohmaraie, M.; Seideman, S. 1989. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *J. Anim. Sci.* 67: 2661-2668.
- Cunningham, E.; Syrstad, O. 1987. Crossbreeding *bos indicus* and *bos taurus* for milk production in the tropics. *FAO Animal Production and Health Paper*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, IT.
- DeRouen, S.; Turpin, J. 2004. Evaluation of Angus-, Brangus-, Gelbvieh-, Gelbray-sired, and F1 Brahman x Hereford Females for Cow-Calf Production. Hill Farm Research Station, Louisiana State University Agricultural Center.
- Dikeman, M.; Green, R.; Wulf, D. 2001. Effects of Genetics vs Management on Beef Tenderness. *BifFactsheet*. (En Línea). Revisado el 1 de junio del 2020. Disponible en: http://www.beefimprovement.org/library/factsheets/BIFfact_tenderness.html
- Mendonça, F.; MacNeil, M.; Leal, W.; Azambuja, R.; Rodrigues, P.; Cardoso, F. 2019. Crossbreeding effects on growth and efficiency in beef cow-calf systems: evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects, *Translational Animal Science* 3 (4): 1286-1295. (En Línea). Revisado el 1 de junio del 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/tas/txz096>
- Mesquita, E.; Castagnara, D.; Figueiredo, A.; Oliveira, A. 2016. Growth performance and carcass characteristics of Nelore Angus and Nelore Angus Guzera crossbred cows fed with supplemented pasture during the yearling and feedlot stages. *Semina: Ciências Agrárias* 37(4): 2701-2710. (En Línea). Revisado el 1 de junio del 2020. Disponible en: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/23936/19657>
- O'Connor, S.; Tatum, J.; Wulf, D.; Green, R.; Smith, G. 1997. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *J Anim Sci.* 75(7): 1822-30.
- Olson, T. 1998. Crossbreeding Programs for Beef Cattle in Florida. Universidad de la Florida. IFAS Extension. Gainesville, FL. (En Línea). Revisado el 1 de junio del 2020. Disponible en: <https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/42/46/00001/AN05500.pdf>
- Peacock, F.; Kirk, W.; Koger, M.; Carpenter, J.; Crockett, J. 1977. Evaluation of the Brahman Breed as Straightbred and Crossbred for Beef Production in South Central Florida. Universidad de la Florida. IFAS Extension. (En Línea). Revisado el 1 de junio del 2020. Disponible en: <https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/45/46/00001/AN06400.pdf>
- Peacock, F., M. Koger y E. Hodges, 1978. Weaning Traits of Angus, Brahman, Charolais and F1 Crosses of these Breeds, *Journal of Animal Science* 47 (2): 366.
- Thrift, F.; Thrift, T. 2002. The Issue of Carcass Tenderness Expressed by Cattle Varying in *Bos indicus* Inheritance. *The Professional Animal Scientist* 18 (3): 193-201.
- Yang, J.; Ferreira, R.; Duponte, M.; Fukumoto, G.; Zhao, B. 2008. Growth performances of F1 Angus Plus calves grazing on pasture in Hawaii's tropical climate. *Tropical animal health and production* 41: 593-598.

Instituciones Auspiciadoras



Ministerio de Agricultura

Es la institución estatal responsable de formular y dirigir la política agropecuaria del país, de acuerdo con los planes generales de desarrollo. También es responsable de estudiar la situación agropecuaria del país y presentar a la consideración del Gobierno el plan global agropecuario a corto y largo plazo. Así mismo, coordina los programas a corto y largo plazo de las entidades vinculadas y relacionadas al sector.



Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF)

EL CONIAF es una institución descentralizada del gobierno Dominicano, que fortalece, estimula y orienta al Sistema Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales - SINIAF. Ofrece financiamiento a través del fondo de investigación, fomentando el desarrollo de la capacidad científica y tecnológica en instituciones públicas y privadas.



Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)

El IDIAF es la institución estatal responsable de la ejecución de la política de investigación y validación agropecuaria y forestal de la República Dominicana.



Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF)

El CEDAF es una organización privada sin fines de lucro que promueve el desarrollo sostenible del sector agropecuario y forestal, a través de la capacitación, información, innovación institucional y análisis de políticas y estrategias sectoriales, avalados por una imagen de excelencia institucional y alta credibilidad con el fin de estimular una agricultura competitiva que contribuya a reducir los niveles de pobreza y a proteger el medio ambiente.



Revista APF Volumen 9 (2) 2020
Revista Científica Agropecuaria y Forestal