

ISSN 2307-1990

APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Volumen 9 (1) 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(1).

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:

Suelo arrocero mostrando efectos de proceso de óxido-reducción. Observándose una diferenciación de horizontes en profundidad. Foto: Pedro Núñez.

Revista APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, Sodíaf



Revista APF - Vol 9 No 1, 2020

Contenido y Autores

Pág.

iii Editorial

Ing. Elpidio Aviles, M.Sc.

Presidente de la Junta Directiva Sodíaf 2018-2020

Artículos Científicos

- 1-12 **Efecto de *Bacillus subtilis* Cepa QST-713 sobre el desarrollo de plantas de plátano FHIA-20 en aclimatación**
Juan Arias, Genaro Reynoso, José de la Cruz y Pedro Núñez
- 13-28 **Aspectos epidemiológicos del Virus del bronceado del tomate (TSWV) en ambiente protegido**
Rosalba Rodríguez y Reina Teresa Martínez
- 29-38 **Incidencia y distribución del bronceado del tomate en ambiente protegido en San José de Ocoa**
Priscilia Jáquez y Reina Teresa Martínez
- 39-48 **Evaluación de la actividad insecticida de extractos acuosos de plantas de la familia Myrtaceae sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (psílido asiático)**
R. Taveras-Macarrulla, R. Rodríguez-Peña y M. Vasquez
- 49-60 **Identificación de cepas autóctonas de micorrizas bajo sistemas de pastoreo en Valverde Mao, República Dominicana,**
Elfrida Pimentel, Adelin Bueno, Nelfy González, Adriana Bueno, María Pineda, Birmania Wagner, Iris Marcano y Pedro Núñez
- 61-74 **Caracterización de micorrizas autóctonas en suelo y raíces provenientes de fincas ganaderas en Montecristi, República Dominicana**
Pedro Núñez, Yeison Reyes, Luis Soto, Birmania Wagner, Elfrida Pimentel, Adriana Bueno e Iris Marcano
- 75-84 **Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento y calidad nutritiva de *Pennisetum purpureum* Schumach**
Birmania Wagner, Joaquín Caridad, Elfrida Pimentel, Iris Marcano y Pedro Núñez

Notas Técnicas

- 85-90 **Diagnóstico de *Burkholderia glumae* (Kurita y Tabei) en panículas de arroz (*Oryza sativa* L.) en la República Dominicana**
Lucia Silverio, Máximo Halpay y Juan Camejo
- 91-96 **Manejo integrado de Bacteriosis en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la República Dominicana**
Yves David, Monfils Dieujuste, Rachel Gautier y Máximo Halpay

Revisión Bibliográfica

- 97-114 **Breve visión sobre el suelo: rol, importancia, funciones, calidad e indicadores**
Pedro Núñez, José Colucho y Arnulfo Encina

Editorial

La crisis sanitaria provocada por la pandemia de la enfermedad Covid-19, causada por el coronavirus SARS-CoV-2, ha provocado la mayor crisis económica mundial y el sector agroalimentario ha sido impactado afectado el funcionamiento normal de las cadenas alimenticias. Los sistemas agroalimentarios de los países han demostrado su importancia, garantizando el suministro continuo de alimentos a la población, lo que ha obligado a los líderes mundiales a repensar la necesidad de invertir para hacer este sector más sostenible y resiliente para la producción de alimentos, mediante innovaciones tecnológicas para mejorar la productividad y la calidad de los alimentos.

La República Dominicana no ha escapado ante esta realidad y en ese sentido la Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (Sodiaf), hace un llamado para la utilización de las tecnologías desarrolladas y validadas para la producción masiva de alimentos, en estos tiempos de crisis, donde la producción local de alimento debe ser una prioridad,

En tal sentido, y a pesar de la pandemia y las dificultades producto de esta, la Sodiaf 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, la Junta Directiva de la Sodiaf (2018-2021) se siente satisfecha al entregar este nuevo número de la revista APF 9 (1), 2020 a la comunidad científica dominicana e internacional, así como a los estudiantes, técnico y productores del país.

Ing. Elpidio Aviles, M.Sc.

Presidente de la Junta Directiva Sodiaf 2018-2021

Efecto de *Bacillus subtilis* Cepa QST-713 sobre el desarrollo de plantas de plátano FHIA-20 en aclimatación

Juan Arias¹, Genaro Reynoso², José de la Cruz¹ y Pedro Núñez^{2*}

¹ Egresados Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). ^{2*} Investigadores, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) y docentes Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, UASD, Santo Domingo, DO. *Autor para correspondencia: Email: pnunez@idiaf.gov.do; pnunez58@gmail.com

RESUMEN

El cultivar FHIA-20 (*Musa* AAAB) es un plátano de alto rendimiento que es atacado por diferentes microorganismos, causando daños y limitando su desarrollo. Se realizó un experimento para determinar el efecto del *Bacillus subtilis* cepa QST-713 sobre el desarrollo del FHIA-20 en aclimatación. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 4 x 4, con cuatro repeticiones. Los 16 tratamientos fueron cuatro dosis (0, 1.5, 3 y 4.5 ml/l de *Bacillus subtilis* cepa QST-713) y cuatro intervalos (5, 8, 11 y 14 días). Las variables evaluadas fueron grosor del pseudotallo, altura, cantidad de hojas, brotes y raíces; y peso fresco y seco de la planta. El mayor grosor del pseudotallo se obtuvo con T16 (4.5 ml de *B. subtilis* cepa QST-713 a los 14 días) con promedio de 0.92 cm, mayor altura en T14 (4.5 ml de *B. subtilis* cepa QST-713 a los 8 días) con 27.01 cm/p, mayor cantidad de hojas con la dosis de 4.5 ml (5 hojas/p), mayor cantidad de raíces en T13 (4.5 ml de *B. subtilis* cepa QST-713 (ml) a los 5 días) con 12 raíces/p, mayor cantidad de brotes en T9 (3 ml de *B. subtilis* cepa QST-713 (ml) a los 5 días) y T6 (1.5 ml de *B. subtilis* cepa QST-713 (ml) a los 8 días) con 6.5 brotes/p, respectivamente. Mientras el mayor peso fresco aéreo se obtuvo con la dosis 4.5 con 14.1 g/p y en raíces en el intervalo de 5 días con 4.26 g/p. En el peso seco de la parte aérea la dosis más favorable resultó ser 4.5 ml con 0.33 g/p, en la raíz fueron los intervalos de 5 y 11 días con 0.27 g/p, respectivamente ($p \leq 0.05$). Los mejores resultados están ligados a las dosis más altas e intervalos de aplicación más cortos.

Palabras Claves: Biocontrol, dosis, intervalo, aplicación, fitopatógenos.

ABSTRACT

The cultivar FHIA-20 (*Musa* AAAB) is a high-yielding banana that is attacked by different microorganisms, causing damage and limiting its development. An experiment was carried out to determine the effect of *Bacillus subtilis* strain QST-713 on the development of FHIA-20 in acclimatization. A randomized complete block design with a 4 x 4 factorial arrangement was used, with four repetitions. The 16 treatments were four doses (0.1.5, 3 and 4.5 ml / l of *Bacillus subtilis* strain QST-713) and four intervals (5, 8, 11 and 14 days). The variables evaluated were thickness of the pseudostem, height, number of leaves, shoots and roots; and fresh and dry weight of the plant. The greatest thickness of the pseudostem was obtained with T16 (4.5 ml of *B. subtilis* strain QST-713 at 14 days) with an average of 0.92 cm, greater height in T14 (4.5 ml of *B. subtilis* strain QST-713 at 8 days) with 27.01 cm / p, greater number of leaves with the dose of 4.5 ml (5 leaves / p), greater number of roots in T13 (4.5 ml of *B. subtilis* strain QST-713 (ml) at 5 days) with 12 roots / w, higher number of shoots in T9 (3 ml of *B. subtilis* strain QST-713 (ml) at 5 days) and T6 (1.5 ml of *B. subtilis* strain QST-713 (ml) at 8 days) with 6.5 shoots / p, respectively. While the highest fresh aerial weight was obtained with the 4.5

dose with 14.1 g / p and in roots in the 5-day interval with 4.26 g / p. In the dry weight of the aerial part, the most favorable dose was 4.5 ml with 0.33 g / p, in the root they were the intervals of 5 and 11 days with 0.27 g / p, respectively ($p \leq 0.05$). The best results are linked to the higher doses and shorter application intervals.

Key Words: Biocontrol, dose, interval, application, phytopathogens.

INTRODUCCIÓN

El Moko bacteriano es causado por *Ralstonia solanacearum* raza 2, este afecta la producción de Musa AAB Simmonds, ocasionando pérdidas de hasta 100% en Colombia. *Bacillus subtilis* evita y reduce el efecto del patógenos del suelo y tiene efecto contra patógenos foliares de importancia mientras que a su vez ayuda a la planta a optimizar su desarrollo, Ceballos *et al.* (2014).

El género *Bacillus* tiene un amplio perfil de diversidad fisiológica y hábitat. Este actúa como agente rizosférico con capacidad de degradar sustratos derivados de la fauna, la flora y compuestos orgánico como los hidrocarburos; que promueven la producción de antibióticos, promoción de crecimiento vegetal y los procesos de fijación de nitrógeno y solubilización de fosfatoso. De forma indirecta actúa en la producción de sustancias antagonistas de patógenos o induciendo mecanismos de resistencia, Además, es secretor de proteínas y metabolitos eficientes para el control de plagas y enfermedades, Ramírez *et al.* (2017).

El trasplante de vitro plántulas y el establecimiento completo en invernadero puede ser complejo para algunas especies, pues en las plantas *in vitro* se producen anomalías fisiológicas, estructurales y anatómicas, tales como: ausencia de cutícula cerosa, estomas no funcionales, ineficiencia de la fotosíntesis y mal funcionamiento del transporte hídrico; estas anomalías son acentuadas como resultado de las tasas de evapotranspiración elevadas, ya que pasan de una condición heterótrofa a autótrofa, Capellades *et al.* (1990).

Durante las fases de aclimatación y endurecimiento del plátano propagado a partir de ápices meristemáticos, las plantas sufren un estrés severo, por lo que es necesario ayudarlas en su adaptación, Calla *et al.* (2002).

En la República Dominicana, los productores de plátano tienen un índice de mortalidad de plantas alto, causado por el uso de material de siembra de mala calidad y en otros casos material atacado por plagas y enfermedades. Las especies que afectan el pseudotallo de banano y plátano se agrupan o nombran como *Dickeya chrysanthemi* (*Erwinia chrysanthemi*) y *Dickeya* sp. (*Pectobacterium chrysanthemi*), Ramírez *et al.* (2014).

Se realizó esta investigación con el objetivo de determinar el efecto de *Bacillus subtilis* cepa QST-713 sobre el desarrollo de las plantas de plátano FHIA-20 (Musa AAAB) en proceso de aclimatación.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN

El estudio se llevó durante el periodo enero a marzo 2018 en un invernadero tipo capilla del Laboratorio de Multiplicación de Plantas *in vitro* (Biovega), perteneciente al Ministerio de Agricultura de la República Dominicana y localizado en Pontón, La Vega. Se utilizaron 1,024 plantas de plátano FHIA-20 provenientes del laboratorio.

MANEJO DE PLÁNTULAS

Las plantas de FHIA-20 crecieron a temperatura promedio de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, pH del sustrato entre 5.8-6.2, CE 1.3-1.5. Las plantas fueron trasplantadas en bandejas de polietileno de 32 cavidades, llenadas con sustrato de turba (sedimentos de lagos + fibra de coco) en proporción 3:1 y colocadas en mesas de metal. Se aplicó riego intermitente, considerando los requerimientos de las plantas y propiedades físicas del sustrato. La fertilización fue dos veces/semana con fertilizante hidrosoluble a una dosis de dosis de 2.5-3 g/litros de H₂O. A las plantas no se les realizó control de plagas y enfermedades por la naturaleza del experimento.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se usó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4 x 4 con cuatro repeticiones, donde el factor A consistió en la dosis en (ml de *B. subtilis* cepa QST-713/L de H₂O) con 4 niveles: 0, 1.5, 3 y 4.5 (ml) y el factor B en intervalos de aplicación que consistió en aplicar las dosis cada 5, 8, 11 y 14 (días), con un total de 16 tratamientos y 64 unidades experimentales: Los tratamientos fueron:

Tabla 1. Tratamientos evaluados con diferentes dosis de *B. subtilis* e intervalos de días.

Tratamiento	<i>B. subtilis</i> cepa QST-713 (ml)	Intervalos (días)
T1	0	5
T2	0	8
T3	0	11
T4	0	14
T5	1.5	5
T6	1.5	8
T7	1.5	11
T8	1.5	14
T9	3	5
T10	3	8
T11	3	11
T12	3	14
T13	4.5	5
T14	4.5	8
T15	4.5	11
T16	4.5	14

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron: grosor del pseudotallo (cm), altura (cm), cantidad de hojas (unidad), cantidad de raíces (unidad), cantidad de brotes (unidad) y peso fresco y seco de la parte aérea y de las raíces. El grosor del pseudotallo fue medido con Pie de Rey en la base de la planta. La altura de las plantas se determinó desde la base hasta el ápice de las hojas cigarras extendidas, usando cinta métrica. Cada 15 días se contó el número de hojas por planta y bandeja/tratamiento. A los 60 días post siembra se realizó un conteo de raíces/planta/tratamiento. El ahijamiento se evaluó cada 15 días, realizando un conteo del número de brotes. A los 60 días se cortaron las plantas en la base del

cepellón y se tomó el peso de la parte aérea y raíces en fresco y luego se secaron a temperatura ambiente y se determinó el contenido de materia seca por diferencia de pesos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS

Previos al análisis de los datos se comprobó que cumplían con los supuestos del análisis de varianza, especialmente la prueba de homogeneidad de varianzas de los tratamientos y distribución normal del error experimental. Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico InfoStat (2010), realizando pruebas de separación de medias con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, donde la variabilidad de los efectos de los factores y sus interacciones fueron significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

GROSOR DE PSEUDOTALLO (CM)

Para la variable grosor de tallos, los resultados de la interacción significativa dosis de *B. subtilis* cepa QST-713 por intervalos de días para la variable grosor de tallo, se presentan en la Tabla 2.

Cruz-Martín *et al.* (2015) encontraron que la cepa *Bacillus* spp aumenta el grosor del tallo y la masa fresca y seca de las plantas; mientras que Alvarado-Capó *et al.* (2015) obtuvo resultados similares estudiando *Bacillus* spp., sobre el crecimiento y rendimiento agrícola de plantas *in vitro* de papa cv. 'Romano', a los 90 días de la plantación en casa de cultivo se observó que las cepas bacterianas, con las que se inocularon las plantas de papa, tuvieron efecto positivo en las plantas y los minitubérculos.

Tabla 2. Comparación de media del grosor del pseudotallo de plantas de plátano FHIA-20 bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Dosis (ml)	Intervalos (Días)	Medias	Significancia
T ₃	0	11	0.67	a
T ₆	1.5	8	0.70	ab
T ₁₀	3	8	0.71	ab
T ₇	1.5	11	0.73	abc
T ₈	1.5	14	0.74	abcd
T ₄	0	14	0.75	abcd
T ₁	0	5	0.76	abcd
T ₅	1.5	5	0.76	abcd
T ₁₄	4.5	8	0.77	abcde
T ₂	0	8	0.78	bcde
T ₁₅	4.5	11	0.83	bdef
T ₉	3	5	0.83	cdef
T ₁₁	3	11	0.84	def
T ₁₃	4.5	5	0.84	def
T ₁₂	3	14	0.87	ef
T ₁₆	4.5	14	0.92	f

Medias con una letra común entre filas de una misma columna no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) Prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

ALTURA DE LAS PLANTAS (CM)

Para la variable altura de plantas, los resultados de la interacción significativa dosis de *B. subtilis* cepa QST-713 por intervalos de días para la variable grosor de tallo, se presentan en la Tabla 3.

Entre los tratamientos con la mayor altura están T14, T15, T11, T9, T12, T13 y T16. Todos los tratamientos con media inferior a 22.34 cm de altura obtuvieron la menor altura, siendo estadísticamente iguales entre ellos.

Tabla 3. Comparación de media de la altura de vitroplantas de plátano FHIA-20 en aclimatación en invernadero.

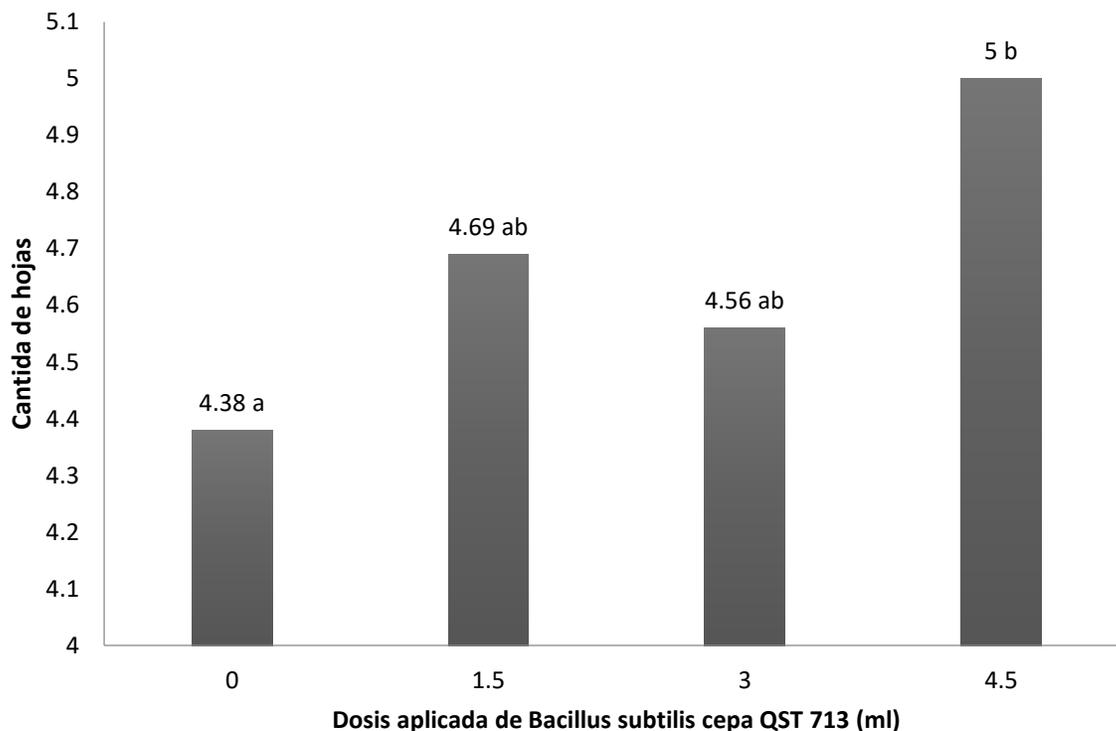
Tratamientos	Dosis (ml)	Intervalos (Días)	Medias	Significancia
T ₈	1.5	14	20.14	a
T ₂	0	8	20.53	a
T ₁	0	5	20.66	a
T ₅	1.5	5	20.73	a
T ₇	1.5	11	21.07	a
T ₃	0	11	21.42	a
T ₁₀	3	8	21.86	a
T ₆	1.5	8	22.01	a
T ₄	0	14	22.34	a
T ₁₅	4.5	11	24.55	b
T ₁₁	3	11	24.7	bc
T ₉	3	5	25.92	bc
T ₁₂	3	14	25.99	bc
T ₁₃	4.5	5	26.08	bc
T ₁₆	4.5	14	26.81	bc
T ₁₄	4.5	8	27.01	c

Medias con una letra común entre filas de una misma columna no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

Resultados similares fueron obtenidos por Cuervo (2010), indicando que *B. subtilis* promueve el desarrollo de las plantas. Mientras, Chaves *et al.* (2007), sugiere que *B. subtilis* tiene efecto comprobado en la remoción del crecimiento de las plantas. En experimento similar, Cruz-Martín *et al.* (2015) obtuvo un aumento significativo en altura de la planta, usando *Bacillus* spp., cepa CCIBP-C5. Se observó un mayor crecimiento de las plantas, ya que actúan como promotores sinérgicos o del crecimiento de planta, Fertilizante.Info (2018).

CANTIDAD DE HOJAS POR PLANTA

En el análisis de varianza se observa que las dosis afectaron significativamente la cantidad de hojas por planta ($p=0.0422$). Los intervalos de aplicación no afectaron significativamente dicha variable en estudio ($p=0.6841$), Figura 1. No hubo interacción entre las dosis y los intervalos ($P=0.6537$) con un coeficiente de variación de 13.15%.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes

Figura 1. Efecto de *B. subtilis* cepa QST-713 sobre la producción de hojas en vitroplantas de plátano FHIA-20.

En la comparación de medias para cantidad de hojas se observa que la mayor cantidad de hojas se obtuvo con las dosis de 4.5 ml con 5 hojas por planta, de 3 ml con 4.56 y 1.5 ml con 4.69. Todas superiores al testigo con 4.38 hojas por planta.

Existe una tendencia de usar microorganismos endófitos asociados con especies cultivables de importancia económica, que por su actividad permitan aumentar las ganancias en nitrógeno mediante la diazotofijación o estimular el crecimiento y desarrollo vegetal debido a la producción de sustancias fisiológicamente activas producto de la ventaja que presentan por estar integrados al sistema planta Dibut *et al* (2004). Este planteamiento podría explicar una mayor o menor producción de hojas por planta de FHIA-20 en invernadero.

CANTIDAD DE RAÍCES POR PLANTA

De acuerdo a los resultados, la mayor cantidad de raíces se obtuvo con el tratamiento de 4.5 *B. subtilis* cepa QST-713 a los 5 días con 12 raíces/ planta, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos. Cruz-Martín *et al.* (2015) concluyen que la cepa *Bacillus spp* modifica la arquitectura de las raíces, según el tipo de fertilizante, estimulando un mayor número de raíces.

Tabla 4. Comparación de medias de la cantidad de raíces en vitroplantas de plátano FHIA-20 en invernadero.

Tratamientos	Dosis (ml)	Intervalos (Días)	Medias	Significancia
T ₁	0	5	6.25	a
T ₅	3	5	6.25	a
T ₃	0	11	6.50	ab
T ₈	3	14	6.75	ab
T ₁₂	1.5	14	7.25	abc
T ₄	0	14	7.25	abc
T ₂	0	8	7.25	abc
T ₆	3	8	7.75	abc
T ₁₆	4.5	14	7.75	abc
T ₁₁	15	11	7.75	abc
T ₇	3	11	8	bc
T ₁₀	1.5	8	8	bc
T ₉	1.5	5	8	bc
T ₁₅	4.5	11	8.75	cd
T ₁₄	4.5	8	10	d
T ₁₃	4.5	5	12	e

Medias con una letra común entre filas de una misma columna no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$), Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

CANTIDAD DE BROTES POR PLANTAS

En la comparación de medias por la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan se obtuvo que la mayor cantidad de brotes se consigue con los tratamientos T6, T9 y T14 con 6 a 6.5 brotes. La menor altura se obtuvo con la dosis de 4.5 ml y aplicada cada 11 día con 0.5 brotes por unidad experimental.

Tabla 5. Comparación de media de la cantidad de brotes en vitroplantas de plátano FHIA-20.

Tratamientos	Dosis (ml)	Intervalos (Días)	Medias	Significancia
T ₁₅	4.5	11	0.5	a
T ₈	1.5	14	1.25	ab
T ₁₂	3	14	1.25	ab
T ₁	0	5	2	bc
T ₄	0	14	2.25	bcd

T ₁₁	3	11	2.75	cde
T ₅	1.5	5	3	cdef
T ₁₀	3	8	3.25	defg
T ₂	0	8	3.5	efg
T ₃	0	11	4	fgh
T ₁₃	4.5	5	4.25	gh
T ₇	1.5	11	4.25	gh
T ₁₆	4.5	14	5	h
T ₁₄	4.5	8	6	i
T ₆	1.5	8	6.5	i
T ₉	3	5	6.5	i

Medias con una letra común entre filas de una misma columna no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

La producción de brotes, podría ser explicada en base a una promoción de crecimiento vegetal, según (Ramírez *et al.* 2017), en ese sentido, *B. subtilis* estimulo la producción de brotes con una dosis media e intervalo de aplicación frecuente.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA

PESO FRESCO DE LA PARTE AÉREA (G)

En la Figura 2, se observa que el mayor peso fresco de la parte aérea se obtuvo con la dosis 4.5 ml con 14.10 g/p, siendo estadísticamente superior a las dosis 0, 1.5 y 3 ml *B. subtilis*/litro de H₂O ($p \leq 0.05$).

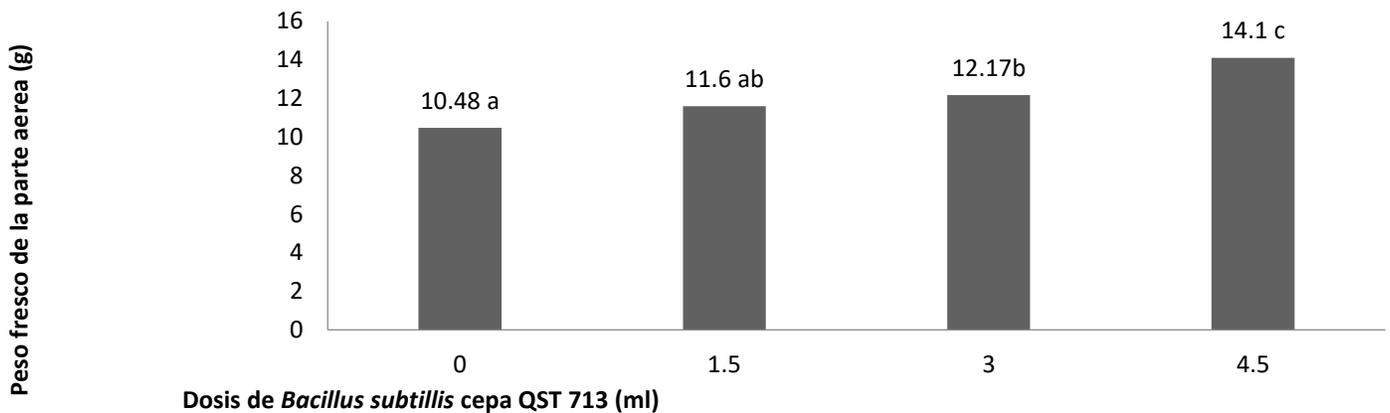


Figura 2. Media del peso fresco (g) de la parte aérea de vitroplantas de plátano FHIA-20.

Las bacterias promotoras de crecimiento en plantas (BPCP) son un grupo de especies de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal. Entre los organismos más conocidos están las especies pertenecientes al género *Bacillus*. Estas bacterias liberan compuestos al medio e incrementan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. De igual forma pueden tener influencia directa sobre el metabolismo de la planta, su desarrollo radicular y la actividad enzimática, De-Bashan *et al.* 2007 y Desai, *et al.* 2012. Las cepas bacterianas *B. subtilis* tuvieron efecto sobre la masa fresca/planta producida, Alvarado-Capó *et al.* (2015).

PESO FRESCO DE LA RAÍZ (G)

En la Figura 3, se observa que el mayor peso fresco de la raíz se obtuvo con el intervalo de aplicación cada 5 días con 4.26 g/planta, siendo superior a los intervalos 8, 11 y 14 días, los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre ellos.

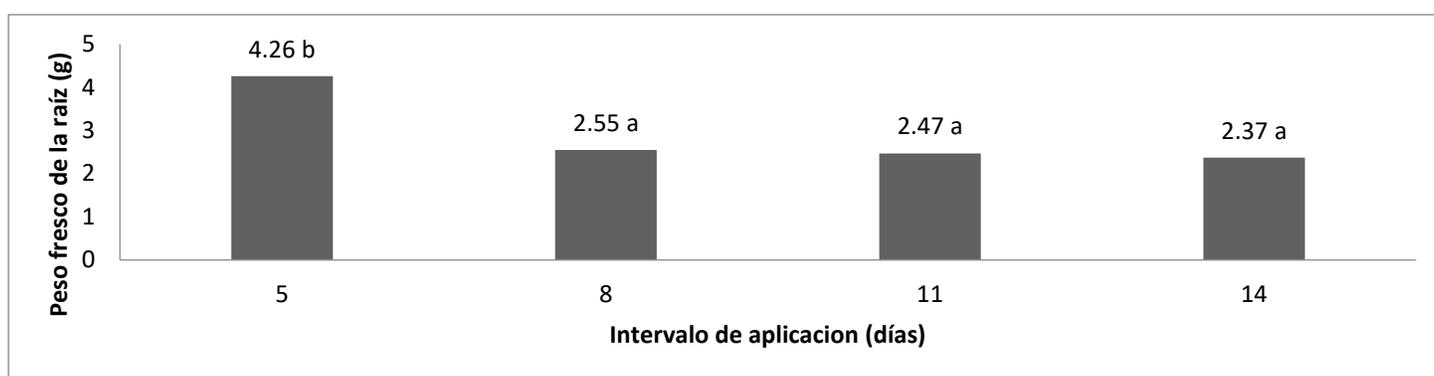


Figura 3. Media del peso fresco (g) de la raíz de vitroplantas de plátano FHIA-20.

Medias con una letra común entre filas de una misma columna no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

Es conocido, el uso de sustancias conocidas como bioestimulante. Estas tienen la capacidad de producir efectos similares a los reguladores de crecimiento (auxinas, giberelinas, citoquininas) o mimético-hormonales, Atiyeh *et al.* (2002) y que pueden ser absorbidas directamente por la planta y tener un efecto fisiológico en ésta, Nardi *et al.* (2002).

PESO SECO PARTE AÉREA (G)

En la Figura 4, se observa que el mayor peso fresco de la parte aérea se obtuvo con la dosis 4.5 ml con 0.33 g/planta, siendo superior a las dosis 0, 1.5 y 3 ml de *B. subtilis*/litro de H₂O ($p \leq 0.05$). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el peso seco de las raíces por Ramírez *et al.* (2017).

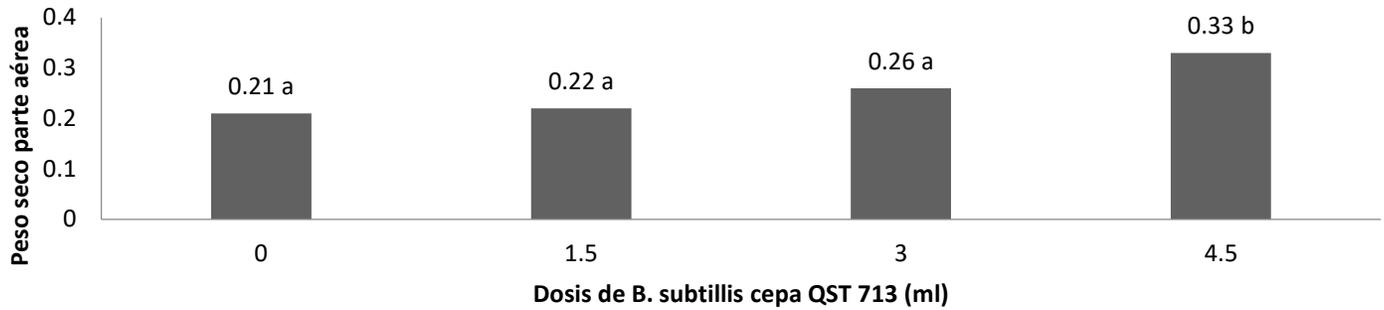


Figura 4. Media del peso seco de la parte área de vitroplantas de plátano FHIA-20.

Medias con una letra común entre filas de una misma columna no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

PESO SECO DE LA RAÍZ (G)

El mayor peso seco de la raíz se obtuvo con las aplicaciones a los 5 y 11 días con 0.27 g/planta, respectivamente, siendo estadísticamente similar al intervalo de 8 días ($p \leq 0.05$) y superiores al intervalo de 14 días, Figura 5.

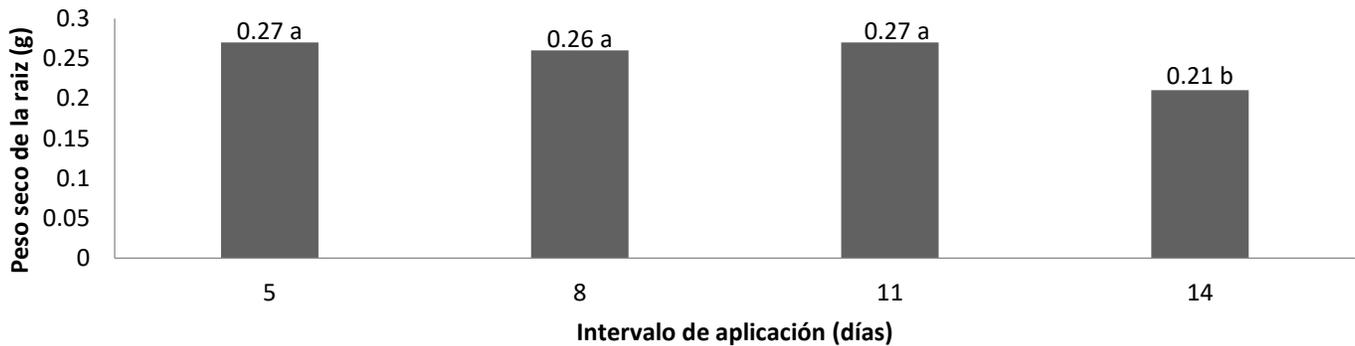


Figura 5. Medias del peso seco de la raíz de vitroplantas de plátano FHIA-20 por efecto del intervalo de aplicación de B. subtilis cepa QST-713.

Medias con una letra común entre filas de una misma columna no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$). Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

CONCLUSIONES

- El biocontrol con *Bacillus subtilis* cepa QST-713 es una medida adecuada para el control fitosanitario, ya que aporta significativamente en el desarrollo de vitroplantas de plátano FHIA-20 (*Musa* AAAB) en proceso de aclimatación, en base a los resultados obtenidos con esta investigación. Los resultados indican una tendencia a ser más favorables a medida que se aumenta la dosis y se disminuye el intervalo de aplicación.
- Considerando los resultados obtenidos, se recomienda a los productores de vitroplantas de plátano aplicar *B. subtilis* una vez por semana en dosis de 4 ml/L para proteger las plantas en el proceso de aclimatación.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Multiplicación Masiva de Plántulas *In Vitro* (Biovega) del Ministerio de Agricultura de la República Dominicana por facilitar el material de siembra para el experimento y las edificaciones. Al maestro Elpidio Avilés Quezada por sus aportes en la parte estadística de la investigación.

LITERATURA CITADA

Alvarado-Capó, Y.; Martín, M.; Mena, E.; Suárez, M.; Roque, B.; Pichardo, T.; Padrón, L. 2015. Efecto de *Bacillus* spp. Sobre el crecimiento y rendimiento agrícola de plantas *in vitro* de papa cv. Romano' en casa de cultivo. *Bioteología Vegetal* 15(2): 97-103.

[Atiyeh, R.; Lee, S.; Edwards, C.; Arancon, N.; Metzger, J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84:7-1.](#)

Calla, Z. 2002. Efectos del uso de *Mycoral* durante la aclimatación y endurecimiento de plátano (*Musa* spp) Cuerno y FHIA-20 producidos a partir de ápices meristemáticosx. Tesis de grado Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Zamorano, HN.

Capellades, M.; Fontarnau, R.; Carulla, C.; Debergh, P. 1990. Environment influences anatomy of stomata and epidermal cells in tissue-cultured *Rosa multiflora*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(1): 141-145.

Ceballos, G.; Álvarez, E.; Bolaños, M. 2014. Reducción de poblaciones de *Ralstonia solanacearum* raza 2 (Smith) en plátano (*Musa* AAB Simmonds) con aplicación de extractos de *Trichoderma* sp. (*Alexopoulus* y *Mims*) y bacterias antagonistas. *Acta Agronómica* 63(1): 1-11.

Chaves-Méndez, N.; Cardona, N.; Giraldo, I. Gutiérrez, A.; Saldarriaga, Y.; Cárdenas-Chacón, J.; Dita, M. 2007. Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorn Utilization of endophytic bacteria and fungi for the biological control of the burrowing nematode *Radopholus similis* (Cobb) Thorn (No. Thesis C512ut). CATIE, Turrialba, CR.

Cruz-Martín, M.; Mena, E.; Sánchez-García, C.; Roque, B.; Acosta-Suárez, M.; Pichardo, T.; Alvarado-Capó, Y. 2015. Efecto de bacteria promotora del crecimiento vegetal *Bacillus pumilus* CCIBP-C5 sobre plantas de Grande naine (*Musa* AAA) en fase de aclimatización. *Bioteología Vegetal* 15(3):151-156.

Cuervo-Lozada, J. 2010. Aislamiento y Caracterización de *Bacillus* spp como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales (Bachelor's Thesis, Facultad de Ciencias). Pontificia Universidad Javeriana.

Bogotá, CO. (En Línea). Revisado el 4 de febrero 2020. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8434/tesis404.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De-Bashan, L.; Holguin, G.; Glick, B.; Bashan, Y. 2007. Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. Microbiología agrícola. Hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta-microorganismo. México: Editorial Trillas. Pp. 170-224.

Desai, S.; Grover, M.; Amalraj, E.; Kumar, G.; Ahmed, S. 2012. Exploiting plant growth promoting rhizomicroorganisms for enhanced crop productivity. In Microorganisms in sustainable agriculture and biotechnology. Springer, Dordrecht. Pp. 227-241.

Dibut, B.; Martínez, R.; Ortega, M.; Ríos, Y.; Fey, L. 2004. Presencia y uso de microorganismos endófitos en plantas como perspectiva para el mejoramiento de la producción vegetal. *Cultivos tropicales* 25(2): 13-17.

Fertilizante.Info. 2018. *Bacillus subtilis*. Los microorganismos del suelo. (En Línea). Revisado el 1 de octubre del 2018. Disponible en: <http://www.fertilizante.info/bacillus-subtilis-los-microorganismos-del-suelo/>

InfoStat. 2010. InfoStat, versión 2010. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas. Buenos Aires, AR.

Nardi, S.; Pizzeghello, D.; Muscolo, A.; Vianello, A. 2002. Phy-siological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*: 153p.

Ramírez, J.; Jaraba, A.; Buriticá, P. 2014. Manejo de la pudrición acuosa del pseudo-tallo (*Dickeya* sp.) en banano (*Musa* sp.) bajo condiciones de invernadero. *Agronomía costarricense: Revista de Ciencias Agrícolas* 38(2): 83-92.

Ramírez, L.; Lozano, L.; Méndez, M.; Rojas, S.; Torres, J. 2017. *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*, 15(27): 45-65.

Aspectos epidemiológicos del Virus del bronceado del tomate (TSWV) en ambiente protegido

Rosalba Rodríguez¹ y *Reina Teresa Martínez².

¹Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Padre R Roselle 1, Engombe, Santo Domingo Oeste, República Dominicana. ² investigadora titular, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), calle Rafael Augusto Sánchez, No. 89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, DO. *Autor correspondiente; rmartinez@idiaf.gov.do

RESUMEN

El Virus del bronceado del tomate (TSWV) afecta una amplia gama de plantas cultivadas y silvestres. Es un factor limitante en la producción de hortalizas en el mundo. En la República Dominicana, el TSWV es de importancia económica en el cultivo de pimiento y tomate en agricultura en ambiente protegido. Este tospovirus se transmite por tripidos (Thysanoptera: Thripidae), siendo *Frankliniella occidentalis* (Pergande) el vector más eficiente. En el periodo 2013 al 2015, se llevó a cabo un estudio sobre pimiento cultivados en ambiente protegido en Jarabacoa, provincia La Vega, República Dominicana, cuyo objetivo fue conocer la epidemiología de la enfermedad y su vector. Hojas y/o frutos fueron colectados al azar, evaluando un total de 468 muestras de pimiento y 100 muestras de plantas arvenses correspondiente a nueve familias. Las muestras se diagnosticaron utilizando el ensayo de inmunoenzimático ligado a enzimas-Elisa y se confirmaron por RT-PCR. Se utilizaron iniciadores específicos que amplifican un segmento de la región N del genoma viral. También, se evaluó el efecto de la humedad relativa y la temperatura en las poblaciones de tripidos. La humedad relativa ($r = 0.94$, $p < 1.3E-03$) mostró ejercer una mayor influencia con una tendencia positiva en la población. Se confirmó la presencia del Virus del bronceado del tomate en pimiento con una incidencia del 5%. La planta arvense *Amaranthus* sp. se identificó como un hospedera asintomático del TSWV, siendo este el primer reporte en la República Dominicana.

Palabras clave: TSWV, pimiento, plantas arvenses, ELISA, RT-PCR.

ABSTRACT

Tomato spotted wilt virus (TSWV) affects a wide range of cultivated and wild plants. It is a limiting factor in the production of vegetables in the world. In the Dominican Republic, TSWV is of economic importance in the cultivation of peppers and tomatoes in agriculture in protected environment. This tospovirus is transmitted by tripids (Thysanoptera: Thripidae), with *Frankliniella occidentalis* (Pergande) being the most efficient vector. In the period 2013 to 2015, a study was carried out on peppers grown in a protected environment in Jarabacoa, La Vega province, Dominican Republic, whose objective was to know the epidemiology of the disease and its vector. Leaves and / or fruits were randomly collected, evaluating a total of 468 pepper samples and 100 weed plant samples corresponding to nine families. The samples were diagnosed using the enzyme-linked immunosorbent assay-Elisa and confirmed by RT-PCR. Specific primers that amplify a segment of the N region of the viral genome were used. Also, the effect of relative humidity and temperature on tripe populations was evaluated. Relative humidity ($r = 0.94$, $p < 1.3E-03$) showed to exert a greater influence with a positive trend in the population. The presence of tomato tanning virus in pepper was confirmed with an incidence of

5%. The weed plant *Amaranthus* sp. it was identified as an asymptomatic host of TSWV, this being the first report in the Dominican Republic.

Keywords: TSWV, pepper, weed plants, ELISA, RT-PCR.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de ají (*Capsicum annum* L. var. *Annum*) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) son dos de las principales hortalizas de importancia económica en la República Dominicana. El 80 % de las instalaciones de agricultura bajo ambiente protegido se dedica a la siembra del ají tipo 'Morrón', el 15 % a tomate, Promefrim (2010). Sin embargo, la producción mundial de hortalizas, incluido el ají se ve afectada por problemas bióticos que reducen considerablemente la producción y la productividad, causando pérdidas de hasta un 70%, FAO (2011).

Las enfermedades virales limitan la productividad en los sistemas agrícolas a nivel mundial, reduciendo hasta un 100% de la producción y la calidad del cultivo, Rodríguez (2011). Dentro de los diversos virus que afectan el ají, el Virus del bronceado del tomate (*Tomato spotted wilt virus*, TSWV), está considerado como el segundo virus más importante en el mundo, Scholthof *et al.* (2011). El TSWV pertenece a la familia *Bunyaviridae*, género *Tospovirus*, es transmitido por varias especies de trips, siendo *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) el vector más eficiente en la mayoría de los países donde existe la enfermedad, reportándose desde un 60 hasta 100% de pérdidas, principalmente cuando se combinan los efectos del virus y el vector.

En la República Dominicana, el virus fue diagnosticado 2009 mediante pruebas serológicas y posteriormente confirmado en el 2014 por RT-PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa con transcripción inversa), determinándose la presencia de aislados del TSWV de Taiwán (HM180088) y Corea del Sur (HM581940), y en tomate el aislado de Corea del Sur y Hawái (AY070218), Martínez *et al.* (2014). El TSWV es considerado el principal problema fitosanitario en los cultivos de pimiento morrón y tomate en agricultura bajo ambiente protegido en la República Dominicana.

Con el objetivo de conocer la epidemiología de la enfermedad de la virosis y su vector, se realizó un estudio en Jarabacoa, provincia La Vega, en agricultura bajo ambiente protegido dedicado a la producción de pimiento morrón.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el período 2013-2015, se realizó un estudio en Jarabacoa, provincia La Vega, República Dominicana en el cual fue seleccionada una estructura dedicada al cultivo de ají morrón, con historial de alta incidencia del TSWV en años anteriores con incidencia de hasta un 100%.

MUESTREOS DE PLANTAS EN SEMILLERO

Durante el proceso de germinación fueron monitoreadas las bandejas cada semana. Se tomaron 20 plantas al azar, verificándose visualmente la presencia de síntomas virales. Para los vectores se colocaron platos blancos y mediante golpes a las plantas se recolectaron los especímenes.

MUESTREO Y COLECTA DE MUESTRAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

Para fines de evaluar y coleccionar las muestras la estructura fue dividida en dos extractos, lado A (izquierdo) y lado B (derecho). Inicialmente, fueron evaluadas 40 plantas al azar. Luego de la aparición del primer síntoma, se realizaron muestreos dirigidos a plantas sintomáticas tomándose las muestras cada cuatro hileras en forma diagonal. Fueron tomadas 40 muestras hojas y/brotes jóvenes por estrato (80 muestras), colectándose un total de 468 muestras. Las evaluaciones se realizaron en intervalos de 15 días. Se procedió a la identificación de las muestras, colocándose en bolsas plásticas, y transportadas al laboratorio del Centro de Tecnologías Agrícolas (Centa), del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) sito en Pantoja, Santo Domingo Norte, República Dominicana; donde fueron almacenadas a temperatura de 4 °C hasta su procesamiento.

Adicionalmente, fueron colectadas 60 muestras de plantas arvenses alrededor de la estructura, aproximadamente 3 m² con sintomatologías asociadas y no asociadas a virus. Las muestras fueron transportadas al laboratorio para proceder a identificar taxonómicamente la familia, género y especie, así como su procesamiento.

DETECCIÓN SEROLÓGICA POR ENSAYO INMUNOLÓGICO LIGADO A ENZIMAS (ELISA)

Se realizó la detección serológica del TSWV de 468 muestras de pimiento y 60 de plantas arvenses mediante un kit comercial de Elisa (Agdia, Inc. WI), siguiendo las instrucciones del fabricante. Se pesó 0.5 g de tejido vegetal por muestra y se maceraron con un tampón de extracción, luego se cubrió los pocillos de las microplacas previamente cubierta con el antígeno viral, tomando 100 µl de la savia obtenida, agregando un control positivo y uno negativo (agua esterilizada). Seguido por dos horas de incubación a temperatura ambiente, y/o toda la noche a 4 °C. Posteriormente, se lavaron las microplacas con PBST 1x, se agregó 100 µl de la enzima conjugada por muestra, para la detección del virus. Luego de la incubación se descartó el contenido de las microplacas, lavando de nuevo y se adicionó 100 µl del buffer PNP 1x (P-nitro fenil fosfato). Las microplacas se incubaron durante 60 minutos en la oscuridad y posteriormente fueron analizadas.

REACCIÓN DE TRANSCRIPCIÓN INVERSA (RT-PCR) Y SÍNTESIS DE ADN COMPLEMENTARIO

Fueron seleccionadas 20 muestras de pimiento del total de las positivas mediante Elisa, para confirmar la presencia de TSWV por RT-PCR.

EXTRACCIÓN DE RNA

El ARN total de las muestras fue realizado mediante la extracción de ácidos nucleicos utilizando el protocolo de RNA TRIZOL®. Partiendo de 100 miligramos (mg) de tejido de brote y/o hojas jóvenes de las plantas infectadas, previamente maceradas. El RNA total obtenido se resuspendió en 50 µl de agua bidestilada estéril libre de RNAsa. La transcripción inversa (RT) se realizó utilizando un Kit M-MLV Reverse Transcriptase con la enzima de transcripción inversa con la enzima AMV (10mM dNTP Mix, RNasin Ribonuclease inhibitor, Sodium pyrophosphate, MgCl₂ 50 mM, agua libre de nucleasa, (Promega Madison, WI, USA). Las muestras fueron preparadas utilizando: 4 µl MgCl₂, 2 µl RTS, 2 µl dNTP, 0.5 RNasin, 0.25 AMV (25 000 unidades), 1 µl (10mM) de cada iniciador directo (LF 5 'CTG TCT TT ATT GAT GAG TGT G 3' y reverso (LR 5 'AGA TGT CAG GCT TAA TGC AGG AC

3') y 5 µl de la muestra, para una solución total de 20 µl. Los microtubo fueron colocados en el termociclador (Thermal Cycler, PCR-500, MRC) a 42° C por 30 minutos.

La amplificación del ADN se realizó utilizando GoTaq Green master mix (Promega Madison, WI, USA), tomando 5µl del producto de la RT-PCR y los iniciadores de interés. Las condiciones para la PCR fueron las siguientes: un paso de desnaturalización inicial a 94°C por 3 min, seguido por 30 ciclos de 30 segundos. 94°C, 1 min a 55 °C, 1 min a 72°C, y un ciclo de 10 min a 72 °C. Los productos fueron analizados por electroforesis en un gel de agarosa al 1%, agregando 4 µl de bromuro de etidio. Los fragmentos fueron visualizados bajo un transluminador y comparados con un marcador molecular de 100 bp.

INCIDENCIA

Las evaluaciones fueron realizadas desde la fase de germinación de las plántulas y luego cada semana después del trasplante. Aplicándose la siguiente fórmula para determinar la incidencia:

- $TI=I/PT$
- Donde TI= Tasa de incidencia;
- I= N° de casos positivos en una población;
- PT= N° total de individuos evaluados en la población.

MONITOREO DE LA POBLACIÓN DE TRÍPIDOS

Para fines de evaluación, la estructura fue dividida en dos estratos, A (lado izquierdo) y B (lado derecho). Fueron colocadas 12 trampas pegajosas de color azul en cada estrato, movilizándolas verticalmente conforme al crecimiento del cultivo, a la altura de las hojas más jóvenes. Posteriormente, fueron colocadas cerca de las flores según sugiere González (1999). Las trampas fueron revisadas y evaluadas semanalmente bajo un estereoscopio para contabilizar los trípodos.

En adicción, a las trampas se procedió a la colecta de vectores adultos en flor, mediante el sacudido de flores en frascos de vidrio. Los especímenes fueron preservados en alcohol al 70 % y transportados al laboratorio de entomología del Centa.

TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Se registró la temperatura diaria utilizando un data logger digital (Cole-Parmer™ 37804-58), programado para tomar las mediciones de temperatura y la intensidad de calor cada dos horas, desde el inicio del cultivo hasta la cosecha según Peña (2007).

RENDIMIENTO

El rendimiento se estimó utilizando la fórmula siguiente

- $P: t/m^2$

Donde:

- P= producción

- t= tonelada
- m²= metros cuadrados

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para analizar las relaciones que existen entre las variables climatológicas, la población de vectores, rendimiento e incidencia del TSWV se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman Regresión logística. La relación de los estratos A y B de la estructura y poblaciones de vectores y plantas positivas al TSWV fue analizada con la prueba de Wilcoxon para muestras apareadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

INCIDENCIA

Fueron analizadas un total de 468 muestras mediante Elisa. Se observaron plantas con síntomas de amarillamiento a los tres meses después del trasplante, las muestras analizadas resultaron negativas a la infección causada por TSWV. Aunque se observaron trípidos a los 30 días después del trasplante, las primeras plantas positivas a la infección viral fueron detectadas en la etapa de producción, resultando 24 muestras positivas al virus, con una incidencia analítica de un 5%. De las muestras diagnosticadas positivas se confirmaron 20 muestras por RT-PCR, utilizando iniciadores específicos (suministrado por el Dr. Renato Resende de la Universidad de Brasilia-UnB), resultado 15 muestra positivas.

La baja incidencia obtenida es un indicador de una infección tardía. Según Beemster (1958), la habilidad del virus de infectar la planta, aunque sea susceptible, depende la edad de la planta la cual adquiere una resistencia natural en el tiempo. Un estudio de resistencia realizado por Beaudoin (2009) observó la incidencia del TSWV en plantas de pimiento susceptibles inoculadas con tripídos al momento del trasplante y después del trasplante, la incidencia disminuyó nueve días después en un 50%. Este estudio avala la baja incidencia del TSWV obtenida en nuestra investigación. Las plantas infectadas por el virus presentaban síntomas variables en hojas y frutos. Se observaron anillos cloróticos bien definido, posteriormente, se tornaban necróticos, así como, no uniformidad en la maduración de los frutos y bronceado de las hojas.

En cuanto a la diferencia de la incidencia por estrato en la estructura se determinó por el análisis estadístico de muestras apareadas de Wilcoxon. Se observó diferencias a $p < 0.0001$ entre la incidencia del virus en estrato A y el estrato B (datos no mostrados). El mayor número de plantas enfermas se concentró en el estrato B, apareciendo los primeros focos del TSWV con tendencia constante.

Al relacionar el número de trípidos con los estratos, no se encontraron diferencias significativas. Trabajos realizados por Flórez y Corredor (2000), observaron una distribución agregada de los trípidos en la fase inicial de la infección y luego al azar según colonizan el cultivo. En este caso, los resultados sugieren el estrato B como puerta de entrada de los trípidos, colonizando el área y con una posterior dispersión en la estructura.

PLANTAS ARVENSES ASOCIADAS A SÍNTOMAS CAUSADOS POR VIRUS

Se conoce que las plantas arvenses juegan un rol muy importante como reservorio de virus, así como, de vectores. Se colectaron 60 plantas arvenses, identificándose 9 familias, de las cuales 8 han sido reportadas como reservorio del virus, Tabla 1. Las muestras fueron diagnosticada mediante Elisa, aunque no se observaron síntomas asociados a virus en *Amaranthus* sp. resultó positiva a la infección por TSWV, coincidiendo este diagnóstico con el realizado por Sether y De Angelis (1992), quienes reportaron la arvense hospedera asintomática del TSWV.

COLECTA DE VECTORES EN TRAMPAS Y FLOR

Las plántulas se mantuvieron libre de tripsidos y del TSWV durante la fase de semillero. La primera intercepción se realizó a los 30 días después del trasplante, capturándose 24 insectos en ocho trampas. A partir de la primera captura, el número de insectos aumentó progresivamente. *Frankliniella occidentalis*, Figura 1, fue el tripsido más abundante durante el levantamiento (39,977 especímenes), el cual ha sido reportado como el tripsido más eficiente transmitiendo TSWV y la plaga más importante en diferentes cultivos en ambiente protegido, Cloyd (2009), Murphy *et al.* (2009) y Biurrun *et al.* (2007).

Aunque no se evaluó la eficiencia de las trampas azules utilizadas para la captura de tripsidos, Cabello *et al.* (1991) y Larraín *et al.* (2006), Kirk (1984), Gillespie y Vernon (1990) recomiendan su uso por su eficiencia si comparados con otros colores.

Esporádicamente, fueron capturados en trampas 106 especímenes similares a *Echinothrips* sp., los cuales no pudieron ser identificados definitivamente debido a la dificultad para retirarlos de las trampas. Aunque el género no es mencionado como trasmisor del TSWV acorde con Aguilera (2011) *Echinothrips americanus* es considerado como una plaga de pimiento en Murcia, España.

EFFECTO DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICA SOBRE LA POBLACIÓN DE TRÍPIDOS

Las temperaturas registradas durante el estudio en promedio (día/muestreo) variaron entre una mínima de 22.65 °C y máxima de 30.22 °C durante los meses de agosto a enero, respectivamente, Figura 4. Sin embargo, se registraron temperaturas de hasta 50 °C en el mes de septiembre (12:00 pm) y de 10 °C enero (6:00 am). La humedad relativa en promedio (día/muestreo) fue de 42 %, con el pico más alto de 62.5 % en diciembre (20:00 pm) y el mínimo 23 % en septiembre (10:00 am). En la Figura 2. se observa la relación inversamente proporcional entre la temperatura y la humedad relativa, observándose cambios en la relación entre ambas variables a partir del cuarto muestreo, donde comienza la disminución de la temperatura y el aumento de la humedad relativa.

En este estudio las temperaturas entre 22 °C y 30 °C pudieron afectar favorablemente el incremento de la población de tripsidos desde su primera intercepción. Según Mcdougall y Tesoriero (2011) y Chaisuekul y Riley (2005), a medida que incrementa la temperatura el ciclo de vida del tripsido se reduce. Adicionalmente, Cloyd (2010) reporta que los periodos de ovoposición y reproducción de *Frankliniella occidentalis*, requieren temperaturas de 24.5 °C. Los muestreos donde hubo un incremento considerable de la población de tripsidos coinciden con periodos de incremento de la humedad relativa (48 %) y disminución de la temperatura a (23 °C), con una población de más de 11 mil ejemplares, en el muestreo no. 9.

Por otro lado, la temperatura extrema ha sido relacionada con la replicación del virus, la cantidad de virus sintetizado, tasa de producción, degradación viral y por consecuencia la incidencia y severidad de los síntomas, Frost y Harrison (1967). Se reporta que la temperatura puede influir evitando la detección del virus en la planta mediante análisis serológicos, debido a la reducción de la eficiencia de la replicasa o del aumento de la degradación del ARN, Velázquez *et al.* (2010).

La humedad relativa (HR) más alta registrada fue de 42.18 % durante el mes de enero y la más baja 37.4 % en agosto. A pesar de que Pensuk *et al.* (2010) informan que la humedad relativa no ejerce una influencia significativa en la incidencia de los virus en las plantas. Sin embargo, la HR es relacionada con el incremento o descenso de las poblaciones de tripsidos por otros investigadores. Elimen *et al.* (2011), muestra que la HR alta previene el incremento de las poblaciones de tripsidos, resultando en la proliferación en HR baja. Por otro lado, Cammell y Knight (1992) mencionan que la mayoría de los insectos se ven favorecido con HR alrededor de 60 %, pero no está bien definido el efecto en las reducciones.

RENDIMIENTO

El rendimiento promedio de pimiento morrón en ambiente protegido con una superficie de 4,800 m² es aproximadamente de 51,230 ton, Martínez (2013). La producción obtenida fue 41,400 ton, observándose una diferencia de 9,83 ton, lo que equivale a una reducción del 19 %. Sin embargo, esta reducción no puede ser atribuida a la presencia del TSWV, debido a que el mismo apareció en la etapa de producción. La ausencia de tripsidos hasta 30 días después del trasplante confirma la importancia de controlar tanto la enfermedad como el vector. Las pérdidas pueden ser reducidas cuando ocurre una infección tardía. En Brasil las pérdidas de producción causadas por TSWV se cifran entre el 49 y el 69%, Boiteaux *et al.* (1993).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El propósito de esta investigación fue relacionar factores epidemiológicos involucrados en el desarrollo del TSWV. Se correlacionaron las variables medidas en el estudio mediante el coeficiente de Spearman, obteniéndose la siguiente salida: la humedad relativa resultó estar correlacionada positivamente ($r=0.94$) y altamente significativa ($p<1.3E-03$) con la población de tripsidos. Según Manners (2014) los tripsidos necesitan alrededor de 80 % HR para pupar en el suelo. Sin embargo, en este caso la HR presentadas (37 – 51%) difieren con el autor ya fueron favorables para la reproducción de los tripsidos. Otros autores destacan que la falta de correlación entre estas dos variables. Amaya *et al.* (2012) y Castañeda *et al.* (2011) encontraron correlación entre las variables temperatura y tripsidos, no así con humedad relativa.

Estudios realizados por Gonzales *et al.* (1996), demuestran que los tripsidos se desarrollan fácilmente a temperaturas entre 15 °C a 30 °C, las temperaturas presentadas en este estudio oscilaron entre 22 °C a 30°C dentro del rango óptimo de temperaturas, sin embargo, no se encontró asociaciones estadísticas ($p<0.06$) entre la población de tripsidos y las temperaturas. Aunque se pudo observar la relación ($r= -0.54$) negativa en los datos analizados, lo que implica que a medida que sube la temperatura se reduce la población o tasa reproductiva, Tabla 2. Este dato concuerda con Chaisuekul y Riley (2005) de que a medida que se incrementa la temperatura el ciclo de vida del tripsido se reduce. De acuerdo a Riley y Pappu (2013) la temperatura no debería ser evaluada como

un factor aislado en la reducción o en el incremento de las poblaciones de tripsidos en un sistema de producción, debido a que influyen otros factores involucrados, tales como: la humedad relativa, el hospedero y la aplicación de plaguicidas.

CONCLUSIONES

El presente estudio abordó los principales aspectos epidemiológicos, los cuales intervienen en el desarrollo de la enfermedad causada por Virus del bronceado del tomate. Los datos analizados nos permitieron llegar a las siguientes conclusiones: Temperatura de 22 °C causa un incremento de la población de tripsidos, mientras que la humedad relativa ejerce una influencia positiva y significativa en la alta población de tripsidos. Una incidencia de 5% no tiene efecto significativo sobre el rendimiento del cultivo. *Amaranthus* sp. es hospedera asintomática del TSWV, siendo este el primer reporte en la República Dominicana.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Mercados, Frigoríficos e Invernaderos (Promefrin) del Ministerio de Agricultura de la República Dominicana.

LITERATURA CITADA

- Adkins, S. 2005. Tospovirus (familia Bunyaviridae, género tospovirus). Patología de Plantas. Pp 1-5.
- Aguilera, A. 2011. Una nueva amenaza: *Echinothrips americanus*. (En línea). Consultado el 11 Agosto 2013. Disponible en: www.elhocino-adra.blogspot.com.
- Amaya, O.; Devia, E.; Floriano, J. 2012. Propuesta de muestreo para *Neohydatotrips signifer* (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de maracuyá. Pesq. agropec. bras: Revista. 47(11): 1572-1580 (En línea). Consultado el 16 de enero 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001100003>.
- Beaudoin, A.; Kahn, N.; Kennedy G. 2009. Bell and banana pepper exhibit mature-plant resistance to *Tomato spotted wilt tospovirus* transmitted by *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae). Journal of Economic Entomology 102(1):30.
- Beemster. 1958. Some aspects of mature plant resistance to viruses in potato. Proceedings of the Third Conference on Potato Virus Diseases, Lisse-Wageningen. Pp. 212-217. (En línea). Consultado el 13 marzo de 2015. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-94-009-5145-7>
- Biurrún, R.; Malumbres, A.; Aguado, G.; Zuñiga, J.; Gurpeque, M.; Lezaun, J.; Carnica, I. 2007. Control de plagas en tomate: Combinación de insecticidas con organismos vivos. Pp 21-24. Itiasa, ES. (En línea). Consultado 17 mayo 2015. Disponible en: <https://www.intiasa.es/repositorio/images/docs/Publicaciones/Plagas/artompla.pdf>
- Boiteux, L.; Giordano, L. 1993. Genetic basis of resistance against two Tospovirus species in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Euphytica* 71: 151– 154.
- Cabello, T.; Abad, M.; Pascual, F. 1991. Catches of *F. occidentalis* in traps of distinct colour in protected crops. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 17:265-270.
- Cammell, M.; Knight, J. 1992. Effects of climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. Global Change Biology 4:785-796.

Castañeda, E.; Johansen, R.; Hernández, F.; Aparicio, E. 2011. Fluctuación Poblacional y Especies de Trips en Aguacate en Coatepec Harinas, Estado de México (En línea). VII World Avocado Congress. Cairns, AU. (En Línea). Consultado el 13 de febrero 2015. Disponible en: <http://www.worldavocadocongress2011.com/>.

Chaisuekul, C.; Riley, D. 2005. Host plant, temperature, and photoperiod effects on ovipositional preference of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella fusca* (Thysanoptera: Thripidae). (En línea). J Econ Entomol: Revista. 98(6): 2107-2113. (En Línea). Consultado el 28 de abril 2013. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

Cloyd, R. 2009. Western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) Management on ornamental crops grown in greenhouse: have we reached an impasse?. Pest Technology. Kansas State University. Global Science Book. Pp 1-9. (En línea). Revisado el 22 de marzo 2015. Disponible en: [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0906/PT_3\(1\)/PT_3\(1\)1-9o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0906/PT_3(1)/PT_3(1)1-9o.pdf)

Cloyd, R. 2010. Western Flower Thrips. Management on Greenhouse-Grown Crops. (en línea). Kansas State University. USA. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. 8 p. (En línea). Revisado el 22 de marzo 2015. Disponible en: www.ksre.ksu.edu.

Eliman, M.; Harhi, A.; Cherniti, B. 2011. Dynamic population of *Frankliniella occidentalis* Pergande. (1895) (Thysanoptera: Thripidae) in a pepper crop greenhouse in the region of Moknine (Tunisia) in relation with environmental conditions. The African Journal of Plant Science and Biotechnology 5(1), 30-34.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2011. The methodology of the FAO study: "Global Food Losses and Food Waste - extent, causes and prevention". (En línea). Revisado el 22 de marzo 2015. Disponible en:

<http://www.divaportal.org/smash/get/diva2:944159/FULLTEXT01.pdf>. Consultado 5 mayo 2014.

Florez, E.; Corredor, D. 2000. Análisis espacial de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* Pergande en un cultivo de fresa bajocubierta, como soporte en las decisiones de manejo integrado de plagas. Agronomía Colombiana 17:1-3. (En línea). Revisado el 22 de marzo 2015. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21541>

Gillespie, D.; Vernon R. 1990. Trap of catch of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) as affected by color and height of sticky card traps in mature greenhouse cucumber crops. J. Econ. Entomol. 83: 971-975.

González, H.; Méndez, R.; Valle de la Paz, A.; González, R. 1999. Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips en Michoacán, México. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 5:287-290. (En línea). Consultado 23 de noviembre 2014. Revisado en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007.

González, E.; Alvarado, M.; Duran, J.; Serrano, J.; De la rosa, J. 1996 Servicio de Sanidad Vegetal. Dirección General de Agricultura y Ganadería. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla, ES.

Kirk, W. 1984. Ecologically selective coloured traps. Ecol. Entomol. 9, 35-41.

Larraín, P.; Varela, F.; Francisco, U.; Quiroz, C.; Graña, F. 2006. Efecto del color de trampa en la captura de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: thripidae) en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Agricultura Técnica (Chile) 66(3):306-311. (En línea). Consultado el 22 de enero 2014. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072006000300009

Manners, A. 2014. Managing western flower thrips in production nurseries. Cleveland, USA. (en línea). Agri-science Queensland, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Redlands Research Facility, PO Box 327. (En línea). Consultado el 22 abril del 2014. Disponible en: <http://services.apvma.gov.au/PubcrisWebClient/welcome.do>.

Martínez, R.; Poojari, S. ; Tolin, A.; Cayetano, X.; Naidu, R. 2014. First report of *Tomato spotted wilt virus* in peppers and tomato in the Dominican Republic. *Plant Disease* 98 (1): 163. (En línea). Consultado el 22 abril del 2015. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-06-13-0617-PDN>

Morales F.; Tamayo, J.; Castaño, M.; Olaya, C.; Martínez, A.; Velasco, A. 2009. Enfermedades virales del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 33(1): 27. (En línea). Consultado el 12 de mayo 2014. Disponible en: <http://sipco.ica.gov.co:8080/bitstream/123456789/16482/1/Morales%202009.pdf>.

Moritz, G.; O'Donnell, C.; Parrella, M. 2009 Pest thrips of North America associated with domestic and imported crops. (En línea). Consultado el 12 de mayo 2014. Disponible en: <http://thripsnet.zoologie.uni-halle.de/key-server-neu/data/0a08090e-0e03-4a0e-8502-070105080e05/media/Html/index.html>.

Mcdougall, S.; Tesoriero, L. 2011. Western flower thrips and tomato potted wilt virus. (En línea). Consultado el 23 de febrero 2015. Disponible en: www.industry.nsw.gov.au/publications.

Murphy, G.; Ferguson, G. 2009. Management of Thrips in Greenhouse Crops. (En línea). Consultado el 15 de junio 2015. Disponible en: www.omafra.gov.on.ca.

Peña, M. 2007. Universidad de El Salvador. Nuevo Ingreso 2007. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. (En línea). Consultado el 23 de febrero 2015. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/termodinamica/termodinamica.pdf>.

Pensukt, V.; Jogloy, S.; Patanothai, A. 2010. Effects of peanut bud necrosis caused by *Peanut bud necrosis tospovirus* in peanut *In: Diseases of edible oil seed crops*. Chirantan Chattopodhyay, S Koite, F Waliyar. 2015. *Sci* 29:47-51. CRC Press. Taylor & Francis group. Boca Raton, FL. 33487.2742.

Promefrin (Programa de Mercadeo de Frigoríficos e Invernaderos, DO). 2010. Avance de la Agroplasticultura en la República Dominicana al cierre del año 2009. Santo Domingo, DO.

Riley, D.; Pappu, R. 2004. Tactics for Management of Thrips (Thysanoptera: Thripidae) and *Tomato spotted wilt virus* in Tomato. *Journal of Economic Entomology* 97 (5): 1648-1658 *Journal of Economic Entomology* 97(5): 1648-1658. (En línea). Consultado el 5 de mayo 2014. Disponible en: <http://www.bioone.org/action/showCitFormats?doi=10.1603%2F0022-0493-97.5.1648>.

Riley, D.; Shimat, V.; Terry, W.; Olson, S.; Scott J. 2011. Host Plant Resistance to *Tomato spotted wilt virus* (Bunyaviridae: Tospovirus) in Tomato. *Hortscience* 46 (12):1626–1633.

Rodríguez, R. 2011. Especie de los géneros *Trips* y *Frankliniella* (Thysanoptera:Thripidae) asociadas a cultivos en la provincia Guantánamo. *Protección Vegetal* 26: 144-148.

Sether, D.; De Angelis, J. 1992. Tomato spotted wilt virus host list and bibliography. Agricultural Experiment Station. Oregon State University Extension Entomologist, Department of Entomology. (En línea). Consultado el 16 de enero del 2014. Disponible en: <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/5842/SR?sequence>

Terry, L.; Dyreson E. 1996. Behavior of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) within aggregations, and morphometric correlates of fighting. *Annals of the Entomological Society of America*, 89(4): 589-602. (En línea). Consultado el 28 de enero 2014. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc/abstract/19961108096>.

Scholthof, K.; Adkins, S.; Czosnek, H.; Palukaitis, P.; Jacquot, E.; Hohn, T.; Hohn, B.; Saunders, K.; Candresse, T.; Ahlquist, P. 2011. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 12:938-954.

Velázquez, K.; Renovell, A.; Comellas, M.; Serra, P.; García, G.; Pina, A.; Navarro, L.; Moreno, P.; Guerri, J. 2010. Effect of temperature on RNA silencing of a negative-stranded RNA plant virus: *Citrus psorosis virus*. *Plant Pathology: Revista*. 59 (5): 982–990. (En línea). Consultado el 18 de enero 2014. Disponible en: DOI: 10.1111/j.1365-3059.2010.02315.x



Figura 1. *F. occidentalis*

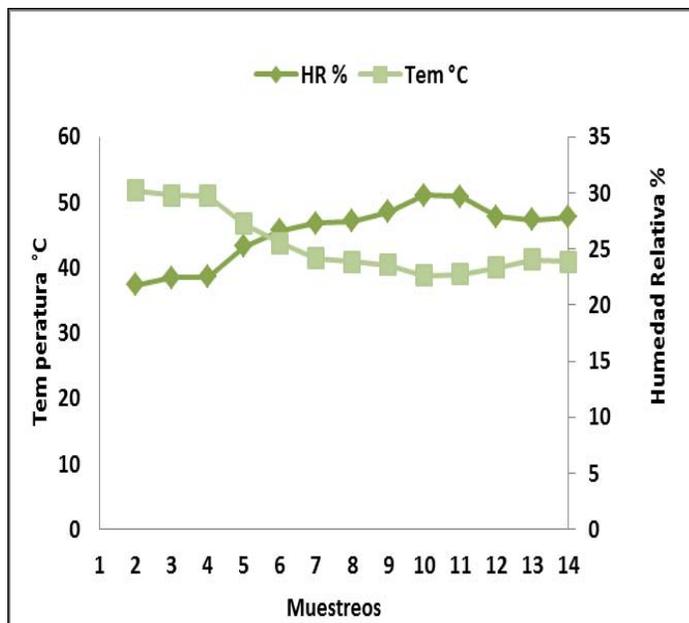


Figura 2. Evolución de la Temperatura (°C) y la Humedad relativa (HR%) en el período 2013-2014.

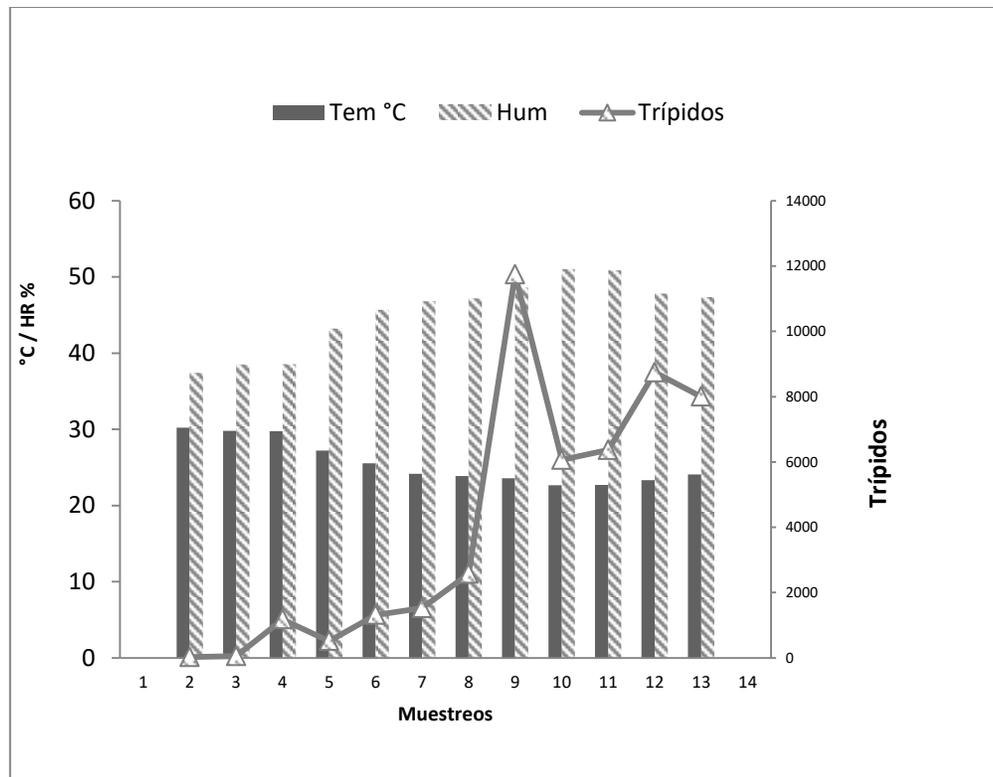


Figura 3. Evolución de la población de trípodos en comparación con la humedad relativa (%) y la temperatura (°C) presentes en el período.

Tabla 1. Plantas arvenses colectadas en invernadero de ají morrón en Jarabacoa, La Vega, años 2013-2014

Nombre	Familia	Nombre	Familia
<i>Amaranthus</i> spp. **	Amaranthaceae*	<i>Manihot esculenta</i> Granz	Euphorbiaceae*
<i>Chamaesyce hypericifolia</i> (L.) Millsp	Euphorbiaceae*	<i>Parthenium hysterophorus</i> L. (1753)	Asteraceae*
<i>Chamaesyce prostrata</i> (Aiton)	Euphorbiaceae*	<i>Portulaca oleracea</i> * Linnaeus 1753	Portulacaceae*
<i>Chloris inflata</i> Link, 1821	Poaceae*	<i>Sida spinosa</i>	Malvaceae*
<i>Cyperus esculentus</i> Linneus (1753)	Cyperaceae*	<i>Solanum torvum</i> S.W.	Solanaceae *
<i>Euphorbia heterophylla</i> (L.)	Euphorbiaceae*	<i>Spermacoce tenuior</i> L.	Solanaceae *
<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.	Onagraceae	<i>Vernonia cinerea</i> (L.)	Asteraceae*

*Familia y/o especie reportadas como hospederas del TSWV (Sether y DeAngelis 1992). ** Plantas positivas ELISA test

Tabla 2. Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades de Rendimiento, Temperatura, Humedad Relativa, trípodos, Plantas positivas del invernadero de ají morrón en Jarabacoa, La Vega 2012-2013

	Rend	Tem	Hum	Trípodos	PBE
Rend	1.00	0.52	0.07	0.06	0.34
Tem	-0.19	1.00	0.03	0.06	0.47
Hum	0.49	-0.59	1.00	1.3E-03	0.25
Trípodos	0.54	-0.54	0.94	1.00	0.08
PBE	0.28	-0.21	0.33	0.51	1.00

Rend: Rendimiento, Tem: Temperatura, Hum: Humedad, PBE: Plantas Positivas al TSWV

Incidencia y distribución del bronceado del tomate en ambiente protegido en San José de Ocoa

Priscilia Jáquez¹ y *Reina Teresa Martínez²

¹Escuela de Microbiología y Parasitología, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), avenida Alma Mater, Santo Domingo, DO. ² investigadora titular, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Calle Rafael Augusto Sánchez 89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, DO. *Autor correspondiente:

rmartinez@idiaf.gov.do

RESUMEN

El Virus del bronceado del tomate (Tomato spotted wilt virus, TSWV), pertenece al género Tospovirus: Familia Bunyaviridae. Tiene amplia una distribución geográfica y es de importancia económica a nivel mundial, afectando especies vegetales importantes, tales como: el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.). El virus es transmitido de planta a planta por varias especies de trips, siendo *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) el vector más eficiente y eficaz. El tomate es una hortaliza producida en la provincia de San José de Ocoa (SJO), República Dominicana por su valor comercial como cultivo de exportación. El TSWV fue reportado infectando pimiento y tomate en ambiente protegido en las localidades de Jarabacoa y Constanza en La Vega en el año 2014, con incidencia de hasta un 100%. El Tospovirus continúa siendo una limitante para la producción de ambos cultivos. Se han observado síntomas característicos del TSWV en SJO, sin conocer la magnitud del problema. Este estudio está dirigido a diagnosticar la presencia del TSWV en ambiente protegido, conocer la incidencia y determinar su distribución. Se colectaron 225 muestras de hojas y/o brotes jóvenes en 15 estructuras de producción bajo ambiente protegido en cinco localidades de SJO, estas son: Rancho Arriba, Sabana Larga, La Ciénega, El Pinal y El Naranjal. Las muestras se analizaron por RT-PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa con Transcriptasa Inversa). El TSWV se detectó en 46 muestras. El 20.44% del total las muestras resultaron positivas al virus. La incidencia varió de 21 % hasta 47%. Se confirmó el TSWV en SJO en tres localidades.

Palabras claves: TSWV, RT-PCR, *Frankliniella occidentalis*, tomate, ambiente protegido.

ABSTRACT

Tomato spotted wilt virus (TSWV) belongs to the Tospovirus genus: Family Bunyaviridae. It has a wide geographic distribution and is of economic importance worldwide, affecting important plant species, such as: tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and pepper (*Capsicum annuum* L.). The virus is transmitted from plant to plant by several species of trips, with *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) being the most efficient and effective vector. Tomato is a vegetable produced in the province of San José de Ocoa (SJO), Dominican Republic for its commercial value as an export crop. TSWV was reported infecting pepper and tomato in a protected environment in the towns of Jarabacoa and Constanza in La Vega in 2014, with an incidence of up to 100%. Tospovirus continues to be a limitation for the production of both crops. Characteristic symptoms of TSWV have been observed in SJO, without knowing the magnitude of the problem. This study is aimed at diagnosing the presence of TSWV in a protected environment, knowing the incidence and determining its distribution. 225 samples of leaves and / or young shoots were collected in 15 production

structures under a protected environment in five SJO locations, these are: Rancho Arriba, Sabana Larga, La Ciénega, El Pinal and El Naranjal. The samples were analyzed by RT-PCR (Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction). TSWV was detected in 46 samples. 20.44% of the total samples were positive for the virus. The incidence ranged from 21% to 47%. TSWV was confirmed at SJO in three locations.

Keywords: TSWV, RT-PCR, Frankliniella occidentalis, tomato, protected environment.

INTRODUCCIÓN

Solanum lycopersicum L., se le conoce comúnmente como tomate o jitomate a nivel mundial. Es la hortaliza de mayor valor económico ocupando el noveno lugar en producción, estimándose que del 72% de las hortalizas que se producen en el mundo, el tomate es la de mayor producción, Núñez, (2008), López (2011) y Faostat (2015). El cultivo de tomate en ambiente protegido se ha popularizado en el país, como principal medio de siembra, debido a las ventajas que ofrece este tipo de producción, tales como: condiciones ambientales favorables y aislamiento de plagas. San José de Ocoa (SJO) es una de las principales provincias con instalaciones de ambiente protegido con una superficie 2.4 millones de m², Deprobap (2015). SJO produce el 35% del tomate que se consume a nivel nacional. Este cultivo es uno de los más rentables para los agricultores y más complejos por el gran número de problemas fitosanitarios que lo afectan. El Virus del bronceado del tomate (Tomato spotted wilt virus, TSWV), pertenece al género Tospovirus: familia Bunyaviridae, siendo el único de esta familia que infecta plantas, Adkins (2005). El genoma de este virus está compuesto por tres partículas de nucleoproteínas, formadas por segmentos de ARN y proteína. Los segmentos que constituyen el genoma del TSWV se conocen como pequeño (Small=S), mediano (Medium=M) y largo (Large=L), Martínez (2005). El virus se transmite de planta a planta por medio de algunas especies de tripsidos (Thysanoptera:Triplidae). Se han reportado *Frankliniella bispinosa*, *F. intonsa*, *F. fusca*, *F. occidentalis*, *F. schultzei*, *Thrips tabaci* y *T. flavus*, siendo *Frankliniella occidentalis* (Pergande) el vector más eficiente y eficaz, Rodríguez (2011). Actualmente el TSWV es uno de los principales problemas fitosanitarios en el cultivo de tomate en ambiente protegido en la mayoría de las zonas de producción del país, entre ellas las localidades de Jarabacoa y Constanza, ambas de la provincia de La Vega, reportándose una alta incidencia cuando no se toman las medidas de manejo adecuadas. En SJO no se conocen estudios para disponer de informaciones sobre la enfermedad y su manejo. Para conocer la magnitud de la virosis, se realizó esta investigación para diagnosticar, conocer la incidencia y distribución del TSWV en SJO.

MATERIALES Y MÉTODOS

SELECCIÓN DE LOS INVERNADEROS

La investigación fue realizada en el periodo 2016 al 2018 en estructura bajo ambiente protegido dedicados a la producción de tomate en la provincia de San José de Ocoa, la cual se encuentra a una longitud 18° 33' 0" N y una latitud de 70° 30' 0". Las localidades bajo estudio fueron: Rancho Arriba, Sabana Larga, la Ciénega, el Pinal y el Naranjal.

Para el estudio fueron seleccionados 15 estructuras que representó el 44% de las estructuras disponibles al momento de la investigación. Se evaluaron tres estructuras por localidad.

MUESTREO Y COLECTA DE LAS MUESTRAS

Los muestreos fueron realizados, mediante caminatas en forma de zigzag tomando 15 plantas por estructura. Fueron colectadas un total de 225 muestras de hojas y/o brotes jóvenes que mostraban síntomas asociados al Virus del bronceado del tomate. El tejido colectado se colocó en papel toalla para evitar su deshidratación, identificado y colocado en bolsas plásticas de cierre hermético y transportado en una nevera portátil al Laboratorio de Virología del Centro de Tecnologías Agrícolas (Centa) del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), localizado en Pantoja, Santo Domingo Norte, República Dominicana, donde fueron almacenadas a 4 °C, hasta el momento de su procesamiento.

EXTRACCIÓN DE ARN

El ARN total se extrajo de las muestras de hojas y/o brotes jóvenes colectados en las diferentes localidades, mediante la extracción de ácidos nucleicos utilizando el protocolo de RNA TRIZOL®. Partiendo de 100 miligramos (mg) de tejido de brote y/o hojas jóvenes de las plantas infectadas, previamente molido. El ARN total obtenido se resuspendió en 50 µl de agua bidestilada estéril libre de RNAsa.

REACCIÓN DE TRANSCRIPCIÓN INVERSA (RT-PCR) Y SÍNTESIS DE ADN COMPLEMENTARIO

La detección de la infección por TSWV fue realizada utilizando el kit One Step Access (Promega, Madison, WI, USA). Las muestras fueron preparadas utilizando: 4µl MgCl₂, 2µl RTS, 2µl DNTP, 0.5RNasin, 0.25 AMV (25000 unidades), 1µl (10Mm) de cada iniciador específico para la detección del virus , TSWV directo (5 'CTG TCT TTA TTG ATG AGT GTG 3') y TSWV reverso (5 'AGA TGT CAG GCT TAA TGC AGG AC 3'), depositando 2 µl de RNA total en tubos eppendorf y colocados en el termociclador (Thermal Cycler, PCR-500, MRC) a 42° C por 30 minutos.

La amplificación del ADN se realizó utilizando GoTaq Green master mix, (Promega Madison, WI, USA), tomando 5µl del producto de la RT-PCR y los iniciadores de interés. Las condiciones para la PCR fueron las siguientes: un paso de desnaturalización inicial a 94°C por 3 min, seguido por 30 ciclos de 30 segundos. 94°C, 1 min a 55 °C, 1 min a 72°C, y un ciclo de 10 min a 72 °C. Los productos fueron analizados por electroforesis en un gel de agarosa al 1%, agregando 4 µl de bromuro de etidio. Los fragmentos fueron visualizados bajo un transluminador (UVP 95-0428-02).

INCIDENCIA ANALÍTICA

La incidencia de síntomas asociados a TSWV fue evaluada utilizando la siguiente fórmula: $TI=I/PT$

Donde TI= Tasa de incidencia;

I= N° de casos positivos en una población;

PT= N° total de individuos evaluados en la población.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DIAGNÓSTICO DE LAS MUESTRAS COLECTADAS

Durante dos años fueron realizados monitoreos y colectas de muestras que fueron analizadas por RT-PCR para identificar el TSWV en tomate cultivado en estructuras bajo ambiente protegido. Un total de 225 muestras colectadas en dos periodos diferentes en 15 estructuras en cinco localidades de San José de Ocoa: Rancho Arriba, Sabana Larga, La Ciénaga, El Pinal y El Naranjal. La PCR realizada con iniciadores específicos que amplifican un segmento de la región N del genoma se obtuvo un fragmento de 326 bp, que fue comparado con un marcador de 100bp DNA ladder (Invitrogen).

46 muestras resultaron positivas al Virus del bronceado del tomate, un 20.44 % del total de las muestras analizadas. A pesar, de que el muestreo fue dirigido a la colecta de muestras con síntomas asociados a TSWV, no hubo una correlación entre los síntomas observados y el número de muestras positivas. El 79.55 % de las muestras resultaron negativas. La no correlación entre expresión de síntomas y concentración viral, puede ser debido a la existencia de otros factores que influyen, además de la multiplicación viral y estos pueden influenciar el desarrollo de síntomas, Dunoyer *et al.* (2004) y Jay *et al.* (2011).

Según Beemster (1958), la habilidad del virus infectar la planta, aunque la misma sea susceptible depende la edad de la planta, la cual adquiere una resistencia natural en el tiempo. El virus se diagnosticó en las estructuras localizadas en Rancho Arriba, Sabana Larga y la Ciénaga, no se detectaron casos positivos en El Pinal y El Naranjal.

SÍNTOMAS DEL TSWV

Se observaron diferentes síntomas asociados al TSWV, tales como: hojas con síntomas de bronceado, que le da el nombre característico a la enfermedad y clorosis, Figura 1 y en la parte apical de la planta se observó necrosis de los brotes. Adicionalmente, el síntoma más frecuente en frutos fue la no uniformidad en la maduración y anillos necróticos. Estas sintomatologías observadas durante el estudio coinciden con las reportadas por Martínez *et al.* (2014), Arribas y Santiago (2011) y Canady (2007). Iguales síntomas fueron reportados en Cuba en 2009 por González (2015).

INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DEL TSWV

Se determinaron incidencias variables en las estructuras con presencia de TSWV. En localidad de Rancho Arriba se presentó el mayor número de plantas enfermas con una incidencia de un 47%, seguido por Sabana Larga 34% y La Ciénaga 21%. En las localidades del Pinal y el Naranjal no hubo presencia del virus.

La alta incidencia encontrada en Rancho Arriba en el estudio, fue confirmada en estudios posteriores por Agramonte (2019), en investigación realizada a campo abierto que arrojó una incidencia de un 46.4% en el cultivo. El tomate es sembrado por productores de San José de Ocoa a campo abierto como cultivo de subsistencia, los cuales no tienen acceso a una estructura protegida por su alto costo de inversión. Esto indica que el TSWV es una limitante para el cultivo de tomate en ambiente protegido y campo abierto. González (2010) en estudios realizados en México, obtuvo incidencias que alcanzaron un 43 % en el cultivo del tomate. Rodríguez (2015) reportó una incidencia de 41.18%

en pimiento morrón cultivado en ambiente protegido en Jarabacoa, La Vega, República Dominicana avalando la presencia de TSWV en ambiente protegido.

En cuanto a la localidad de Sabana Larga, se observó una incidencia de 34%, intermedia entre las encontradas en Rancho Arriba y la Ciénega.

En la Ciénega se obtuvo una incidencia de 21% en el rango a la reportada por Sepúlveda *et al.* (2005) en ambiente protegido en Chile en el cultivo de pimiento con 20.8%. En la localidad de el Naranjal, al momento del estudio no hubo presencia de TSWV, sin embargo, Agramonte (2019) detectó presencia de TSWV a campo abierto en 11 muestras de pimiento morrón, de un total de 28 muestras analizadas.

La enfermedad del bronceado del tomate es relacionada con plantas arvenses y el vector *Frankliniella occidentalis*, reportándose una incidencia entre el 20% y 30%, Debreczeni (2015), siendo la incidencia de un 30% similar a la detectada en Sabana Larga, 34%. Aunque, Rodríguez (2015) no relacionó la incidencia de la enfermedad con plantas arvenses en trabajo realizado en Jarabacoa, reportó *Amaranthus* sp. como hospedero alterno asintomático del TSWV.

Durante el periodo de esta investigación muchos productores abandonaron el cultivo de tomate debido a la alta incidencia del TSWV. Sin embargo, a campo abierto la situación puede ser diferente, pudiéndose obtener una baja incidencia de la virosis, como el caso de trabajos realizados en Chile donde se presentaron incidencias de 14 y 11,6% del TSWV en pimiento, Sepúlveda *et al.* (2005). La alta incidencia causada por el TSWV está relacionada con las actividades realizadas en ambiente protegido, tales como: la siembra intensa del cultivo durante casi todo el año, la mala condición de algunas estructuras de producción bajo ambiente protegido, observándose agujeros en la malla, lo cual permite la entrada de trips. Estas condiciones contribuyen al aumento de la incidencia de la enfermedad, así como al establecimiento de sus vectores, por lo tanto, las precauciones adecuadas, tales como: disponer apropiadamente de los rastros de la cosecha y control del vector pueden contribuir a una reducción de la presencia de la enfermedad.

CONCLUSIÓN

El conocimiento generado en el estudio contribuirá en el desarrollo de herramientas de manejo eficientes. Se encontró una alta incidencia del TSWV en las estructuras con presencia del virus. El virus está presente en tres de las localidades bajo estudio, lo que significa que la enfermedad se está diseminando en la zona. Por otra parte, estos resultados reflejan una pobre aplicación de las medidas de manejo de la virosis.

LITERATURA CITADA

Adkins, S. 2005. Tospovirus (familia Bunyaviridae, género tospovirus). Patología de Plantas. Pp 1-5.

Agramonte, B. 2019. Detección del Orthotospovirus del bronceado del tomate asociado a especies virales en cultivos hortícolas en el sur de la República Dominicana. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). 62 p.

Arribas, C.; Santiago, R. 2011. Virus del bronceado del tomate -Tomato spotted wilt virus (TSWV). Hortícolas 3: 79. (En línea). Consultado mar. 26 2017. Disponible en www.gobex.es.

- Beemster. 1958. Some aspects of mature plant resistance to viruses in potato. Proceedings of the Third Conference on Potato Virus Diseases, Lisse-Wageningen. Pp. 212-217. (En línea). Consultado el 13 marzo de 2015. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-94-009-5145-7>
- Canaday, G. 2007. *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV). Information and Control Strategies. Tennessee, US. (En línea) Consultado el abril 26 2016. Disponible en: <http://www.westtennessee.tennessee.edu/research/Canaday/TSWV.pdf>.
- Debreczeni, D. 2015. Caracterización de aislados del Virus del bronceado del tomate TSWV que superan la resistencia de los genes Sw-5 tomate y Tsw en pimiento Identificación de una fuente tolerante. Tesis doctoral presentada por Diana Elvira Debreczeni en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, 132 p. Valencia, ES. (En línea). Consultado el 13 marzo de 2015. Disponible en: <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/51460/DEBRECZENI%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20aislados%20del%20virus%20del%20bronceado%20del%20tomate%20%28TSWV%29%20que%20superan%20la....pdf?sequence=10>
- Deprobap (Departamento de Producción Bajo Ambiente Protegido, DO). 2015. Informe del Departamento de Producción Bajo Ambiente Protegido del Ministerio de Agricultura. (En línea). Consultado el 7 de Junio de 2017. Disponible en: <http://www.agricultura.gob.do/noticias/2014/11/exportacion-de-invernaderos-rompe-barrera-de-los-cien-millones-de-dolares-/#sthash.wGOkEUEm.dpuf>.
- Dunoyer, P.; Lecellier, C.; Parizotto, E.; Himber, C.; Voinnet, O. 2004. Probing the microRNA and small interfering RNA pathways with virus-encoded suppressors of RNA silencing. *Plant Cell* 16:1235-1250.
- Faostat (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2015. Datos sobre alimentación y agricultura. (En línea). Consultado el 7 de Junio de 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#search/tomate>
- Gonzalez, B. 2015. Caracterización biológica y molecular del *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) en aislamiento mexicanos. Tesis de maestría. Montecillo, Texcoco, México. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. (En línea). Consultado el 7 de Junio de 2017. Disponible en: <https://1library.co/document/download/ozln6wlg>
- González, G. 2010. Información primaria de la presencia del género Tospovirus. *Fitosanidad* 14: 209-213.
- Jay, F.; Wang, Y.; Yu, A.; Taconnat, L.; Pelletier, S.; Colot, V.; Renou, J.; Voinnet, O. 2011. Misregulation of auxin response factor 8 underlies the developmental abnormalities caused by three distinct viral silencing suppressors in Arabidopsis. *PLoS Pathol* 7: e1002035. (En línea). Consultado el 7 de Junio de 2017. Disponible en: <https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1002035>
- López, N. 2011. Manejo genético de la marchitez manchada del tomate ocasionada por *Tomato spotted wilt tospovirus*, TSWV: una revisión. *Agron*, Vol.19:67-78.
- Martínez, R.; Poojari, S.; Tolin, S.; Cayetano, X.; Naidu, R. 2014. First report of *Tomato spotted wilt virus* in peppers and tomato in the Dominican Republic. *Plant Disease Note*. 98:163.
- Martínez, Y. 2005. Conocimiento y diagnóstico del Virus del bronceado del tomate (TSWV), una necesidad de la agricultura cubana. *Protección Vegetal* 20: 11-19.
- Núñez, M. 2008. Análisis proteómico de la enfermedad marchitez manchada en tomate (*Lycopersicon esculentum* mill). Tesis para obtener título de maestría en recursos naturales y medio ambiente en el Instituto Politécnico Nacional. Sinaloa, MX. (En línea). Consultado el 7 de Junio de 2017. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3837/ANALPROETONOMICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, G. 2011. Especie de los géneros *Trips* y *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) asociadas a cultivos en la provincia Guantánamo. *Protección Vegetal* 26: 144-148.
- Rodríguez, R. 2015. Diagnóstico y aspectos epidemiológicos del virus del bronceado del tomate (TSWV) en ají Morrón (*Capsicum annuum* L. var. *annuum*) en invernaderos de Jarabacoa. Tesis de maestría de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Universidad Autónoma de Santo Domingo Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO. 62 p.
- Sepúlveda, R.; Larraín, S.; Quiroz, E.; Rebufel, A.; Graña, S. 2005. Identificación e incidencia de virus en pimiento en la zona centro norte de Chile y su asociación con vectores. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(3): 235-245. (En línea). Consultado el 10 septiembre de 2018. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf/at05026>.



Figura 1 y 2. Bronceado y amarillamiento en hojas y anillos en frutos causados por TSWV



Figura 3. Distribución del virus TSWV en la Provincia de San José de Ocoa

Tabla 1. Porcentaje de incidencia del Virus del bronceado del tomate (TSWV) por localidad

Localidad	Muestras analizadas	Positivas al TSWV	Incidencia (%)
Rancho arriba	45	21	*47 %
Sabana larga	44	15	34 %
El Naranjal	45	0	0
La Ciénaga	47	10	21 %
El Pinal	44	0	0
Total	225	46	20.44 %

Evaluación de la actividad insecticida de extractos acuosos de plantas de la familia Myrtaceae sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (psílido asiático)

R. Taveras-Macarrulla¹, R. Rodríguez-Peña^{1,2} y M. Vasquez¹.

¹ Investigador de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). ² Ministerio de Agricultura. Santo Domingo, DO

RESUMEN

La mortalidad provocada por extractos acuosos obtenidos por decocción de seis plantas endémicas y nativas de la familia Myrtaceae fueron evaluados en brotes tiernos de lima persa (*Citrus latifolia* L) con ninfas de *Diaphorina citri* (Kuwayama), una de las plagas más temida por los productores y en la industria citrícola como causante de grandes daños por ser el vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLAs) que provoca el Huanglongbing (HLB), enfermedad que afecta diversas especies de plantas del género *Citrus*. Los extractos acuosos al 2.5% (p/v) de *Pimenta haitiensis* (Urb.) Landrum, *Pimenta racemosa* (Mill.) J.W. Moore var. *Grisea* (Kiaersk.) Fosb, *Myrcianthes montana* (Aubl.) C. Nelson, *Pimenta ozua* (Urb & Ekman) Burret, *Eugenia confusa* DC, *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh y *Eugenia lindahlia* Urb. & Ekman, fueron evaluados para su actividad insecticida; igualmente se utilizó como referencia extractos de canela y ajo al 2% (v/v), el cual se emplea en prácticas tradicionales para el control de insectos-plagas en fincas de cítricos. También se incluyeron dos testigos, uno absoluto sin ninguna aplicación y otro solo con el dispersante Tween 80 al 0.05% (v/v). Las evaluaciones se realizaron a las 24 y 72 horas después de aplicados los tratamientos. Los extractos que mostraron ser efectivos y que causaron mortalidad, al cabo de 72 horas, sobre el psílido asiático fueron: *P. ozua* (23.82%) *P. racemosa* var. *grisea* (34.57%), y *E. lindahlia* (57.91%). En esas mismas condiciones la preparación de ajo y canela (2%, v/v) usada fue efectiva en un 67%.

Palabras claves: Psílido asiático, extractos acuosos, huanglongbing, Myrtaceae, mortalidad.

ABSTRACT

The mortality caused by aqueous extracts obtained by decoction of six endemic and native plants of the Myrtaceae family were evaluated in young shoots of Persian lime (*Citrus latifolia* L) with nymphs of *Diaphorina citri* (Kuwayama), one of the pests most feared by producers. and in the citrus industry as the cause of great damage because it is the vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLAs) that causes Huanglongbing (HLB), a disease that affects various species of plants of the *Citrus* genus. The 2.5% (w / v) aqueous extracts of *Pimenta haitiensis* (Urb.) Landrum, *Pimenta racemosa* (Mill.) J.W. Moore var. *Grisea* (Kiaersk.) Fosb, *Myrcianthes montana* (Aubl.) C. Nelson, *Pimenta ozua* (Urb & Ekman) Burret, *Eugenia confusa* DC, *Myrcianthes fragans* (Sw.) McVaugh and *Eugenia lindahlia* Urb. & Ekman, were evaluated for their activity insecticide; Likewise, 2% (v / v) cinnamon and garlic extracts were used as a reference, which is used in traditional practices for the control of insects-pests in citrus farms. Two controls were also included, one absolute without any application and the other only with the dispersant Tween 80 at 0.05% (v / v). Evaluations were carried out 24 and 72 hours after applying the treatments. The extracts that showed to be effective and that caused mortality, after 72 hours, on the Asian psyllid were: *P. ozua* (23.82%) *P. racemosa* var. *grisea*

(34.57%), and *E. lindahlii* (57.91%). Under the same conditions, the garlic and cinnamon preparation (2%, v / v) used was 67% effective.

Key words: Asian psyllid, aqueous extracts, huanglongbing, Myrtaceae, mortality.

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo y las aplicaciones repetidas de químicos sintéticos para el control de plagas de importancia económica para proteger a los cultivos tienen consecuencias indeseables.

La intensificación de la producción de alimentos conduce a menudo a un abuso de plaguicidas, esto provoca nuevos brotes de plagas (reapariciones), selecciona poblaciones de plagas resistentes (insectos, bacterias y malas hierbas), aumenta los riesgos para la salud humana y el medio ambiente y plantea obstáculos al comercio (residuos). Cada vez más, los países reformulan sus políticas agrícolas para reducir estos problemas y garantizar una producción de alimentos intensificada mediante la aplicación de alternativas a los plaguicidas, Del Puerto Rodríguez *et al.* (2014).

Dentro de las consecuencias negativas del uso excesivo de productos químicos están las enormes pérdidas económicas, derivadas del rechazo por parte de las naciones desarrolladas a las exportaciones de alimentos que hacen los países en vías de desarrollo. Con frecuencia estos alimentos son rechazados por no cumplir con las normas sanitarias de comercio internacional en cuanto a contenido de residuos de ciertos plaguicidas, Karam *et al.* (2004).

Una de las ventajas del uso de plaguicidas naturales es que son seguros y limpios, desde el punto de vista ambiental (Rizvi *et al.* 1992). El uso de los productos botánicos puede ser efectivos y menos tóxicos que los productos químicos para el control de plagas y enfermedades, esta alternativa se fundamenta en aspectos tales como: baja toxicidad, alta diversidad estructural, baja persistencia y provenir de fuentes renovables, motivando así la búsqueda de moléculas bioactivas de diversas fuentes naturales, en especial de plantas y el desarrollo de biocontroladores, Murillo y Salazar (2011).

Los productos naturales, biológicamente activos, presentan ventajas como las mencionadas, sin embargo, hay que tener presente las desventajas asociadas a su uso tales como: el limitado número de productos en el mercado, la insuficiente actividad biológica de algunos y su baja persistencia en condiciones de campo, lo cual puede limitar su uso, Hüter (2011).

Las Myrtaceas es una familia botánica numerosa con cerca de 150 géneros y 3,300 especies de árboles y arbustos del orden Myrtales. Están distribuidos en los trópicos y se caracterizan por tener glándulas de aceites. Son utilizados como especias y un gran número de especies son económicamente importantes como árboles maderables, Enciclopedia Británica (2015).

Entre las especies conocidas están:

Canelilla, *Pimenta haitiensis* (Urb.) Landrum. Arbusto o árbol pequeño de hasta 5 m,

Esta especie crece en zona de bosque seco y semi seco sobre roca calcárea, del tipo llamado diente de perro. Su distribución está limitada a la zona sur de la República Dominicana, provincias Pedernales y Barahona, así como en Anse a Pitre, Haití. Es una especie endémica vulnerable según la UICN (2020).

Ozua, *Pimenta ozua* (Urb & Ekman) Burret. Árbol de hasta 20 m, muy aromático; En bosques sobre suelo calcáreo; República Dominicana: de San José de las Matas a Monción, Partido y Loma de Cabrera; H: Grand Goave; endémica. En peligro de extinción según las categorías de UICN.

Ausua, Canelilla, *Pimenta racemosa* (Mill.) J.W. Moore var. *Grisea* (Kiaersk.) Fosb. Árbol de hasta 8 m de alto, nativa en la Isla Española, frecuente en algunas zonas a baja elevación, presente en Puerto Rico, Saint Thomas y Tórtola.

Arrayán, Mijo, Canelilla, Ozua, *Myrcianthes montana* (Aubl.) C. Nelson. Árbol generalmente delgado de hasta 20 m, corteza gris, desprendiéndose en placas; En bosque semi-seco, común en la isla Española; Florida, Antillas, México, América Central y norte de Sur América.

Eugenia Confusa DC. Arbusto o árbol de unos 7 m, a veces de hasta 18 m. Presente en bosques húmedos a baja y mediana altitud en toda la isla Española. También en el estado de la Florida y las Antillas.

Myrcianthes fragans (Sw.) McVaugh. Árbol de 20 a 30 pies de altura con una copa de 15 a 20 pies, se presentan densidad moderadas de plantas cuando nacen juntas. Es una planta tolerante a la sequía a suelos arcillosos a suelos limosos y a suelos arenosos.

Simirú, *Eugenia lindahlia* Urb. & Ekman. Es un arbolito de hasta 4m de alto, la hoja seca es usada en botellas de Damajuana por su aroma y sabor a menta.

Muchas de estas especies han sido utilizadas y han mostrado efecto antimicrobial e insecticida en diversos estudios tanto en agricultura como en el área de la salud, Kumar *et al.* (2012) y Raut *et al.* (2014)

El psilido asiático, es una de las principales plagas de los cítricos a nivel mundial. Este insecto puede causar daños directos e indirectos. El daño indirecto es el de mayor severidad y relevancia, dado que es vector de *Candidatus Liberibacter* spp. bacterias asociadas a la enfermedad conocida con el nombre de Huanglongbing (HLB). Esta enfermedad es considerada a nivel mundial como la más destructiva que afecta a los cítricos. Los daños directos causados por el insecto se refieren a la extracción de savia y la producción de mielcilla. La mielcilla se vuelca sobre hojas, favoreciendo el desarrollo de fumagina. En adición, cuando se alimentan inyectan al vegetal toxinas que detienen la elongación terminal y causan malformaciones de hojas y brotes. En infestaciones severas, los brotes nuevos pueden morir. Los árboles adultos pueden ser tolerantes a estos daños debido a que la pérdida de hojas y brotes es tan sólo una pequeña porción del follaje total. En plantas jóvenes los daños pueden ser de mayor relevancia dependiendo de la intensidad de infestación, Alemán *et al.* (2007).

El objetivo de este estudio es evaluar la actividad biológica de seis extractos acuosos de plantas nativas y endémicas sobre ninfas de *Diaphorina citri* con énfasis en la mortalidad para vincular posteriormente los metabolitos secundarios de esas Myrtaceae con dichos efectos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bioensayo de la actividad. El ensayo se realizó en el laboratorio de Control Biológico de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), localizado en Santo Domingo Oeste, República Dominicana. Los extractos de plantas utilizados en experimentación fueron preparados en el Laboratorio de Investigación de Sustancias Naturales (LABISNAT) del Instituto de Química, de la Facultad de Ciencias de la UASD. El tejido vegetal para el bioensayo consistió en brotes terminales de lima persa conteniendo poblaciones no menores a 20 individuos de diferentes estadios ninfales de *D. citri* colectados de una finca en la comunidad Cinco Casas, provincia Monte Plata, República Dominicana.

Material de planta y procesamiento. Las plantas para obtención de extractos con potencial insecticida fueron colectadas en diferentes localidades. La parte utilizada para la extracción de cada planta fue exclusivamente el follaje. En el caso de *P. haitiensis*, Canelilla, se obtuvo en la provincia de Pedernales en el oeste de la República Dominicana; *Myrcianthes fragans*, Ozua de oviedo, *P. Montana*, Calitrante, *Eugenia* spp., *Eugenia lindahlia*, Simiru, *P. ozua*, Ozua, *Pimenta racemosa* var. *grisea* la ubicación puede observarse en la Tabla 1.

Una vez colectadas las plantas, se sometieron a un proceso de secado durante 14 días, a temperatura ambiente, sobre una malla metálica suspendida en el aire para garantizar aireación y evitar la contaminación por hongos y hasta su deshidratación, tras lo cual se separaban las ramas y el follaje para ser triturados en molinos eléctricos, (tamiz 4 mm) y almacenados en bolsas plásticas con cierre hermético hasta su uso posterior.

Tabla 1. Localización geográfica de las plantas utilizadas.

Nombre	Localización	Coordenadas
<i>P. haitiensis</i>	Pedernales	17°56'9N y 71°34'36 O
<i>Myrcianthes fragans</i>	Oviedo, Pedernales	17° 48' 45" N y 71° 26 13 O
<i>P. Montana</i>	Santo Domingo	18°29'26"N y 69°57'31"O
<i>Eugenia</i> spp.	Oviedo, Pedernales	17° 48' 45" N y 71° 26 13 O
<i>Eugenia lindahlia</i>	Azua	18°19'33 N y 70° 53' 53" O
<i>P. ozua</i>	Santiago Rodríguez	19°24.129 N y 71°10.226 O
<i>P. racemosa</i> var. <i>grisea</i>	Monte Plata.	18°52'427"N y 69°43.39'O

Preparación de extractos acuosos para la prueba de insecticida. Una porción de 5 g de cada planta molida se sometió a decocción con 100 ml durante 40 minutos y luego de filtrarlo en papel Whatman No. 41. Al decante, se le determinó su concentración en sólidos solubles. Para su aplicación, el extracto de cada planta fue ajustado a una concentración de 2.5% (p/v) de materia soluble conteniendo Tween 80 al 0.05 % (v/v), para mejorar la adhesión del producto al follaje. Para la elaboración del producto a base de ajo y canela, se utilizó dos libras y media de canela entera,

cinco libras de ajo; se mezcló con 10 litros de agua se hierve a 100 °C. El producto resultante se aplicó a las plantas a razón de 2% v/v.

DISEÑO DE TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron de naturaleza sin estructura, cualitativos, estos consistieron en:

T0: Testigo absoluto: sin aplicación alguna

T1: *Eugenia lindahlii*

T2: *Myrcianthes fragans*

T3: *Eugenia sp.*

T4: *Pimenta ozua*

T5: *Pimenta grisea*

T6: *P. haitiensis*

T7: *P. montana*

T8: Control: Ajo y canela

T9: Tween 80 (0.05%, v/v).

Una vez recolectado los brotes tiernos de limón persa conteniendo poblaciones ninfales de *D. citri*, se procedió a llevarlo al laboratorio y a cada uno se le aplicó aproximadamente 0.36 ml del extracto acuoso de cada uno de los tratamientos. Se asperjó el brote completo tanto, el haz como el envés, con un atomizador manual sobre una servilleta absorbente. Una vez aireados, se colocaron en un envase plástico con malla de tul para ser evaluado a la 24 y 72 hora después del tratamiento.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la realización de este ensayo se utilizó un diseño experimental completamente al azar con diez (10) tratamientos y siete (7) repeticiones.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA). Se realizaron análisis de comparación de media según Tukey con un nivel de significancia ($P < 0.05$) utilizando el paquete estadístico Infostat (2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la Tabla 2, los resultados muestran que hubo un efecto supresivo en la población de *D. citri* en los estadios ninfales en algunos tratamientos. Los tratamientos que resultaron diferentes al testigo absoluto 72 horas después del tratamiento fueron: *P. racemosa* var. *grisea*, *E. lindahlia*, y el extracto de ajo y canela. De los extractos acuosos, los mejores tratamientos fueron *E. lindahlia* con una mortalidad de (57.91%) seguido de *P. racemosa* var. *grisea* (34.57%). Tal como reporta Srivastava *et al.* (2001) muchas familias de plantas como las Myrtaceas, Asteráceas y Piperáceas son bien conocidos por tener principios como terpenoides y grupos de amidas que tienen efecto antialimentarios, repelentes e insecticidas que inhiben el desarrollo y crecimiento de muchos insectos.

Tabla 2. Análisis de media con la variable mortalidad a las 24 y 72 horas después del tratamiento.

Trat	n	Medias		E.E.	Medias		E.E.
		24h			72 h		
<i>Eugenia Sp</i>	7	0	a	3.44	0.65	5.46	a
<i>P. montana</i>	7	0	a	3.44	0.89	5.46	a
Testigo absoluto	7	0	a	3.44	1.7	5.46	a
Tween 80 (0.05%, v/v).	7	0	a	3.44	4.08	5.46	a
<i>P. haitiensis</i>	7	0	a	3.44	4.37	5.46	a
<i>Myrcianthes fragans</i>	7	0	a	3.44	5.62	5.46	a
<i>Pimenta ozua</i>	7	21.32	bc	3.44	23.82	5.46	ab
<i>Pimenta grisea</i>	7	11.21	ab	3.44	34.57	5.46	bc
<i>Eugenia lindahlia</i>	7	28.27	cd	3.44	57.91	5.46	cd
Control: Ajo y canela	7	42.94	d	3.44	67.07	5.46	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El tratamiento a base de extracto de ajo y canela es utilizado por productores como insecticida para el control de plagas insectiles y resultó el tratamiento que ocasionó la mayor mortalidad con un 67.07% al cabo de 72 horas después del tratamiento y según el análisis estadístico no existe diferencia significativa con *Eugenia lindahlia*, ver Figura 1.

Esta información coincide con Cheng *et al.* (2009), citado por García Gutiérrez *et al.* (2012), los cuales estudiaron la composición química de los aceites esenciales de hojas de seis especies de *Cinnamomun osmophloeum* (canela) junto con su actividad larvicida sobre tres especies de mosquitos (*A. albopictus*, *C. quinquefasciatus* y *Armigeres subalbatus*) encontrando diferencias en la mortalidad de los insectos a las 24 y a las 48 h, el principio activo transcinnamaldehído presente en el aceite esencial de canela posee capacidad larvicida y posee alta actividad repelente contra *Anopheles stephensi* (Liston), *A. aegypti* y *C. quinquefasciatus*, Prajapati *et al.* (2005). También. se

reporta su eficacia contra larvas y adultos de *A. pharoensis* (Theobald) y larvas de *Musca domestica* (L), bajo condiciones controladas de laboratorio, Halim (2008). Con relación al ajo, se ha encontrado que existen diferentes compuestos que presentan efectos en la actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, antiasmática, fúngica y larvicida, Malkeja *et al.* (1990).

En la Figura 1, puede observarse la mortalidad promedio de cada uno de los extractos a las 24 y 72 horas después del tratamiento.

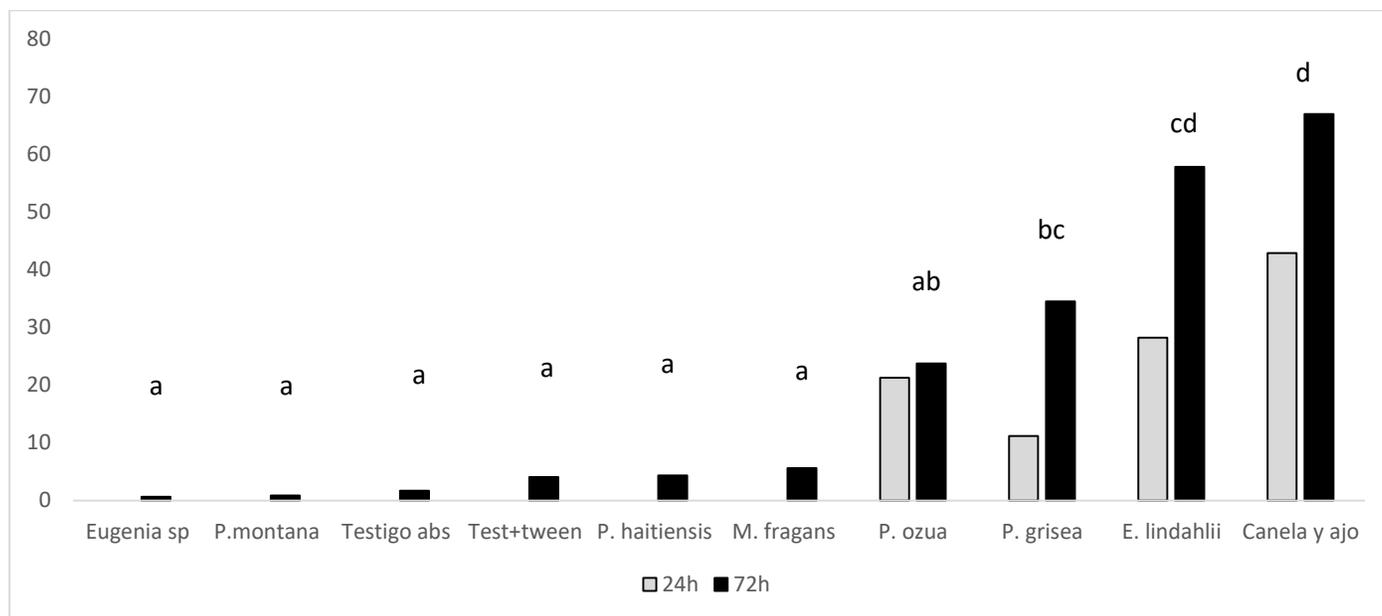


Figura 1. Promedio de ninfas de *D. citri* muertas a las 24 y 72 horas después de la aplicación de los extractos acuosos. Los promedios con la misma letra no difieren estadísticamente.

CONCLUSIONES

De los tratamientos evaluados, tres productos tienen potencialidad como alternativa para el control de *D. citri*. El extracto acuoso de *Eugenia Lindahlia* resultó ser el más efectivo para suprimir o disminuir los estadios ninfales en un 57% de inmaduros muertos al cabo de 72 horas después de aplicado a una concentración de 2.5 % (p/v). Otros extractos que mostraron actividad insecticida fueron *Pimenta racemosa var. grisea* y *Pimenta ozua*, con un 34.57 % y 23.82%, respectivamente. A pesar de los resultados provisorios obtenidos todavía quedan preguntas de investigación por responder. Es necesario evaluar los compuestos químicos y metabolitos secundarios que poseen estas especies y la vía de acción para conocer a fondo el mecanismo de acción, si es debido a toxicidad aguda o si es debido a interferencia con el crecimiento y desarrollo del insecto.

AGRADECIMIENTOS

El equipo técnico agradece al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt) por el financiamiento de este proyecto a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt). De igual manera, agradece al licenciado Ricardo García y al licenciado Brígido Peguero del Jardín Botánico Nacional Dr. Rafael María Moscoso, por su colaboración con el proyecto.

LITERATURA CITADA

Alemán, J.; Baños, H.; Ravelo, J. 2007. Diaphorina citri y la enfermedad Huanglongbing: una combinación destructiva para la producción citrícola. *Revista de Protección Vegetal* 22(3): 154-165. (En Línea). Consultado el 22 de abril de 2019. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522007000300003&Ing=es&tIng=es .

Del Puerto, A.; Suárez, S.; Palacio, D. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3): 372-387. (En Línea). Consultado en 19 de abril de 2019. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010&Ing=es&tIng=es

Enciclopedia Británica. 2015. Myrtaceae, Plant Family. Editado por Enciclopedia Británica. (En Línea). Consultado el 22 de abril del 2019. Disponible en: <https://www.britannica.com/plant/Myrtaceae>

García, C.; Gómez, R.; López, C.; León, A. 2012. Insecticidas biorracionales para el control de mosquitos y moscas negras en Sinaloa. Universidad Autónoma Indígena de México. El Fuerte, MX. *Ra Ximhai* 8:\$7-55. (En Línea). Consultado el 24 de septiembre 2019. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46125177002.pdf>

Gilman, E. 2014. *Myrcianthes fragrans* (Simpson's Stopper). University of Florida. IFAS Extension. (En Línea). Consultado el 17 de abril del 2019. Disponible en: https://hort.ifas.ufl.edu/treesandpowerlines/myrcianthes_fragrans.shtml

Gilman, E.; Watson, D. 1993. *Eugenia* spp. Stopper. FactSheet ST -241. Hortícola. Universidad de la Florida. 3 p. (En Línea). Consultado el 17 de abril del 2019. Disponible en: https://hort.ifas.ufl.edu/database/documents/pdf/tree_fact_sheets/eugsppa.pdf

Halim, A. 2008. Efficacy of *Zingiber officinale* on third stage larvae and adult fecundity of *Musca domestica* and *Anopheles pharoensis*. *J. Egypt Soc. Parasitol.* 38: 385-392. (En Línea). Consultado el 29 de octubre 2019. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18853613#>

Hüter, O. 2011. Use of natural products in the crop protection industry. *Phytochemistry reviews* 10: 185-194.

Karam, M.; Ramirez, G.; Bustamante, L.; Galvan, J. 2004. Plaguicidas y salud de la población. *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva* 11(3): 246-254. (En Línea). Consultada el 21 de octubre 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/104/10411304.pdf>

Kumar, P.; Mishra, S.; Malik, A.; Satya, S. 2012. Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca Domestica*). *Acta Trop.* 2012. 122(2): 212-218.

Malkeja A.; Bailey J. 1990. Antiplatelet constituents of garlic and onions. *Agent Actions* 29:360-363.

Murillo, W.; Salazar, D. 2011. Tendencias verdes en la agricultura para el manejo y control de plagas *Revista Tumbaga* 6: 63-92.

Prajapati, V.; Tripathi, Aggarwal, K.; Khanuja, S. 2005. Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresour Technol.* 96: 1749-1757

Raut, J.; Karuppayil, S. 2014. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Ind. Crops Prod.* 62: 250–264.

Rizvi, S.; Haque, H.; Singh, V.; Rizvi, V. 1992. A discipline called allelopathy. Pp. 1-10. En: Rizvi, S.J. y V. Rizvi (eds.). *Allelopathy: Basic and applied aspects*. Editorial Chapman, Londres, UK.

Srivastava, S.; Grupta, M.;Pajapati, V.; Tripathi, V.; Kumar, S. 2001. Insecticidal Activity Myristicin from *Piper mullesua*. *Farmaceutical Biological* 39(3): 226.

Identificación de cepas autóctonas de micorrizas bajo sistemas de pastoreo en Valverde Mao, República Dominicana,

Elfrida Pimentel^{1*}, Adelin Bueno², Nelfy González², Adriana Bueno¹, María Pineda¹, Birmania Wagner, Iris Marcano³ y Pedro Núñez³

¹Profesoras investigadoras adjuntas, Escuela de Microbiología, Facultad de Ciencias; ²licenciados en Microbiología, Facultad de Ciencias, ³investigadores Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Proyecto Fondocyt/Mescyt "Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de Micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la Línea Noroeste". *Autor para correspondencia: elfridapimentel@gmail.com

RESUMEN

Se investigó la presencia de hongos formadores de micorrizas asociadas a pasto colectadas en agroecosistemas de 12 fincas ganaderas de la provincia de Valverde, República Dominicana y su capacidad de colonización. Se tomaron seis muestras por finca de suelos rizosféricos para identificar morfológicamente hongos formadores de micorrizas arbusculares y cuantificar el número de esporas por muestra. Se identificaron 9 morfotipos comparados con resultados de otras investigaciones: *Glomus* sp., *Glomus microaggregatum* BEG56, *Acaulospora* sp, *Scutellasporea avannicola*, *Acaulospora denticulata* Sieverd. & S.Toro, *Glomus geosparum*, *Glomus dimorphicum* Boyetchko & J.P. Tewari, *Scutellasporea* sp y *Paraglomus* sp., siendo el *Glomus* sp el género más frecuente en todas las muestras analizadas. El mayor número de esporas micorrízica fue encontrado en las fincas 8 y 9. Se realizó un análisis físico-químico en los suelos bajo estudios, para determinar la relación pH-nutriente micorriza, mostrando una correlación positiva con la cantidad de esporas encontradas en el suelo, materia orgánica, fosforo, calcio, sodio y magnesio. En el estudio de raíces de estos pastos, el tipo de estructura característico de micorrizas arbuscular se encontró vesículas, hifa y micelios. Mediante técnicas moleculares (PCR) realizado a las raíces, se identificaron cepas pertenecientes al grupo *Glomeromycota* procedentes de las fincas 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 12 y en una segunda prueba (PCR) se identificó el género *Glomus* sp en muestras de raíces, en la cual, la muestra número 11 resultó positiva, siendo éste el primer estudio en el cual se reportan hongos micorrízicos arbusculares asociados a raíces y suelo de los pastos presentes de las fincas ganaderas seleccionadas. Estas especies son descritas, ilustradas y citadas por primera vez para la República Dominicana.

Palabras claves: Hongos, micorriza arbuscular, pasto, raíz, suelo, morfotipos, PCR.

ABSTRACT

The presence of mycorrhizal-forming fungi associated with grass collected in agroecosystems of 12 cattle farms in the province of Valverde, Dominican Republic and their colonization capacity was investigated. Six samples were taken per farm from rhizospheric soils to morphologically identify arbuscular mycorrhizal fungi and quantify the number of spores per sample. Nine morphotypes were identified compared with the results of other investigations: *Glomus* sp., *Glomus microaggregatum* BEG56, *Acaulospora* sp, *Scutellasporea avannicola*, *Acaulospora denticulata* Sieverd. & S. Toro, *Glomus geosparum*, *Glomus dimorphicum* Boyetchko & J.P. Tewari, *Scutellasporea* sp and *Paraglomus* sp., *Glomus* sp being the most frequent genus in all the samples analyzed. The highest number of mycorrhizal spores was found in farms 8 and 9. A physical-chemical

analysis was carried out on the soils under study to determine the mycorrhizal pH-nutrient relationship, showing a positive correlation with the number of spores found in the soil., organic matter, phosphorus, calcium, sodium and magnesium. In the study of roots of these grasses, the type of characteristic structure of arbuscular mycorrhizae was found vesicles, hypha and mycelia. Using molecular techniques (PCR) carried out on the roots, strains belonging to the Glomeromycota group were identified from farms 2, 5, 6, 7, 8, 9 and 12 and in a second test (PCR) the genus *Glomus* sp was identified in root samples, in which sample number 11 was positive, this being the first study in which arbuscular mycorrhizal fungi associated with roots and soil of the pastures present in the selected livestock farms are reported. These species are described, illustrated and cited for the first time for the Dominican Republic.

Keywords: Fungi, arbuscular mycorrhiza, grass, root, soil, morphotypes, PCR.

INTRODUCCIÓN

Se tiene registro de la presencia de micorrizas de hongos *Glomeromycota* desde hace unos 600 millones de años. Redecker *et al.* (2000) descubrieron en rocas con más de 460 millones de años hifas y esporas de hongos *Glomales*, en el período Ordovícico. Para el establecimiento de y mantenimiento de los ecosistemas los hongos han jugado un papel muy importante a través de relaciones mutualistas con otros microorganismos, Hodge (2000) y Marx *et al.* (2004).

Las plantas y micorrizas están relacionadas, alrededor de un 80% de las especies vegetales están en simbiosis con los hongos, esto incluye cultivos agrícolas, Selosse (1998). El uso de las micorrizas en la agricultura tiene potencial como biofertilizante debido a que facilita la disponibilidad de nutrientes a la planta y a una mayor exposición del área radicular que ayuda a la absorción y captación de agua, entre otras, siendo esta una ventaja que tienen las plantas micorrizadas, Klironomos (2003) e Irazabal *et al.* (2005).

La aplicación de fertilizantes químicos afecta de forma negativa el medio ambiente, FAO (2002), por lo que se buscan alternativas que ayuden a mejorar el suelo y que sea amigable con el medio ambiente y a la vez, que no limite el desarrollo y la economía de la actividad ganadera en la República Dominicana. En la línea noroeste se desarrolló esta investigación con el objetivo de identificar morfológica y genéticamente las micorrizas nativas de las pasturas establecidas en suelos de 12 fincas ganaderas de la provincia Valverde.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO Y LOCALIZACIÓN

Se realizó un estudio descriptivo, prospectivo y análisis físico-químicos de suelos en las 12 fincas de la provincia Valverde; localizadas entre los 19° 34'00 latitud norte y 71° 05'00 longitud oeste, Figura 1. Esta provincia tiene un sistema hidrográfico compuesto por el río Yaqué del Norte, afluentes de los ríos Mao y Amina, así como una cantidad considerable de canales de riego. Su economía está basada en la agricultura y la ganadería. Las doce fincas muestreadas están ubicadas en las localidades de El Maizal, Piloto, Cana Chapetón, Boca de Mao, Loma de Guayacanes, La Barranquita y Los Quemaos.



Figura 1. Ubicación de las fincas muestreadas. Fuente: Google Maps 2017.

Los pastos reportados en esta provincia son variables, debido a las condiciones climáticas, el productor y tipo de ganadería usada (Tabla 1). Los principales pastos encontrados son pasto natural, Bermuda (*Cynodon dactylon*), Super Market (*Pennisetum purpureum* cv. Merker) y pastos mejorados.

Tabla 1. Fincas ganaderas muestreadas en Mao Valverde.

Fincas	Localización	Tipos de pastos	Coordenadas
1	Cana Chapetón	Pastos de corte, merker y bermuda	19Q0262738 -2169901
2	Cana Chapetón	Piñón Cubano, <i>Leucaena cunigans</i> , malezas, pasto de corte, merker y cebadilla.	19Q0263094 - 2168923
3	Piloto	Vegetación de bosque seco, piñón cubano, yerba de corte, merker, maralfalfa y pajón haitiano.	19Q0268198 - 2169359
4	Piloto	Pasto natural y bermuda.	19Q0268593 - 2169662
5	Piloto	Pasto de corte merker y maralfalfa.	19Q0268639 - 2169680
6	Piloto	Pasto bermuda y estrella africana	19Q.0268340 – 2169400
7	Mao	Pasto natural y yerba mera.	19Q0285756 - 2167506
8	La Barranquita	Pasto natural y bermuda.	19Q0285970 - 2169980
9	Loma de Guayacanes	Yerba de guinea con sistema silvopastoril.	19Q0284079 - 2178552
10	Maizal	Bermuda y pasto mejorado.	19Q0288830 - 2172088
11	Maizal	Bermuda y pasto mejorado.	19Q0288766 - 2172138
12	Maizal	Pasto natural y bermuda.	19Q0289464 - 2172003

TOMA DE MUESTRAS

Se recolectaron 12 muestras de suelos y 12 de raíces a una profundidad de 0 a 20 cm, tomado en zigzag usando *una pala* de corte, de acuerdo a la metodología de Sieverding (1919). Cada finca fue dividida en dos lotes (parte plana y accidentada). Se tomaron 8 submuestras por muestra para un total de 96 submuestras de suelo y 96 de raíces. Se homogenizaron las muestras para su procesamiento. Luego de homogenizadas, se depositaron en bolsas plásticas rotuladas con el tipo de pasto y fecha de recolección; estas fueron transportadas al laboratorio en una nevera con hielo para simular una temperatura de 4 °C.

MANEJO DE MUESTRAS DE SUELO Y PASTO EN EL LABORATORIO

Las muestras fueron previamente colocadas en una nevera para su mantenimiento, al momento de procesar las mismas el suelo se dejó a temperatura ambiente hasta obtener el mínimo de humedad y luego se tamizaron con malla de 0.38 a 0.40µl para separar las porciones de suelo más grandes y de piedras. Las raíces fueron separadas del suelo rizosferico para ser analizadas de forma independiente. La codificación con que estas se separaron y guardaron fue MR (muestras de raíces) y MS (muestra de suelo).

AISLAMIENTO Y CONTEO DE ESPORAS

Para el aislamiento y conteo de esporas del suelo, se utilizó el procedimiento descrito por Sieverding (1983) y Gerdemann y Nicolson (1963) con algunas modificaciones. Este método se basa en suspender una muestra de suelo en agua corriente y pasarla por varios tamices de diámetro descendente. Para la tinción de las raíces se utilizó la técnica descrita por Phillips y Hayman (1970). Se utilizó el protocolo de Doyle y Doyle (1990) con CTAB para realizar la extracción de ácido desoxirribonucleico (ADN).

Para poder determinar las micorrizas por PCR en raíz, se realizaron dos reacciones en cadena de la polimerasa (PCR). En la primera PCR se usaron primers universales para eucariontes (NS1-ITS4), que permitan inicialmente la amplificación del gen de la subunidad ribosomal 18S (ADNr 18S). Estos primers fueron utilizados por Simón *et al.* (1993), para buscar hongos de micorrizas de los *Glomerales*. El cóctel de reacción fue de 2 µl de ADN, 1 µl de primer F, 1 µl de primer R, 13 µl de mezcla Green Taq Mix 2X de (Promega), 8µl de H₂O free Dnase y el volumen total fue de 25 µl. Los primers utilizados fueron: ITS4y NS5.

Las condiciones para realizar la primera PCR fueron 25 ciclos con desnaturalización de 95°C por 3 min, luego 95°C por 30 segundos 52 ° C por 30 s, 72°C por un (1) minuto, y una extensión final de 10 min a 72 °C.

En la segunda PCR fue anidada, es decir, con el producto de la primera PCR se realizó la segunda. La finalidad fue discriminar para llegar al género *Glomus* sp. Se usaron primers específicos para este género. Estos oligonucleótidos fueron elaborados tomando secuencias del Gene Bank para ese género. La mezcla usada en esta reacción fue: 4 µl de ADN de la primera PCR, 1 µl de Primer F, 1 µl de primer R, 13 µl de mezcla Green Taq Mix 2X de (Promega), 8µl de H₂O free Dnase y el volumen total fue de 27 µl. Condiciones del equipo: 30 ciclos con una desnaturalización de 95°C por 3 minutos, luego 95°C por 30 seg, 55 °C por 30 seg, 72 °C por 1 minuto y una extensión final de 10 minutos a 72°C. Ambos productos de PCR se amplificaron en gel de agarosa al 1% con Buffer TBE

1X., con un voltaje fue de 80V por 40 minutos. Los geles se tiñeron con bromuro de etidio y se visualizaron en un transiluminador de luz ultravioleta (UVP Transiluminator).

Para el análisis de los datos su uso el paquete estadístico del programa Infostat, versión 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CUANTIFICACIÓN DE ESPORAS

Se calculó el valor promedio y la desviación estándar de la presencia de micorrizas en las muestras analizadas, procedentes de raíces y suelo de pasturas de las diferentes fincas de la provincia Valverde en el noroeste de la República Dominicana. Se determinó que la población más alta de esporas ocurrió en las muestras procedentes de las fincas 8 y 9, ubicadas en la Barranquita y Loma de Guayacanes, respectivamente, Tabla 2. Mientras la menor cantidad de esporas se encontró en las fincas 2 y 6 en Cana Chapetón y Piloto, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Valores promedios y desviación estándar sobre la cantidad de esporas cuantificadas/finca ganadera muestreada de Valverde Mao.

Finca	Promedio cantidad de esporas	DE
1	16.1	0.99
2	11.75	1.2
3	28.3	1.7
4	19	1.41
5	31.65	0.35
6	14.4	0.57
7	29.7	2.26
8	41.4	2.26
9	44.45	2.62
10	25.85	0.78
11	28.5	1.84
12	26.65	0.07

DE= desviación estándar.

La colonización de esporas no siempre está relacionada con las condiciones agroecológicas, ya que la producción de propágulos en lugares similares están limitadas y esto dependerá de los parámetros fisiológicos, así también, puede no estar correlacionado con la colonización de la raíz y la esporulación, no afectando la falta de esporulación a la micorrización. Otros autores resaltan la presencia de micelios HMA en raíces de plantas, sin presencia de esporas, Merryweather y Fitter (1994).

IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE ESPORAS DE MICORRIZAS

El mayor porcentaje de las cepas de micorrizas identificadas en los suelos de las fincas, corresponden a *Glomus* sp. **Error! Not a valid bookmark self-reference.** Considerando las características morfológicas de las esporas encontradas, se asocia que estén relacionadas con especies de *Glomus*, tales como: *Glomus geosparum*, *Glomus microaggregatum* y *Glomus dimorphicum*. Así como también, con otras especies de micorrizas como: *Scutellospora* sp., *Scutellasporas avannicola*, *Paraglomus* sp., *Acaulospora denticulata* y *Acaulosporas* sp., reportadas e identificadas por Morton y Redecker (2001) y Oehl *et al.* (2011).

RELACIÓN GÉNERO *GLOMUS* Y ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO

Se comprobó que no hubo relación significativa entre las variables físico-químicas del suelo y la presencia o ausencia de este género, Tabla 4, así como con la población de esporas registradas por fincas (Prueba t, $\alpha = 0.05$)

Tabla 3. Identificación morfológica de esporas en suelo.

Identificación morfológica de esporas en suelo

Fincas	<i>Glomus</i> sp.	<i>Glomus</i> microaggregatum	<i>Scutellospora</i> sp.	<i>Scutellaspóra savannicola</i>	<i>Acaulospora denticulata</i>	<i>Glomus geosparum</i>	<i>Glomus dimorphicum</i>	<i>Acaulospora</i> Sp.	<i>Paraglomus</i> sp.
1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
2	1	0	1	0	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0	0	1	1	0	0
4	1	0	0	1	0	0	0	1	0
5	1	0	0	1	0	1	0	0	0
6	1	1	0	0	0	0	1	0	0
7	1	0	0	0	1	1	1	1	0
8	1	1	0	0	0	0	0	0	1
9	1	1	0	1	0	1	0	1	0
10	1	1	0	0	0	1	0	0	0
11	1	1	0	0	0	1	1	1	0
12	1	1	0	1	0	0	0	0	0

1= presencia. 0= ausencia.

Tabla 4. Prueba t para muestras independientes, mostrando la relación entre presencia y ausencia del género *Glomus* en comparación con parámetros físico-químicos de suelo.

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media 1	Media 2	pHom	Var T	p-valor	Prueba
<i>Glomus</i> sp.	Cantidad de esporas	A	P	27.03	25.93	0.8058	0.18	0.8593	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Saturación de Mg	A	P	23.69	24.30	0.6054	-0,11	0.9120	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Saturación de K	A	P	2.51	2.06	0.4251	0.62	0.5516	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Saturación Na	A	P	1.02	1.12	0.5446	-0,12	0.9055	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Relación Ca Mg	A	P	4.74	3.42	0.0315	0.63	0.5528	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Ca/Mg+K	A	P	44.29	128.49	0.0002	-1,26	0.2634	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Ca/K	A	P	32.60	99.81	0.0001	-1,25	0.2660	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Mg/K	A	P	11.69	28.68	0.0038	-1,27	0.2597	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	MO	A	P	3.72	2.63	0.9165	1.51	0.1632	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Na	A	P	0.21	0.23	0.5658	-0,13	0.9028	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	pH	A	P	7.80	7.79	0.3241	0.14	0.8877	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	CE	A	P	0.71	0.78	0.8194	-0,16	0.8723	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	P	A	P	23.00	27.50	0.1539	-0,75	0.4688	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	PCTCnto Ca	A	P	13.83	9.72	0.2415	0.79	0.4458	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Ca	A	P	14.52	15.49	0.0765	-0,34	0.7419	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Mg	A	P	4.87	5.41	0.6340	-0,33	0.7510	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	K	A	P	0.50	0.37	0.3902	0.94	0.3674	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	CICE	A	P	20.09	21.50	0.0811	-0,36	0.7239	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Cu	A	P	4.70	5.30	0.1361	-0,26	0.7970	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Mn	A	P	4.77	5.28	0.1309	-0,14	0.8894	Bilateral
<i>Glomus</i> sp.	Zn	A	p	3.62	3.66	0.1642	-0,02	0.9854	Bilateral

CICE = capacidad de intercambio cationico efectiva; MO = materia orgánica.

En la Figura 2, se presenta un análisis de componentes principales con relación propiedades físico químico y población de espora por finca, se muestra una marcada diferenciación entre las fincas 12, 9 y 5 en relación a los parámetros considerados de interés en el estudio, Figura 2.

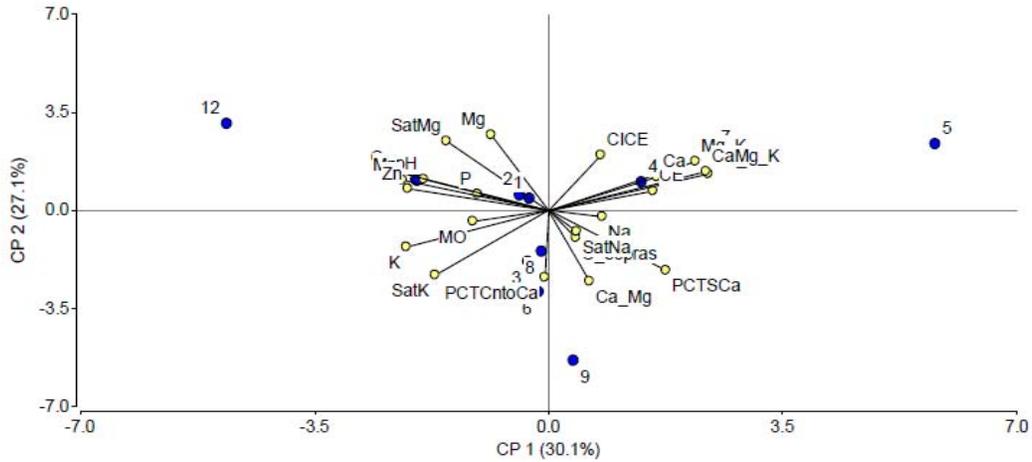


Figura 2. Análisis de componentes principales donde se relaciona propiedades físico-químico y poblaciones de esporas encontradas.

Se relacionó el pH, la materia orgánica (MO) y el contenido de fósforo (P) con la población de hongos micorrícicos encontradas en diferentes fincas. La gráfica muestra que las fincas 8 y 9, tienen mayor cantidad de micorrizas. Las fincas 2 y 12 poseen mayor concentración fósforo. El pH no presentó variación marcada en las fincas, diferentes autores reportan que las micorrizas tienen una amplia adaptación al pH, que van desde 2.7 a 9.2, Peña *et al.* (2006). A partir de los resultados, no se encontró una correlación con los parámetros evaluados y la población de esporas encontradas por fincas,

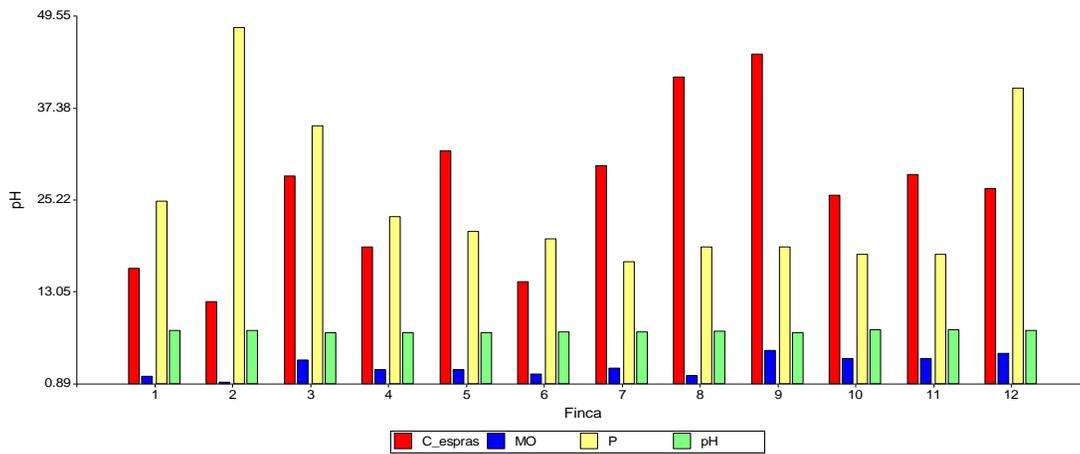


Figura 3. La simbiosis micorriza/planta mejora la absorción de nutrientes como el fósforo, especialmente en suelos con baja y moderada fertilidad, Barea (2002).

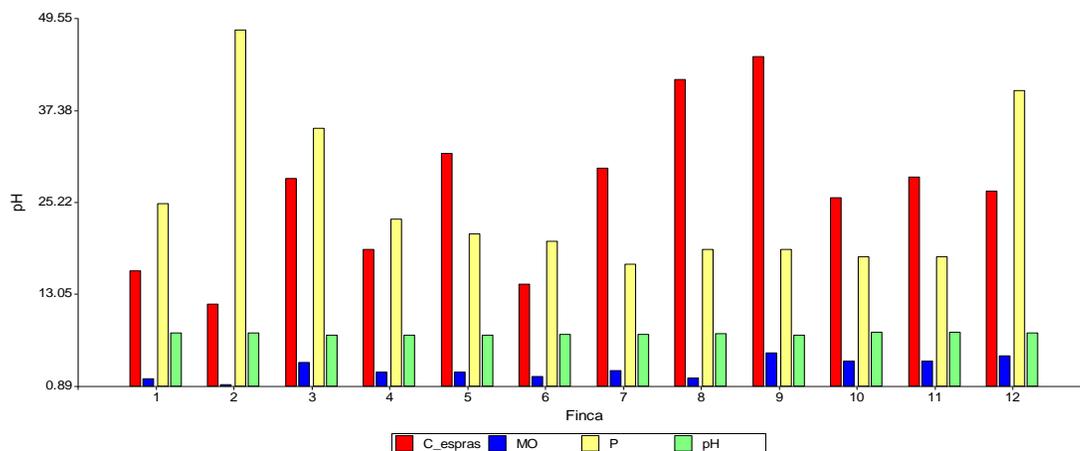


Figura 3. Relación de población de esporas con el pH, la materia orgánica y el contenido de fósforo.

En la identificación morfológica de las esporas aisladas de las diferentes fincas tenemos que, las imágenes tomadas durante la observación al microscopio. La espora (a), tiene color marrón amarillento, consta de dos a tres paredes, se identifica como *Glomus dimorphicum*. (b), color amarillo, de forma globosa, consta de tres paredes parecida a *Acaulospora* sp. (c) *Glomus* sp., color amarillo- naranja, de forma globosa y con una pared. (d) se identifica como *Glomus microaggregatum*, la cual presenta color amarillo palido o amarillo- castaño, de forma globosa subglobosa irregular y puede tener de una a dos paredes, Oehl *et al.* (2011).

La de la espora (e) se identificó como *Glomus geosparum*, de color amarillo-castaño hasta naranja-café oscuro, tiene forma globos a subglobosa irregular y consta con tres paredes, (f) *Glomus* sp., de color amorillo- anaranjado café, de forma globosa subglobosa y con una a dos paredes, (g) *Scutellospora* sp., color hialino levemente amarillo, con forma subglobosa y dos paredes, (h) *Scutellospora savannicola*, color hialino hasta castaño-gris, de forma oblonga elipsoide irregular y dos paredes y (i) *Acaulospora denticulata*, color castaño o naranja claro hasta castaño o naranja oscuro, con forma globosa subglobosa y con tres paredes (Oehl *et al.*, 2011).

En la **Error! Reference source not found.**, se identifica (j) *Paraglomus* sp., la capa externa de la pared a menudo se observa sucia, la capa de la espora cambia frecuentemente con la maduración de la espora, generalmente tiene materia orgánica acumulada en la superficie. Se pueden distinguir las hifas, pero hay algunas ocasiones que estas son tan finas que no se pueden observar o se desprenden de la espora Morton y Redecker (2001).

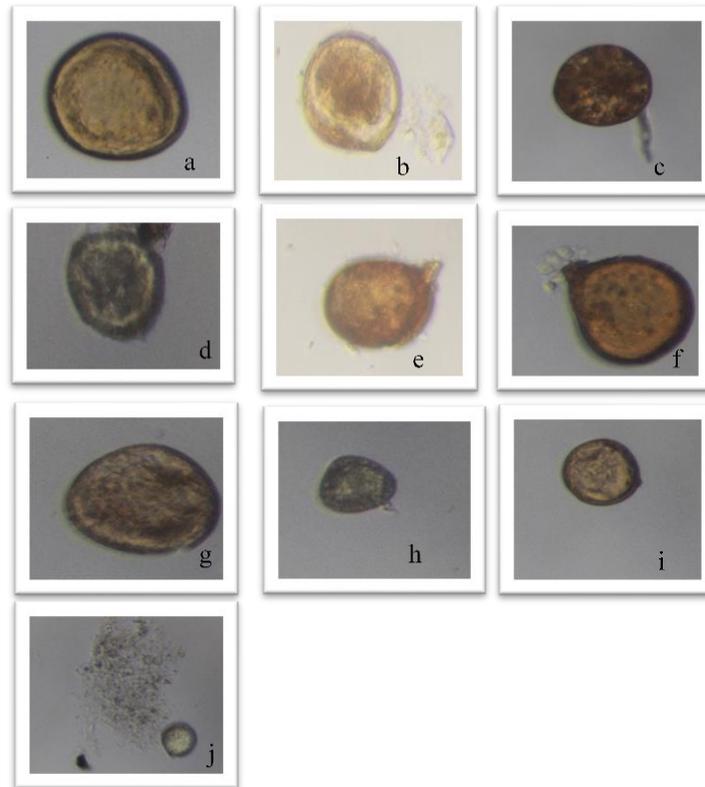


Figura 4. a) *Glomus dimorphicum*, b) *Acaulospora* sp., c) *Glomus* sp., d) *Glomus microaggregatum*, e) *Glomus geosparum*, f) *Glomus* sp., g) *Scutellospora* sp., h) *Scutellospora savannicola*, i) *aulospora denticulata* y j) *Paraglomus* sp., Morton y Redecker (2001) y Oehl et al. (2011).

Con la tinción de raíces se pudo observar al microscopio estructuras de hifas y vesículas, Figura 5, siendo estas comparadas con estudios.

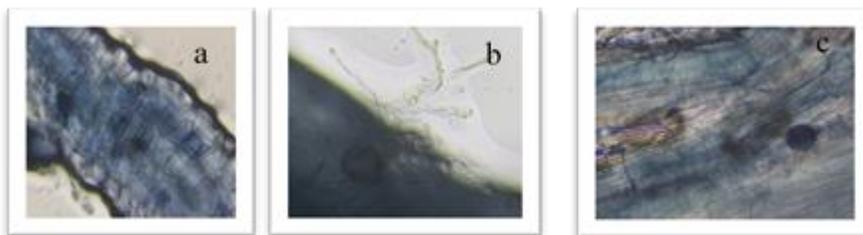


Figura 5. a) raíz con vesícula, b) raíz con hijas y c) raíz con vesícula.

PCR DE LAS MICORRIZAS AISLADAS Y CARACTERIZADAS

Con la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en muestras de raíces, se amplificó la región del gen 18S ribosomal y se encontró una amplificación de una banda de ADN entre 1,500 a 2,000 pares de bases, lo cual coincide con un trabajo de Clapp *et al.* (1995), utilizando primer universales de eucariontes. Se muestra desde derecha a izquierda la Muestra 1 es el marcador molecular de 50 bp. Las muestras 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 12, se observó que amplificaron. La primera banda del marcador es de 3,000 pb, las demás son 2000pb y 1000 pb. La zona de amplificación de las muestras estuvo entre 2000pb y 3000pb.

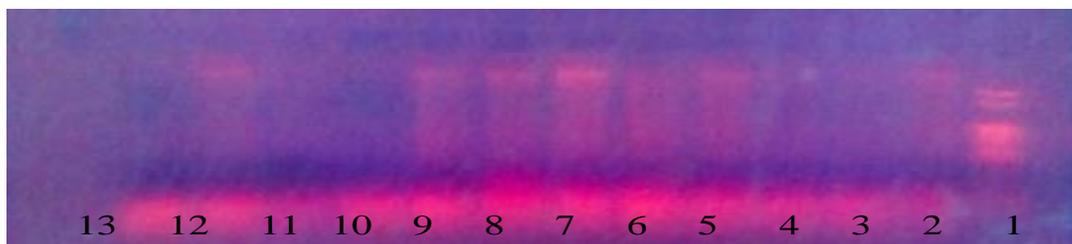


Figura 6. Primera prueba de PCR con varias muestras positivas para la presencia del género *Glomeromycota*.

En la segunda prueba de PCR se observó que la Muestra 11 tiene una zona de amplificación para el género *Glomus* sp., la cual se encuentra entre 150-100 bp, Figura 7, reportadas por Serralde y Ramírez (2004), quienes amplificaron productos de aproximadamente 190 pb para el género *Glomus*. Simón *et al.* (1993) obtuvieron fragmentos de 188 pb para tres especies de *Glomus*, lo que indicó que el ADN extraído de las muestras estaba asociado al ADN de las micorrizas. Se logró amplificar una región del ADNr 18S. Se puede confirmar que el género *Glomus* está asociado en las raíces de pasto en fincas ganaderas.

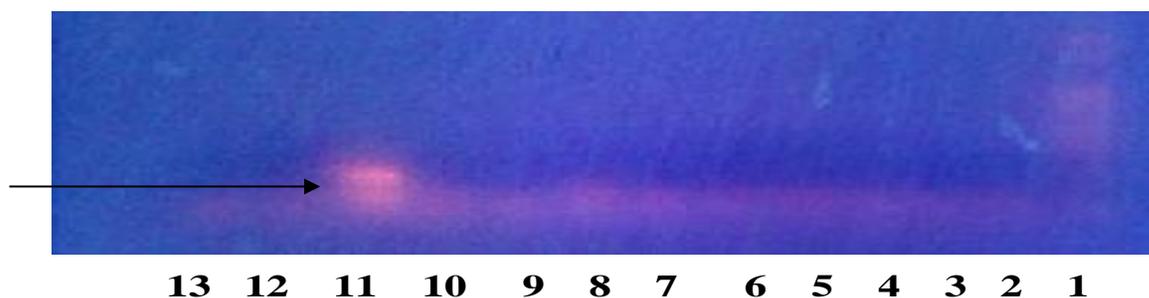


Figura 7. Segunda PCR positivo para el género *Glomus* sp.

CONCLUSIONES

Todas las fincas muestreadas presentaron simbiosis del pasto con HMA y presencia de esporas en el suelo. Se identificaron 9 morfotipos de micorrizas: *Glomus* sp, *Glomus microaggregatum*, *Scutellospora* sp, *Scutellaspores avannicola*, *Acaulospora denticulata*, *Glomus geosparum*, *Glomus dimorphicum*, *Acaulospora* sp. y *Paraglomus* sp., Siendo el género *Glomus* sp el más abundante. Al final del estudio, se pudo demostrar la no relación significativa entre las variables físico-químicas del suelo y la presencia o ausencia del género de micorrizas *Glomus*. En términos moleculares con la primera PCR se amplificó la región del gen 18S ribosomal en las muestras 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 12, lo que indica que hay presencia de la familia *Glomeromycota* y con la segunda PCR se identificó la presencia del género *Glomus* sp. de la Muestra 11.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt) por el apoyo al proyecto "Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de Micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la línea noroeste", a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt).

LITERATURA CITADA

- Barea, J. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality . En antonie van leeuwenkoek 81. Pp 343-351.
- Clapp, J.; Fitter, A.; Young, J. 1995. Ribosomal small subunit sequence variation within spores of an arbuscular mycorrhizal fungus *Scutellospora* sp. *Molecular Ecology* 8: 915–921.
- Doyle, J. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12(1): 13–15.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Perspectivas para el medio. Pp 75-81.
- Gerdemann, N. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet-sieving and decanting. *transactions of the British Mycological Society*. Pp 235-244.
- Gerdemann, J.; Trappe, J. 1974. the Endogonaceae in the pacific Northwest. *Mycol. men.* Pp. 1-76.
- Gianinazzi, S.; Schuepp, H. 1994. Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. Berlin: Springer Basel AG.
- Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. *FEMS Microbiol. Ecology* 32 :91-96.
- Irrazabal, G.; Schalamuk, S.; Velázquez, M.; Cabello, M. 2005. Especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares: nuevas citas para la República Argentina. (En línea). Revisado el 12 de febrero del 2016. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722005000100003
- Klironomos, J. 2003. Variation in plant response to native and Exotic Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Ecology* 84 (9): 2292-2301).
- Marx, C.; Dexheimer, J.; Gianinazzi-Pearson, V. 2004. Enzymatic studies on the metabolism of vesicular-arbuscular mycorrhizas IV. Ultracytoenzymological evidence (ATPase) for active transfer processes in the host-arbuscular interface, *New Phytol.* 90:37-43.
- Merryweather, J.; Fitter, A. 1994. The arbuscular mycorrhizal fungus of hyacinthoides non-scripta II. Seasonal and spatial patterns of fungal populations. *New Phytologist* 138: 131-142.
- Oehl, D.; Tomio, B.; Sieverding, E. 2011. Glomeromycota: Three New Genera and Glomoid Species Reorganized. *Mycotaxon* 116 (1): 75-120.
- Peña-Venegas, C.; Cardona, G.; Mazorra, A.; Arguellez, J.; Arcos, A. 2006. Micorrizas arbusculares de las amazonia colombiana. Obtenido de catálogo ilustrado del Instituto Amazónico de investigaciones Científicas SINCHI. (En línea). Revisado el 12 de febrero 2016. Disponible en: https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/catalogo_micorrizas%20para%20web.pdf
- Phillips, J.; Hayman, D. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Redecker, D.; Morton, J.; Bruns, T. 2000. Molecular phylogeny of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus sinuosum* and *Sclerocystis coremioides*, *Mycologia* 92 (2): 282-285.
- Morton, J.; Redecker, D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia* 93:181-195.
- Selosse, M.; Le Tacon, F. 1998. The land flora: a phototroph–fungus partnership? *Trends in Ecology and Evolution* 13 (1): 15-20.
- Serralde, O.; Ramírez, G. 2004. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Revista Corpoica* 5: 31-40.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agroecosystems. Editor Bremer. 371 p.
- Simón, L.; Levesque, R.; Lalonde, M. 1993. Identification of endomycorrhizal fungi colonizing roots by fluorescent single-strand conformation-polymerase chain reaction. *Applied and Environmental Microbiology*. 59: 4211-4215.

Caracterización de micorrizas autóctonas en suelo y raíces provenientes de fincas ganaderas en Montecristi, República Dominicana

Pedro Núñez^{1*}, Yeison Reyes², Luis Soto², Birmania Wagner³, Elfrida Pimentel, Adriana Bueno³ e Iris Marciano³

¹Investigador y líder del proyecto “Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de Micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la Línea Noroeste”, auspiciado por Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt). Docente Cátedra de Suelos de la Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). ²Estudiantes de la carrera de ingeniería agronómica UASD. 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”, docentes UASD. *Autor para correspondencia: pnunez@idiaf.gov.do; pnunez58@gmail.com

RESUMEN

Entre los principales problemas que afectan la ganadería dominicana están: la mala calidad de las pasturas, altos costos de materia prima para la fabricación de los alimentos concentrados y malas prácticas de manejo de la pastura, entre ellas no se tiene una cultura de fertilización de los pastos por parte de los productores. Una alternativa para la mejora de la calidad de los pastos es la fertilización con micorrizas. Este estudio se realizó en 12 fincas ganaderas bajo pastoreo de la provincia Montecristi, en el noroeste de la República Dominicana. Se realizó un muestreo en 12 fincas ganaderas bajo pastoreo y se evaluaron las variables respuestas de número de esporas y el porcentaje de colonización de micorrizas. La recolección de las muestras en cada finca fue en zig-zag. El aislamiento de esporas se hizo por el método de Gerderman y Nicholson (1963). Para la tinción de raíces se utilizó el método recomendado por Phillips y Hayman (1970). Se encontró presencia de esporas de hongos micorrízicos en suelo, al igual que en las raíces se observaron estructuras de las mismas. Se identificaron 9 morfotipos de esporas, de los cuales se caracterizaron tres géneros: *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*. Mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés), se determinó la existencia del género *Paraglomus*.

Palabras claves: PCR, morfología, géneros, pastos, ADN, micorriza, primers.

ABSTRACT

Among the main problems faced by Dominican livestock are: the poor quality of pastures, high costs of raw materials for the manufacture of concentrated feed and poor pasture management practices, among them there is no culture of fertilization of the pastures by producers. An alternative to improve pasture quality is mycorrhizal fertilization. This study was carried out in 12 grazing cattle farms in the Montecristi province, in the northwest of the Dominican Republic. A sampling was carried out in 12 cattle farms under grazing and the response variables of the number of spores and the percentage of mycorrhizal colonization were evaluated. The collection of the samples in each farm was in zig-zag. The spore isolation was done by the method of Gerderman and Nicholson (1963). For root staining, the method recommended by Phillips and Hayman (1970) was used. The presence of mycorrhizal fungi spores was found in the soil, as well as in the roots structures of the same were observed. Nine spore morphotypes were identified, of which three genera were characterized:

Glomus, *Acaulospora* and *Gigaspora*. Using the Polymerase Chain Reaction (PCR) technique, the existence of the genus *Paraglomus* was determined.

Keywords: PCR, morphology, genera, grasses, DNA, mycorrhiza, primers.

INTRODUCCIÓN

Micorriza es una asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas y ciertos hongos del suelo. Se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales. Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo, Hernández (2000).

La historia del descubrimiento y aceptación de sus beneficios de las micorrizas ha estado salpicada de períodos de avance y retroceso, muy ligados al desarrollo de la ciencia, a las tecnologías que faciliten su estudio y a las necesidades políticas y socio económicas vigentes, Sánchez de Prager (1999).

Los fertilizantes químicos son una fuente de contaminación del suelo y las aguas subterráneas si no son utilizados de manera racional y equilibrada. Desde hace algunos años se trabaja con la intención de buscar alternativas ecológicas para la fertilización de las plantas, con el objetivo de preservar el medio ambiente. El uso de biofertilizantes es una de las alternativas empleadas por el hombre para obtener mayores rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente. Se plantea que una tecnología que está vinculada con este concepto es la inoculación de las semillas con microorganismos, tales como: hongos micorrízicos y bacterias fijadoras de nitrógeno y/o solubilizadores de fósforo, los cuales producen efectos aditivos, de importancia particular en la productividad de los cultivos y en su mejor calidad fitosanitaria, además de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, Noda (2009).

Las micorrizas arbusculares se destacan como recurso microbiológico de los ecosistemas naturales en el trópico húmedo con énfasis en el ecosistema amazónico del Guaviare, Salamanca-Solis (1999). Se evalúan estrategias que permiten conservar e incrementar la eficiencia potencial de las micorrizas nativas, con el fin de mejorar la calidad nutricional de pasturas de la región. Hay métodos utilizados que influyen en la determinación de las condiciones agroecológicas, en la recolección del suelo rizosférico, en la agravación de esporas e identificación de hongos micorrízicos nativos, en la multiplicación de los mismos y en la evaluación de su efecto en la producción y calidad de forrajes. Se destaca el manejo de los pastos del género *Brachiaria*, la inoculación con micorrizas y la evaluación de producción de forraje y su calidad nutricional, Salamanca-Solis (1999).

También, hay experiencias en el uso de un producto llamado mycoral (micorriza arbuscular), que es un producto biológico 100% natural y ecológico, compuesto por un sustrato de suelo de textura franca, esporas e hifas del hongo y segmentos de raicillas infectadas, Reyes (2001).

La simbiosis entre planta y hongo le permite absorber eficientemente los nutrientes, resistir a estreses hídrico, al ataque de patógenos y a disminuir la competencia por la transferencia de carbono a través de las hifas extraradical, Simard y Durall (2004). Se puede notar en el área foliar de la planta los resultados de la simbiosis por su crecimiento, Goverde *et al.* (2000) y en su morfología y reproducción, Xiaohong y Koide (1994).

Las plantas micorrizadas se desarrollan adecuadamente en suelos infértiles, porque las hifas las ayudan a absorber los nutrientes, estas exploran una mayor cantidad de suelo que las raíces de las plantas, Rajan *et al.* (2000). Este incremento nutricional sube los niveles de clorofila, lo que a su vez aumenta la fotosíntesis, Bian *et al.* (2001).

La inoculación con micorrizas puede ser una nueva práctica complementaria para aumentar el retorno por hectárea de materia seca del pasto. Es importante conocer el impacto económico en las prácticas de siembra realizadas por pequeños o grandes productores. Las micorrizas aumentan la producción de forrajes, ya que aumenta la concentración de nutrientes dentro de las plantas, produciendo pastos de mejor mayor calidad y más nutritivo para el ganado bovino. Alrededor del 30% de la vegetación mundial está dedicada al pastoreo. Los pastos son esenciales en las explotaciones ganaderas, pero se tiene poca información sobre la relación simbiótica con las micorrizas, Avelar y Vásquez (2001).

Esta investigación tuvo como objetivo realizar una caracterización fenológica y genética de cepas autóctonas de micorrizas a partir de muestras de suelos y raíces provenientes de fincas ganaderas bajo pastoreo de la provincia de Montecristi.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El tipo de estudio realizado fue descriptivo, prospectivo y con análisis físico químicos de los suelos en las fincas seleccionadas, Tabla 1. Las muestras de suelos y raíces se obtuvieron en fincas ganaderas de los municipios de la provincia Montecristi, en la línea noroeste de la República Dominicana, ubicada en las coordenadas 19°43'03.23" latitud N y 71°27'07.51" longitud O, con una altura de 25 msnm, Figura 1.

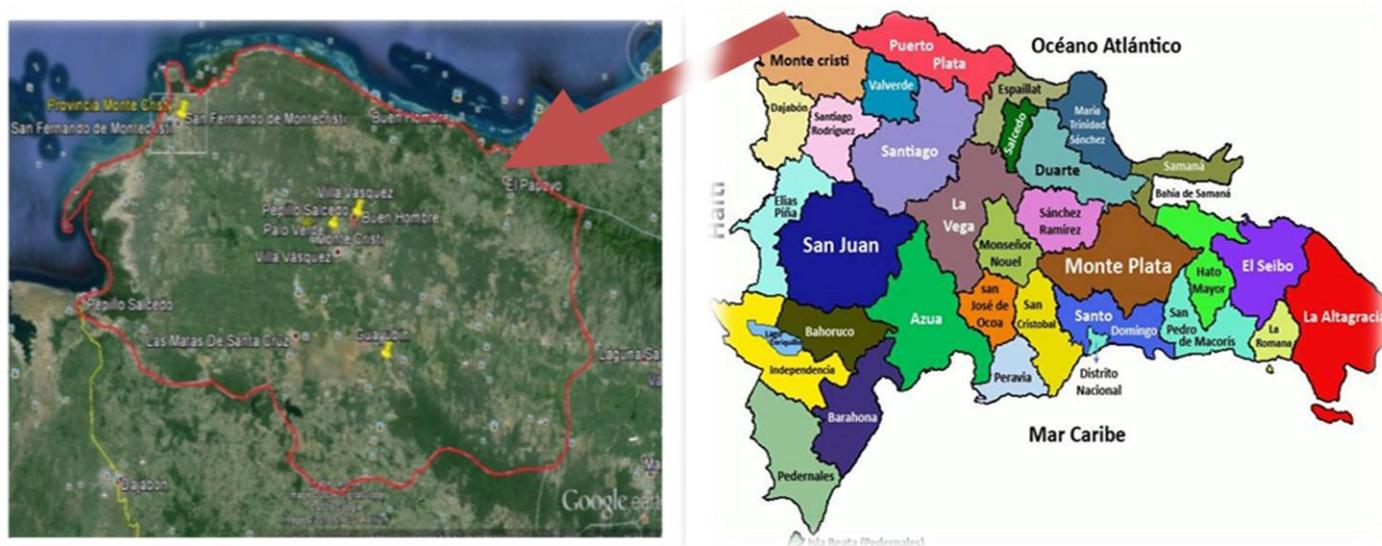


Figura. 1 Localización del estudio (Google Map).

Tabla 1. Municipios georeferenciados de fincas muestreadas.

Finca	Municipios	Coordenadas	Condiciones de los suelos de las Fincas
1	Guayubín	19Q-0254956-2192617	No perturbado
2	Guayubín	19Q-0255131-2191550	Perturbado
3	Villa Vázquez	19Q-0242447-21852224	Perturbado
4	Santa M. Pepillo Salcedo	19Q-0227226-2174404	No perturbado
5	Santa María de Manzanillo	19Q-0228759-2175441	Perturbado
6	Las Matas de Santa Cruz	19Q-0235923-2172699	Perturbado
7	Hato al Medio	19Q-0257319-2177534	No perturbado
8	Carbonera, Provincia Dajabón	19Q-0217153-2174389	No perturbada
9	Guayubín	19Q-0248299-2175129	No perturbado
10	Martin García, Guayubín	19Q-0249773-2166537	No perturbado
11	Guayubín	19Q-0249512-2173591	Perturbado
12	Santa María, Pepillo Salcedo	19Q-0227226-2174404	Perturbado

MUESTRAS

Para determinar el tamaño mínimo de muestras se utilizó la metodología planteada por Sieverding *et al.* (1991), que establece en cinco (5) el número mínimo de muestras a tomar para la determinación de poblaciones de micorrizas dentro de una parcela. El número total fue de 24, 12 muestras de suelos y doce de raíces.

Las tomas de muestras de suelos y raíces se realizaron en zig-zag a una profundidad de 0 a 20 cm con pala de corte. Las muestras fueron transportadas en fundas plásticas y colocadas dentro de una nevera portátil con hielo para asegurar la sobrevivencia de las micorrizas.

Las muestras fueron colocadas previamente en nevera para su mantenimiento, luego a temperatura ambiente para eliminar parte de la humedad, luego fueron tamizadas con malla 500, 250 y 100 micras (μ) para separar las porciones de suelo más grandes. Las raíces se separaron del suelo rizosférico para ser analizadas de forma independiente. Una codificación fue asignada a cada muestra de raíz (MR) y muestra de suelo (MS).

AISLAMIENTO, CONTEO E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPORAS

El procedimiento que se utilizó para el aislamiento y conteo de esporas del suelo fue el descrito por Gerderman y Nicholson (1963). Este método se basó en suspender la muestra de suelo en agua corriente y pasarla por varios tamices de diámetro descendente. Por lo general, se utilizan de 500, 250 y 100 micras, con la finalidad de aislar y limpiar las esporas para realizar el conteo. Cuando se utiliza este método, se debe tener precaución y evitar salpicaduras que puedan incidir en los resultados. Una vez realizado este proceso, las muestras fueron colocadas en una caja de Petri cuadrada y recorriendo cada cuadrante se determinó el número de esporas.

Para la caracterización de las esporas, se utilizó el método descrito por Schenck y Pérez (1990), que consiste en extraer una espora de la muestra de suelo utilizando una micro pipeta. Esta se coloca en

un porta objeto y se observa al microscopio las paredes germinales y sus capas, lo que permite su identificación morfológica.

Para la identificación morfológica de las esporas, se tomó en consideración las características, tales como: color, forma, número de paredes y tipo de hifa, entre otras. Mientras que para la determinación de la colonización de las esporas, se tomó en consideración la condición del suelo en términos de pH y fosforo, si el suelo estaba perturbado o no perturbado y el tipo de pasto predominante (pasto mejorado y pasto natural).

Para la tinción de las raíces se utilizó la técnica de Phillips y Hayman (1970), que incluye la tinción de raicillas para identificar la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) dentro de las mismas. La metodología para la identificación de micorriza fue mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimesasa (PCR, por sus siglas en inglés) recurriendo a los “primers” universales para eucariontes (NS1-ITS4) que amplifica el gen de la subunidad ribosomal 18S (ADNr 18S). Estos primer fueron utilizados por otros investigadores los cuales buscaron los hongos micorrizas “específico” de los Glomerales, capaz de amplificar ADN fúngico en raíces colonizadas por este tipo de hongos. El gen ribosomal 18S es la región del genoma de los Glomeromycota (hongos formadores de MA) más secuenciada para estudios de filogenia, Simón *et al.* (1993).

Para la extracción de ADN se utilizó Buffer de lisis (50 mM de Tris HCl, 50 mM EDTA pH 8; 1% de SDS y 50 mM de NaCl), proteinasa K (10 mg/ml), NaCl (5 M), TE 1X ph.8 (autoclavado), etanol o isopropanol absolutos a -20 °C y opcionalmente Rnasa A (10 mg/ml). Se usó la técnica de PCR utilizando los primers universales para eucariontes (NS1-ITS4) para el género de [Glomeromycota](#), que permitan inicialmente la amplificación del gen de la subunidad ribosomal 18S (ADNr 18S). El cóctel de reacción para esta fue de: 2 µl de ADN, 1 µl de primer f, 1 µl de primer r, 13 µl de mezcla green taq mix 2x de (promega), 8 µl de H₂O free dnase y el volumen total fue de 25 µl. Los primeros utilizados fueron: ITS4: GTCGCGTTCATCGATGC y NS5: AACTTAAAGGAATTGACGGAAG.

Estos primers son específico de los *Glomeromycota* y amplificaron el ADN fúngico en raíces colonizadas. La compañía que elaboró los oligonucleotidos fue: Bioanalytical con sede en: San Juan, Puerto Rico. La visualización del contenido del ADN fue analizada mediante la electroforesis en gel de agarosa, 1.4 % usando buffer de corrida TAE (TRIS 40 mM, pH 7.8, ácido acético 20 mM, EDTA 2 mM). El voltaje fue de 90 V por 30 minutos. Además, se agregó Bromuro de etidio para la tinción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en las 12 muestras de suelos y raíces, Figura 2. Esto coincide con la investigación realizada por Castillo y Antigua (2016), en evaluación de la población de micorrizas nativas asociadas a seis cultivares de *Brachiaria brizantha* Hochst. ex A. Rich en la Hacienda el Mamey, Higüey, provincia La Altagracia, en el este de la República Dominicana, en la cual encontró ocho morfotipos distintos de los cuales clasificó *Glomus* y *Acaulospora*.

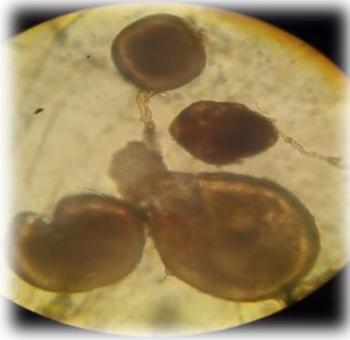


Figura 2. Muestra de espora en el suelo y vesículas en raíces.

CONTEO DE ESPORAS DE LAS MICORRIZAS

Para determinar la población de esporas en 10 g de suelo según pH y la perturbación del suelo, Anexo 6, se observa que la mayor y la menor población de esporas en esta investigación fueron encontradas bajo una condición de suelo perturbado y con un pH que oscila entre los 7.3 y 7.5, Tabla 2. En las raíces se encontraron estructuras de hongos que confirman la presencia de una micorrización. Como demostraron Rivero y Hernández (2008), quienes encontraron una colonización de hongos micorrizicos arbusculares en raíces de Angleton (*Dichanthium aristatum*).

Tabla 2. Población de esporas en 10g de suelo según pH y condiciones del suelo.

Finca	pH suelo	Número de esporas	Condición
1	7.6	803	No perturbado
2	7.9	535	Perturbado
3	7.8	715	Perturbado
4	7.4	593	No perturbado
5	7.3	1124	Perturbado
6	7.5	150	Perturbado
7	7.9	901	No perturbado
8	7.7	707	No perturbado
9	7.5	757	No perturbado
10	7.8	509	No perturbado
11	7.2	836	Perturbado
12	7.9	724	Perturbado

COLONIZACIÓN DE LAS ESPORAS EN EL SUELO POR FINCA

Para este estudio, las infecciones (A, B, M) son medias de (4) fincas cada una, Tabla 3. Donde A representa las fincas 1, 5, 7 y 11; B corresponde a las fincas 2, 4, 6, y 10 y M a las fincas 3, 8, 9 y 12. En cuanto a la colonización de esporas, se encontró diferencias estadísticamente significativas entre la infección (B) con respecto a la infección (A y M), siendo A la que presentó el mayor número de esporas con un promedio de 916/10 g de suelo y M obtuvo una media de 725.75 /10 g de suelo, para la infección (B) fue de 446.75/10 g de suelo, no encontrándose diferencias significativas entre M y A.

Tabla 3. Colonización de esporas en el suelo (Prueba de separación de medias de Rangos Múltiples de Duncan, alfa=5%)

INFECCION	Medias	n	E.E.
B	446.75	4	71.73 a
M	725.75	4	71.73 b
A	916.00	4	71.73 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ESPORAS EN SUELO

En el proceso de aislamiento de esporas se identificaron nueve (9) morfotipos distintos, los cuales solo fueron clasificados de acuerdo al género. Se encontraron esporas que, aunque pertenecían al mismo género, no presentaban la misma morfología. Para poder diferenciar los géneros se le colocó a cada una un número, Schenck y Pérez (1990) y Hernández-Morales et al. (2014).

Mediante la caracterización morfológica de las esporas de los HMA en estudio, se determinó que pertenecen a los géneros *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora*, lo cual coincide con el estudio realizado por Hernández-Morales et al. (2014), en caracterización morfológica de micorriza arbuscular asociada a *Agave potatorum*, en la cual determino seis (6) morfotipos distintos, de los cuales clasificó *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora*, destacándose el género *Glomus* por su mayor frecuencia.

Al observar las esporas al microscopio, se visualiza una espora de color café, con hifas de sostén y forma globosa y redondo sub-ovoide; la misma coincide con los estudios de Hernández-Morales et al. (2014), quien caracterizó micorriza arbuscular asociada a *Agave potatorum* y que, también, puede corresponder al género *Glomus* sp., Figura 3.

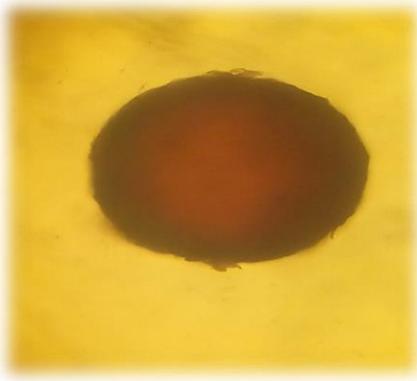


Figura 3. Espora redonda-subovoides.



Figura 4. Espora color ámbar, ambas parecida al género *Glomus* sp.

Este género se presume que es *Glomus* sp.1, al presentar características morfológicas similares a uno de los encontrados por Hernández-Morales *et al.* (2014), es de color ámbar, posee tres paredes y una hifa de sostén, Figura 4. Género *Glomus* sp. 2, presenta las características morfológicas similares a las que describe INVAM (2014), globosa, de color café rojizo oscuro, con hifa de sostén curva. Presenta tres paredes las cuales se unen con la hifa de sostén, Figura 5.



Figura 5. Espora globosa, color café rojizo oscuro parecida al 2.



Figura 6. Espora subglobosa parecida al género *Glomus* sp. 3.

Género *Glomus* sp. 3, este género presenta las características morfológicas coincidiendo con la descrita por INVAM (2014), subglobosa, de color amarillo pardo, con hifa de sostén con tres paredes, Figura 6.

Género *Gigaspora* sp. Este género presentó las características morfológicas siguientes: espora redonda a ovoide, de color amarillo oliva-cremosa, hifa de sostén es bulbosa curvada y presenta un espacio que atraviesa la primera de las dos paredes de la espóra al igual que las descripciones de INVAM (2014), Figura 7.



Figura 7. Espora redonda a ovoide parecida al género *Gigaspora* sp.



Figura 8. Espora subglobosa parecida al género *Glomus* sp. 4.

Este género posee características morfológicas similares a la descripción realizada por Hernández-Morales *et al.* (2014), espora subglobosa, color castaño oscuro, con hifa de sostén curva y dos paredes. que indica que puede ser *Glomus* sp. 4 (Figura 8). Género *Acaulospora* sp. Este género presentó las características morfológicas muy parecidas a las descritas por Hernández-Morales *et al.* (2014), espora de forma globosa, color amarillo claro, con hifa de sostén, y dos paredes (Figura 9).



Figura 9. Espora globosa parecida al género *Acaulospora* sp.



Figura 10. Espora redonda parecida al género *Glomus* sp. 5.

Género *Glomus* sp. 6, este género presentó las características morfológicas siguientes: según INVAM, 2014. Espora redondo-subovoides de color dorado, consta de cuatro paredes, todas las cuales se unen con la hifa sustentora, Figura 10 y Figura 11.



Figura 11. Espora redonda parecida al género *Glomus* sp. 6.

Estos resultados coinciden con los estudios realizados por Pérez y Peroza (2012), en micorrizas arbusculares asociadas al pasto angleton (*Dichathium aristatum* Benth) en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre-Colombia. Quienes encontraron 25 aislamientos, de los cuales el género *Glomus* mostró la mayor presencia en los suelos con la especie de pasto *Colosoana* de fincas ganaderas, también reportaron un alto número de especies del género *Glomus*, lo que indica que este es el predominante.

Tabla 4. Cuadro de análisis de la varianza de conteo de espora en 10 g suelo (SC tipo III).

FV	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	445642.17	2	222821.08	10.83	0.0040
Infección	445642	17	222821.08	10.83	0.0040
Error	185217.50	9	20579.72		
Total	630859.67	11			

FV = frecuencia, SC= suma de cuadrados, Gl = grados de libertad, CM = cuadrados medios, F valor; p = probabilidad.

La Tabla 4, muestra diferencias significativas para conteo de las esporas, muestran diferencias estadísticas significativas.

ASPECTOS DE LA COLONIZACIÓN DE MICORRIZA EN LA TINCIÓN DE RAÍCES

Al apreciar la colonización de los hongos formadores de micorrizas arbusculares en raíces, se concibieron varias estructuras similares a vesículas e hifas. Se pueden observar formaciones de vesículas en el interior de las raíces, Figura 12 y Figura 13, que pueden ser comprobadas con la investigación de Barrer (2009), en su estudio sobre los hongos HMA donde muestra vesículas observadas en raíces de palma de aceite y también concuerda con los trabajos de Monroy (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 son características de algunos géneros como *Glomus* y *Paraglomus*.



Figura 1. Estructuras de vesículas en raíz.



Figura 23. Estructura de hifas en raíces.

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LOS HONGOS MICORRÍCICOS

Como se observa en la Figura 14, para el género *Glomus* no se observan bandas ni amplificación. Esto indica que el ADN extraído de las muestras está asociado al ADN fúngico de las micorrizas. Se logró amplificar una región del ADNr 18S del género *Paraglomus*. Esto es indicativo de que las raíces están asociadas a las micorrizas y colonizan con este género, pero no se descarta que existan otros géneros más asociados a las raíces estudiadas.



Figura 14. Se muestra desde derecha a izquierda en la línea de abajo donde indica la flecha, se observaron dos muestras positivas para el género *Paraglomus*. Centro de Tecnologías Agrícolas (Centa) del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en Pantoja, Santo Domingo Oeste.

CONCLUSIONES

En las muestras de suelos y raíces se encontró presencia de esporas de hongos micorrícicos. Se identificaron nueve (9) morfotipos y tres géneros; *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*. Mediante la técnica de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), se determinó la presencia del género *Paraglomus* en raíces. Además, se determinó la presencia de hongos micorrízico en las 12 fincas estudiadas en la provincia de Montecristi, por lo que es evidente que en los suelos dedicados a la producción de pastos de la provincia Montecristi existe material genético de hongos micorrícicos con potencial para la formulación de un biofertilizante que permita aumentar la productividad y desarrollo de estas pasturas.

AGRADECIMIENTO

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

LITERATURA CITADA

- Avelar, P.; Vásquez, J. 2001. Evaluación biológica y económica del uso de Micorizas (mycoral®) en cuatro pastos. Zamorano, HN. (En Línea). Revisado el 5 de agosto 2020. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1497/1/AGN-2001-T004.pdf>
- Barrer, S. 2009. El uso de hongos micorrízico arbusculares como una alternativa para la agricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias 7(1): 123-33.
- Bian, X.; Hu, L.; Li, X.; Zhang, F. 2001. Effect of VA mycorrhiza on the turfgrass quality and mineral nutrient uptakes. Acta. Prataculturae Sinica 10: 42-46.
- Castillo, F.; Antigua, V. 2016. Evaluación de la población de micorizas nativas asociadas a seis cultivares de *Brachiaria brizantha* en la Hacienda el Mamey, Higüey, provincia La Altagracia. Tesis de grado Escuela Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO.
- Gerderman, J.; Nicolson, T. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. trans. brit. mycol. Soc. 46: 235-244.
- Goverde, M.; Van der Heijden, M.; Wiemken, A.; Sanders, I.; Erhardt, A. 2000. Arbuscular mycorrhizal fungi influence life history traits of a lepidopteran herbivore. Oecologia 125:362-369.
- Hernández, M. 2000. Las micorizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) [Tesis de maestría], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, CU. (En Línea). Revisado el 5 de agosto 2020. Disponible en: <http://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/3772/Las%20micorizas%20y%20las%20bacterias%20rizosf%C3%A9ricas%20como%20complemento%20en%20la%20nutrici%C3%B3n%20del%20tomate.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández-Morales, J.; López-Sánchez, C.; Palma-Cruz, F. 2014. Caracterización morfológica de micorriza arbuscular asociada a *Agave potatorum* Zucc. con potencial de uso agronómico. Revista Mexicana de Agroecosistemas 1 (2): 82-93. (En Línea). Revisado el 5 de agosto 2020. Disponible en: https://nanopdf.com/download/caracterizacion-morfologica-de-micorriza_pdf
- INVAM. (International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi, US) 2014. Collections of the International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi). West Virginia University, West Virginia, US. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: <http://invam.wvu.edu/>
- Monroy, J. 2013. Influencia de las coberturas en cultivos de cítricos sobre los hongos formadores de micorizas arbusculares en Oxisoles del piedemonte llanero colombiano. Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria 14 (1): 53-65. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/343/419>

- Noda, Y. 2009. Las micorrizas: una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. Estación experimental de pastos y forrajes "Indio Hatuey", Cuba. Pastos y Forrajes 32(2). (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001&lng=es&nrm=iso&lng=es
- Pérez, A.; Peroza, C. 2012. Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angleton (*Dichanthium aristatum* Benth) en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre-Colombia. Revista MVZ Córdoba 18 (1): 3362-3369. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/693/69325829016.pdf>
- Phillips, J.; Hayman, D. 1970. Improved procedures for clear ringroots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. Trans. Brit. Mycol. Soc. 55:158-161.
- Rajan, S.; Reddy, B.; Bagyaraj, D. 2000. Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with tectona grandis. Forest. Ecol. Manage. 126:91-95.
- Reyes, B. 2001. Mycoral®. Biofertilizante y bioprotector que favorece el desarrollo de las plantas. Programa de Biotecnología Aplicada. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Zamorano, HN. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/799/1/T2222.pdf>
- Rivero, O.; Hernández, W. 2008. Caracterización de géneros de hongos formadores de micorrizas arbusculares (h.m.a) y vesículas arbusculares (h.m.v.a) nativas, asociadas con el pasto angleton (*Dichanthium aristatum*), bajo diferentes fuentes de abonamiento en la Hacienda Casanare, municipio de Tolú, Sucre. Programa Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Sucre. 107 p. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/429/2/633.202B928.pdf>
- Salamanca-Solis, C. 1999. Las micorrizas como estrategias de mejoramiento nutricional de pasturas y especies frutales en el Departamento del Guaviare. En: Boletín Técnico CORPOICA No. 20. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/21177/40715_26159.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez de Prager, M. 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Endomicorrizas-en-agroecosistemas-colombianos-Prager/f7ef51932ed7709bfabf391e29f81c0e4c115257>
- Schenck, N.; Pérez, Y. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi, Synergistic Publication, Gainesville, FL. 286 p.
- Schubler, A.; Schwarzott, D.; Walker, C. 2001. A new fungal Phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research 105:1413-1421.
- Simard, S.; Durall, D. 2004. Mycorrhizal networks: A review of their extent, function and importance. Can J. Bot. 82:1140-65.
- Simón, L.; Bousquet, J.; Levesque, R.; Lalonde, M. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. Nature 363:67-69.
- Xiaohong, L.; Koide, R. 1994. The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. New Phytol. 128:211-218. (En Línea). Revisado el 4 de diciembre 2014. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1994.tb04004.x/pdf>

Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento y calidad nutritiva de *Pennisetum purpureum* Schumach

Birmania Wagner^{1*}, Joaquín Caridad², Elfrida Pimentel³, Iris Marcano³ y Pedro Núñez³

¹ y ³ Investigadores y docentes de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Instituto de Investigaciones Agropecuaria (INIA). ² Investigador Asociado en producción animal del Instituto Dominicano de investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Proyecto "Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la línea noroeste". Mescyt/UASD. *Autor para correspondencia: birmaniwagner@yahoo.com

RESUMEN

Entre los principales problemas que afectan la ganadería dominicana están: la mala calidad de las pasturas, los altos costos de la materia prima para la fabricación de alimentos concentrados y la falta de fertilización de los pastos, entre otros. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de estiércol de bovinos y hongos micorrízica en el rendimiento de forraje y calidad nutricional de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* Schumach, estos son: Súper merker, Marafalfa, Merker morada y Clon CT-115. El estudio se realizó en la Hacienda El Mamey en Higüey, República Dominicana. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de cultivares (4) y tres fertilizantes de estiércol bovino 60 ton/ha/año y hongos micorrízicos con 40 gramos con tres repeticiones. La siembra fue en surcos, en parcelas de 20 m². Los cortes se realizaron cada 45 días después del rebrote y la aplicación de las fuentes fue después del corte. Las variables evaluadas fueron altura, rendimiento forrajero y calidad nutritiva. Los datos fueron analizados con el Programa Estadístico InfoStat (2015), se realizó el análisis de varianza y prueba de Duncan $p \leq 0.05$, para la separación de media que resultaron significativas. Los resultados indican que el cultivar Merker morada alcanzó una mayor altura de 144 cm por el efecto de la fertilización con micorriza. No hubo respuesta para el rendimiento de materia verde para los cultivares, sin embargo el cultivar Marafalfa presentó mayor porcentaje de proteína con un 14.83 en con la aplicación de hongos micorrízicos.

Palabras claves: Estiércol bovino, hongos micorrízicos, *Pennisetum purpureum*, fertilización.

ABSTRACT

Among the main problems that affect Dominican livestock are: the poor quality of pastures, the high costs of raw materials for the manufacture of concentrated feed and the lack of fertilization of pastures, among others. The objective of this work was to evaluate the effect of bovine manure and mycorrhizal fungi on the forage yield and nutritional quality of four cultivars of *Pennisetum purpureum* Schumach, these are: Super merker, Marafalfa, Purple Merker and Clone CT-115. The study was conducted at Hacienda El Mamey in Higüey, Dominican Republic. A completely randomized design was used with a factorial arrangement of cultivars (4) and three fertilizers of bovine manure 60 ton / ha / year and mycorrhizal fungi with 40 grams with three repetitions. The sowing was in rows, in plots of 20 m². The cuts were made every 45 days after regrowth and the application of the sources was after cutting. The variables evaluated were height, forage yield and nutritional quality. The data were analyzed with the Statistical Program InfoStat (2015), the analysis of variance and Duncan's test $p \leq 0.05$ were performed, for the mean separation that were significant. The results indicate that the cultivar Merker morada reached a greater height of 144 cm due to the effect of fertilization with

mycorrhiza. There was no response for the yield of green matter for the cultivars, however the Marafalfa cultivar presented a higher percentage of protein with 14.83 in with the application of mycorrhizal fungi.

Keywords: *Bovine manure, mycorrhizal fungi, Pennisetum purpureum, fertilization.*

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas de la ganadería en República Dominicana es la fertilización de los pastos, ya que menos del 10 % son fertilizados y los ganaderos que fertilizan no siguen un programa de aplicación continua, lo que provoca una reducción en la producción de forraje, afectando los índices zootécnicos del ganado y la economía de los productores y su familia.

En el manejo de forrajes tropicales existen muchos factores que se deben tomar en cuenta para lograr una alta eficiencia en la utilización del pasto producido y la máxima producción animal por unidad de superficie, siendo una de ellas la fertilización. Esta productividad debe garantizar una alta calidad y persistencia de la pastura en el tiempo, y sólo se puede obtener con el conocimiento de los aspectos externos e internos de la planta forrajera en términos de morfología y fisiología, Brink (2006).

Buelvas (2009) resalta que la fertilización tiene un efecto significativo en la producción de forraje verde y a su vez de materia seca, sea cortada a los 40, 50, 60 y 70 días, por lo tanto, es importante fertilizar los pastos para obtener un buen rendimiento de materia seca y de esta manera sostener mayor cantidad de animales por unidad de área. Otros autores como Kiehl (1985), afirman que la baja productividad de los pastos en las regiones tropicales se debe fundamentalmente a que los mismos se siembran o están establecidos en suelos ácidos, de baja fertilidad natural y bajo contenido de materia orgánica sin manejar estos factores.

El pasto es como un panel solar que, mediante la fotosíntesis, produce carbohidratos que permiten el crecimiento de hojas y rebrotes. Estos carbohidratos se almacenan en la base de los tallos, las raíces, los rizomas y los estolones; son consumidos por los animales durante el pastoreo y mantienen el pasto vivo durante los períodos de estrés. Pero los forrajes prefieren producir las hojas nuevas con los carbohidratos elaborados por las hojas viejas, en lugar de remover los que están almacenados, Brink (2006).

Este estudio se realizó con la finalidad de evaluar el efecto del estiércol de bovino y hongos micorrícico en la altura de corte, rendimiento y calidad nutricional del forraje de Marafalfa, Merker morada, Clon CT 115 y Súper merker. En el estudio se determinará el efecto de las fuentes de fertilizantes sobre la altura de corte (cm) en cultivares de *Pennisetum purpureum*; se cuantificará el rendimiento y el contenido de proteína del forraje de los *Pennisetum purpureum* por efecto de los fertilizantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN

El estudio se realizó en terrenos de La Hacienda El Mamey, Municipio Higüey, provincia La Altagracia. Geográficamente con las coordenadas DUTM: 18.651058, -68.745391; 18.650420, -68.745426, Figura 1.



Figura 1. Mapa de georreferenciación de la Hacienda El Mamey.

ESPECIE EVALUADA

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de cultivares (4) y tres fertilizantes de estiércol bovino 60 ton/ha/año y hongos micorrízicos con 40 gramos con tres repeticiones. Los cultivares utilizados fueron cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* Schumach, estos son: Súper merker, Marafalfa, Merker morada y Clon CT-115, cuya clasificación taxonómica es presentada en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del género *Pennisetum*.

CLASIFICACION TAXONOMICA

Reino	Plantae
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Sub-familia	Panicoideae
Tribus	Paniceae
Genero	<i>Pennisetum</i>
Especies	<i>Purpureum</i>

Dawson y Hatch (2002).

VARIABLES EVALUADAS

Las variables estudiadas fueron altura de planta (cm), rendimiento de forraje, porcentaje de materia seca y calidad nutricional del forraje. Para la altura de corte, se tomaron cinco medidas desde la base de la planta hasta el ápice de las hojas y promediándose luego. Para medir el rendimiento se tomó un (1 m²) metro cuadrado en el centro de la parcela y para materia seca se tomaron submuestras por tratamientos y se colocaron en horno a temperatura de 70°C durante 48 horas. El contenido nutritivo se realizó por el método Kjeldahl, se aplicó la fórmula, PC = (%) N x 6.25 para el contenido de proteína cruda.

MANEJO DEL EXPERIMENTO

Previo a la siembra se realizó un análisis de suelos y se preparó el terreno de manera convencional. Las parcelas utilizadas fueron de 20 m² de cinco hileras de plantas, separadas a metro entre parcelas, a cada parcela antes de la siembra y en el último pase de rastra se le aplicó abono comercial de la fórmula 12-24-12 para facilitar el enraizamiento del cultivo. El material de siembra usado fue a partir de tallos frescos con estacas de cuatro yemas o nudos de los cultivares de *Pennisetum*. Estos se colocaron acostados en el fondo del surco a 0.5 m entre surcos y a una profundidad de cinco cm para evitar la deshidratación. A los tres meses de establecido el experimento, se realizó un corte de homogenización de las parcelas y se realizó la aplicación de las fuentes de fertilizantes según las dosis de cada tratamiento (estiércol de bovinos en dosis de 60 ton/ha/año en tres aplicaciones de 20 ton/ha/año, ECOMIC® a una dosis de 15 kg/ha/año y un testigo con 0 kg/ha/año de estiércol de bovinos + hongos micorrízicos, Tabla 2. Los cortes fueron realizados cada 45 días a una altura de cinco centímetros sobre el suelo.

Tabla 2. Dosis de fertilizantes aplicada a los cultivares de *Pennisetum purpureum* Schumach, estos son: Súper merker, Marafalfa, Merker morada y Clon CT-115.

Fertilizantes	Dosis aplicadas	Dosis/parcela (20 m ²)
Estiércol de bovino	60 ton/ha/año en tres aplicaciones de 20 ton/ha/año.	40 kilogramos de estiércol bovino /parcela en tres aplicaciones (120 kg/20 m ²)
Hongo micorrízico*	15 kg/ha/año (recomendación INCA, Cuba).	30 gramos/20 m ²
Testigo	Sin aplicación de estiércol, hongo micorrízico	0 kg de estiércol de bovino y micorrizas

*ECOMIC® (Hongos micorrízicos arbusculares) generados por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA).

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron analizados con el programa estadístico Infostat (2015), para los datos de variables que cumplieron con los supuestos del Anova, se realizaron análisis de varianza y prueba de separación de medias con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5% de error alfa, para las variables que resultaron con diferencias significativas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ALTURA DE PLANTAS CON APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL DE BOVINO

Para la variable altura de las plantas de los cultivares en estudio, hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$), cuando se aplicó estiércol de bovino, Tablas 3. La Tabla 3, muestra que marafalfa difiere de los demás cultivares con menor altura de planta (108 cm), no existe diferencias entre Clon CT-115, Merker morada y Súper merker. Estos datos coinciden a los encontrados por Borbor (2013). Para el cultivar marafalfa con una altura de 108 cm y difiere a los reportados por Álvarez (2009), que reporta alturas de 252 cm a los 45 días.

Tabla 3. Prueba de Duncan variable altura de plantas con aplicación de estiércol de bovino.

Cultivar	Altura de planta (cm)
Marafalfa	108.00 a
Clon CT-115	129.00 b
Súper Merker	132.00 b
Merker morada	135.00 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

PORCENTAJE DE MATERIA SECA (MS) CON APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL DE BOVINOS

Se encontró diferencias estadísticas significativa entre el cultivar Súper merker respecto a Marafalfa y el Clon CT-115, sin embargo no muestra diferencia entre el Clon CT-115, Marafalfa y Merker morada. El mayor porcentaje de materia seca la obtuvo el cultivar Súper merker con un 23.67 %. Estos datos superan lo encontrado por Correa *et al.* (2004 y 2006), quienes reportaron valores de MS de pasto Marafalfa fertilizado y no fertilizado de 11.79% y 12.11% respectivamente, Tabla 4.

Tabla 4. Medias de materia seca de planta con aplicación de estiércol de bovino.

Cultivar	% Materia seca
Clón CT-115	19.00 a
Marafalfa	19.33 a
Merker morada	21.67 ab
Súper merker	23.67 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

PORCENTAJE DE PROTEÍNA CON APLICACIÓN DE FERTILIZANTE ESTIÉRCOL DE BOVINO

El cultivar marafalfa difiere significativamente de los demás cultivares con mayor porcentaje de proteína (11.30%), seguido de Merker morada con (10.20%), no existe diferencias entre Súper merker y Clon CT-115. Estos datos presentan mayor porcentaje de proteína que los reportados por Buelvas (2009), con un porcentaje de 9.81%, Tabla 5.

Tabla 5. Medias para porcentaje de proteína de planta por cultivar con aplicación de estiércol de bovino.

Cultivar	% Proteína Cruda
Súper merker	8.93 a
Clón CT-115	9.27 a
Merker morada	10.20 b
Marafalfa	11.30 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes a $p > 0.05$.

En este caso, se encontró que el cultivar Marafalfa tuvo mejor porcentaje de proteína (11.30%), seguido de Merker morada con (10.20%), con diferencia entre sí, mientras que Súper merker y Clon CT-115 son estadísticamente iguales. Estos datos presentan mayor porcentaje de Proteína que los expuestos por Buelvas (2009), con un porcentaje de 9.81%, Tabla 5.

ALTURA DE PLANTA CON APLICACIÓN DE MICORRIZAS

En este caso, se encontró que la marafalfa tuvo menor altura de plantas (114.67 cm) que los demás cultivares, mientras que no hubo diferencias estadísticas entre Súper merker y Clon CT-115, sin embargo, Clon CT-115 y Merker morada son estadísticamente iguales ($p \geq 0.05$), según Tabla 6. La altura de la planta afirma lo expresado por Álvarez (2009) que al evaluar los diferentes King grass obtuvieron valores similares.

Tabla 6. Medias de altura de planta por cultivar con aplicación de hongos micorrízico.

Cultivar	Altura de planta (cm)
Marafalfa	114.67 a
Súper merker	130.00 b
Clon CT-115	137.00 bc
Merker morada	144.00 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

PORCENTAJE DE MATERIA SECA CON APLICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS

No hubo diferencias significativas para los cultivares Súper merker y marafalfa, así como Clon CT 115 y Merker morada, Tabla 7. En este caso, se encontró que el cultivar Súper merker y marafalfa tuvieron mejor porcentaje de materia seca (23.67 y 23.33 %), que los demás cultivares. Clon CT-115, marafalfa y Merker morada son estadísticamente iguales, estos datos coinciden con lo planteado por Herrera, (1990) donde dice que la materia seca de la planta puede llegar a un 20 %.

Tabla 7. Medias de materia seca de planta por cultivar con aplicación de hongos micorrízicos.

Cultivar	% Materia seca
Clon CT-115	18.00 a
Merker morada	20.00 a
Súper merker	23.00 b
Marafalfa	23.33 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

PORCENTAJE DE PROTEÍNA CON APLICACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS

La proteína de los cultivares en estudio fue diferente significativamente ($p < 0.05$), cuando se aplicó hongos micorrízicos, Tabla 8. En este caso, se encontró que el cultivar Marafalfa presento mayor porcentaje de proteína (14.83 %), y difiere estadísticamente de los demás cultivares mientras que Súper merker y Merker morada son estadísticamente iguales y Clón CT-115 y Morada no difieren entre sí. Estos datos obtenidos son menores que los expuestos por Correa *et al.* (2004), y superior a los expresados por Molina (2005). Correa *et al.* (2004) en pasto Marafalfa obtuvo valores de proteína cruda de 18.41% y 22.05% en parcelas fertilizadas y sin fertilización respectivamente. Calderón y González (2007) y Calderón y González (2008)) obtuvieron resultados favorables con la aplicación de hongos micorrízicos.

Tabla 8. Promedio de proteína de planta por cultivar con aplicación de hongos micorrizicos.

Cultivar	% Proteína
Clón CT-115	7.50 a
Merker morada	8.40 ab
Súper merker	10.57 b
Marafalfa	14.83 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Tabla 9. Prueba de Duncan variable proteína de planta con aplicación de hongos micorrizicos.

Cultivar	% Proteína
Clón CT-115	7.50 a
Merker morada	8.40 ab
Merker	10.57 b
Marafalfa	14.83 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En este caso, se encontró que el cultivar marafalfa tuvo mejor porcentaje de proteína (14.83 %), mientras que Súper merker y Merker morada son estadísticamente iguales y Clón CT-115 y Morada no difieren entre sí. Los datos obtenidos en nuestra investigación son menores que los expuestos por Correa *et al.* (2004) y superior a los expresados por Molina (2005). Correa *et al.* (2004) en pasto marafalfa obtuvo valores de proteína cruda de 18.41% y 22.05% en parcelas fertilizadas y sin fertilización respectivamente. Estos datos muy superiores a los obtenidos en este trabajo y también superiores a los requerimientos del ganado de leche especializada se pudieron obtener por las riquezas del suelo donde se realizó su experimento. Calderón y González (2007) y Calderón y González (2008) obtuvieron resultados favorables con la aplicación de hongos micorrízico.

CONTENIDOS DE PROTEÍNA CRUDA (PC) SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTE

La PC de los cultivares en estudio fue diferente significativamente ($p < 0.05$), cuando se aplicó cero (Tabla 16 y 17). Las tablas 21 y 22 muestran los resultados de análisis donde se observa que el cultivar Marafalfa es estadísticamente superior a los demás cultivares con un mayor porcentaje de PC (12.57%), seguido de Súper merker con (10.03%) y difiere con el Clón CT-115 y Merker morada las cuales son estadísticamente iguales. Estos datos son similares a los reportados por Molina (2005) donde el contenido de PC, para el pasto Marafalfa a los 35, 45 y 60 días fue 12.46%, 10.80% y 7.12%, respectivamente. Porrás y Castellano (2006) donde reportaron valores más bajos para este cultivar (9.75 8.69 y 5.35% para 30, 45 y 60 días).

Tabla 10. Promedios de porcentaje de proteína por cultivar de planta sin aplicación de fertilizantes.

Cultivar	% Proteína
Merker morada	8.57 a
Clon CT-115	8.83 a
Súper merker	10.03 b
Marafalfa	12.57 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

CONCLUSIONES

- La altura de la planta fue influenciada por las fuentes de fertilizantes siendo el cultivar Merker morada la de mayor altura con 135 cm con estiércol de bovinos y 144 cm con hongos micorrízica.
- El cultivar marafalfa presentó el mayor porcentaje de proteína con estiércol de bovinos, hongos micorrízicos y testigo con porcentajes de 11,30, 14,83 y 12,57, respectivamente, en cuanto a la composición nutricional, con fertilización de hongos micorrízicos en comparación con los demás cultivares y tratamientos.
- La composición de materia seca fue influenciada por las fuentes de fertilizantes, siendo los cultivares Súper merker (23.67%) y marafalfa (23.33%), los que presentaron los mayores porcentajes.
- Marafalfa alcanzó un 12.57% de proteína en tratamiento testigo superando a los demás cultivares de *Pennisetum*. El rendimiento de forraje verde no fue influenciado por la aplicación de las fuentes de fertilizantes.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Producción de un biofertilizante con cepas autóctonas de micorrizas como alternativa para mejorar las pasturas en la ganadería de la línea noroeste”, financiado con fondos del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (**Fondocyt**) del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y tecnología (Mescyt).

LITERATURA CITADA

- Álvarez, J. 2009. Evaluación del comportamiento agroproductivo de tres clones del género (*Pennisetum purpureum*) en la granja "Veguilas" de la Empresa Cuenca Lechera en las Tunas. Tesis de grado.
- Brink, G. 2006. A quick lesson in plant structure, growth and regrowth for pasture-based dairy systems. US. Dairy Forage Research Center, USDA, Madison, WI. 2 p.
- Borbor, J. 2013. Evaluación agronómica y nutricional del pasto marafalfa (*Pennisetum* spp.) bajo dos métodos de propagación y tres programas de fertilización en la Parroquia Cerecita, Provincia del Guayas. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, EC.
- Buelvas, A. 2009. Evaluación de tres tipos de fertilizantes sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto marafalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a cuatro estadios de crecimientos diferentes. Tesis de grado. Universidad Nacional de Bogotá. Bogotá, CO.
- Calderón, M.; González, J. 2008. Efectos de la fertilización orgánica y la aplicación Hongos Micorrizógenos Arbusculares en pastos guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo lixiviado. [CD-ROM] XVII Congreso Científicos de INCA. La Habana, CU.
- Calderón, M.; González, P. 2007. Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum* cv.Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrizicos arbusculares. *Cultivos tropicales* 28 (3):33.
- Correa, H.; Arroyave, H.; Henao, Y.; López, A.; Cerón, J. 2004. Pasto marafalfa mitos y realidades, primera y segunda parte. *Proceeding ganadería de carne artículos técnicos Engormix* 1(3): 14-21 p.
- Correa, H. 2006. Calidad nutricional del pasto marafalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote. *Rev. Fac. Cien. Agrop. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín*, 59(1): 36- 56 p.
- Dawson, J.; Hatch, S.; 2002. A world wide web key to the grass genera of Texas. S.M. Tracy Herbarium, Department of Rangeland Ecology and Management, Texas A&M University. (en línea). Revisado el 4 de marzo 2020. Disponible en: <http://www.csdl.tamu.edu/FLORA/taes/tracy/610/index.html>
- Herrera, R.; Ramos, N. 1990. Evaluación agronómica. Dentro de: Herrera, R. (Ed). King grass. Plantación, establecimiento y manejo en Cuba. EDICA, CU. Pp 111 – 170.
- Kiehl, E. 1985. Fertilizantes orgánicos. CERES, Sao Paola, Brasil.
- Molina, S. 2005. Evaluación agronómica y bromatológica del pasto marafalfa (*Pennisetum* sp.) cultivado en el Valle del Sinú. *Rev. Fac. Nac. Agron. Colombia*, 58(1): 39-52.
- Porras, D.; Castellanos, L. 2006. Efecto de tres dosis de nitrógeno y tres edades de corte sobre el comportamiento de pasto marafalfa en zona bosque húmedo premontano. *Memorias XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal*.

Diagnóstico de *Burkholderia glumae* (Kurita y Tabei) en panículas de arroz (*Oryza sativa* L.) en la República Dominicana

Lucía Silverio¹, Máximo Halpay² y Juan Camejo¹

Investigadores en protección vegetal. ¹Centro de Tecnologías Agrícolas del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Autor para correspondencia². Correo electrónico mhalpay@idiaf.gov.do

RESUMEN

El Añublo bacterial de la panícula del arroz, ocasionado por *Burkholderia glumae*, es una enfermedad asociada al síndrome del Vaneamiento en el cultivo de arroz. En la República Dominicana, esta enfermedad fue reportada en el año 2009 por Halpay y Silverio. Se desconoce el estado actual de su diseminación de la enfermedad en el país, por tal motivo es importante implementar un sistema de evaluación de la infección de este agente fitopatógeno en semillas, ya que ésta es una de las posibles fuentes de la enfermedad en campo. Muestras realizadas en diferentes localidades del país para conocer la incidencia de la enfermedad en panículas revelaron que el 31 por ciento de las muestras estaban infectadas con la bacteria.

Palabras clave: Añublo bacterial del arroz, cereal, arroz.

ABSTRACT

Bacterial blight of the rice panicle, caused by *Burkholderia glumae*, is a disease associated with the Vanishing syndrome in rice cultivation. In the Dominican Republic, this disease was reported in 2009 by Halpay and Silverio. The current state of its dissemination of the disease in the country is unknown, for this reason it is important to implement a system for evaluating the infection of this phytopathogenic agent in seeds, since this is one of the possible sources of the disease in the field. Samples carried out in different localities of the country to know the incidence of the disease in panicles revealed that 31 percent of the samples were infected with the bacteria.

Keywords: Bacterial blight of rice, cereal, rice.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades constituyen una limitante importante en la producción del cultivo de arroz. Actualmente, las más relevantes son las causadas por bacterias. El Añublo bacterial de la panícula del arroz, causada por *Burkholderia glumae* ha aumentado su incidencia en los últimos años, Pérez y Saavedra (2011).

Burkholderia glumae, (anteriormente, *Pseudomonas glumae* (Kurita and Tabei), es una bacteria aeróbica, gran negativa, que causa la enfermedad conocida como Añublo bacterial de la panícula del arroz', la cual se expresa en la planta como una pudrición de la vaina y decoloración y esterilidad de los granos. Esta bacteria fitopatógena inicialmente coloniza la hoja

bandera del cultivo, invadiendo las espiguillas en la época de floración, hasta causar, posteriormente, la pudrición del grano.

Este patógeno fue reportado por primera vez en los años 1950 en Japón y desde entonces causa serios problemas en la producción del cultivo de arroz. Fue reportado en el 2006 en el estado de Louisiana en Estados Unidos de América, Saylor *et al.* (2006). También, en el 2006 en se reportó en Panamá, Nandakumar *et al.* (2007). También, está presente en Corea, Taiwán, en algunos países Centroamérica y Colombia.

El género *Burkholderia* registrada por primera vez en el género *Pseudomonas* es un género importante en la comunidad microbiana, se reportan más de 30 especies ocupando diferentes nichos ecológicos; pueden estar presentes en el suelo, agua, plantas, animales y humanos. Este género es de amplia distribución y se registran especies patogénicas en control biológico de hongos, biorremediación y promotoras del desarrollo de plantas, FLAR (2010). Cinco especies de este género han sido reportadas como bacterias patogénicas en plantas de importancia económica: *Burkholderia caryophylli* (Yabuuchi *et al.* 1992), *Burkholderia plantarii* (Urakami *et al.* 1994), *Burkholderia andropogonis* (Gillis *et al.* 1995), *Burkholderia gladioli* (Yabuuchi *et al.* 1992) y *Burkholderia glumae* (Urakami *et al.* 1994); de estas cinco especies que afectan plantas, *B. glumae* produce la enfermedad conocida como “Pudrición bacterial de la panícula del arroz”.

La bacteria se multiplica rápidamente y los síntomas aparecen desde la emergencia de la panícula. La incidencia de la enfermedad ha aumentado en los últimos años, siendo una gran amenaza para la producción y estabilidad de la producción de arroz en América Central y el Caribe, debido a las condiciones favorables de clima y el alto porcentaje de semillas infectadas sembradas por los agricultores del cultivo, constituyéndose así en uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción y comercialización de este cereal.

Los aislamientos de esta bacteria no son fluorescentes, pero producen pigmentos sobre el medio de cultivo King B, que permite la detección de la síntesis de pioverdina, un pigmento producido por *Burkholderia*. En los años 2008 y 2009, en monitoreos realizados por los ingenieros Máximo Halpay y Lucia Silverio, investigadores en protección vegetal con asiento en el Centro de Tecnologías Agrícolas (Centa) del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), obtuvieron aislamientos que coincidieron con las características descritas para la enfermedad conocida como Añublo bacterial de la panícula, producida por la bacteria *Burkholderia glumae*.

Se han formulado hipótesis sobre el brote de la bacteria en países de Centroamérica y del Caribe, como reciente aparición de cepas agresivas y la presencia de condiciones para el desarrollo de la enfermedad debidas al cambio climático.

Dada la importancia que ha cobrado *B. glumae* como agente fitopatógeno del cultivo de arroz en la República Dominicana y el desconocimiento de los patrones de diseminación de la enfermedad a través de la semilla infectada, se plantea su monitoreo en plantaciones comerciales. Los objetivos de este estudio fueron identificar serológicamente aislados de *Burkholderia glumae*, causante del Añublo bacterial en fincas arroceras de las regiones agrícolas norcentral, sur, este, noroeste y nordeste del país y determinar la presencia o ausencia de la bacteria en panículas de plantas de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL

Para este estudio se colectaron panículas completas de arroz sembradas por el método de inundación, en fase vegetativa de 100 a 120 días, en plantas que presentaban síntomas del ataque de la bacteria. 25 semillas con síntomas de Vaneamiento del grano, fueron clasificadas de acuerdo con diferentes grados de sintomatología de la panícula. La bacteria fue aislada de los granos que mostraban síntomas típicos de la enfermedad en un medio King B. En este medio de cultivo se obtuvieron aislamientos típicos de *B. glumae*.

Los muestreos de campo se realizaron en las provincias de Valverde, Monseñor Nouel, María Trinidad Sánchez, Hato Mayor, San Juan y San Francisco de Macorís. Se realizaron colectas de muestras en los meses de abril a septiembre. Se llevó un registro de muestras por cada área de estudio, con su geolocalización con un dispositivo GPS. Las muestras se cortaron con tijeras, previamente desinfectadas con alcohol isopropílico al 70% luego de cada corte para evitar contaminación entre las muestras. Las muestras colectadas correspondieron a las variedades 'Juma 67' y 'Prosequisa 4', las cuales fueron almacenadas en bolsas de polietileno, etiquetadas de acuerdo con la localidad y posteriormente trasladadas al laboratorio y almacenadas en refrigerador.

Se tomaron un total de 80 muestras, en 20 subzonas productoras de arroz, en etapas de floración y maduración. En el laboratorio, cada muestra fue trillada, homogenizada y maceradas en morteros de porcelana previamente esterilizados, Figura 1.



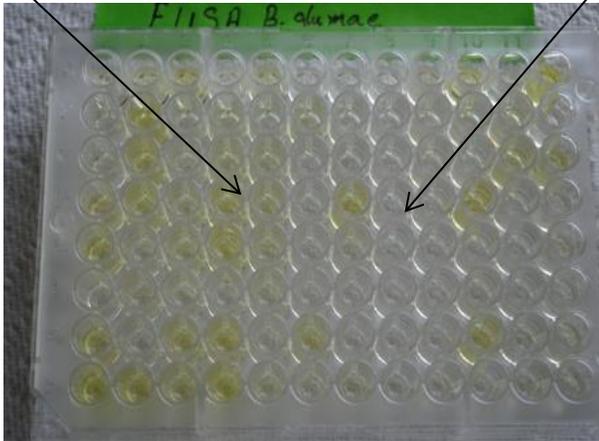
Figura 1. Preparación de las muestras para análisis

DIAGNÓSTICO

A las 80 muestras se le realizaron pruebas serológicas para el diagnóstico de la enfermedad. El macerado fue depositado en tubos de 1.5 ml y se agregó 1 ml de agua destilada estéril y se agitó con una varilla de vidrio. Se tomaron 100 μ l de solución y se colocaron en los pocillos de la placa de Elisa (enzyme-linked immunosorbent assay o ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas) y se siguió la metodología del kit comercial Agdia Incorporate, Figura 2.

**Cualquier color
desarrollado
es una muestra
positiva**

**Si no se desarrolla ningún
color es considerada negativa**



Aislados de *B. Glumae* obtenidos

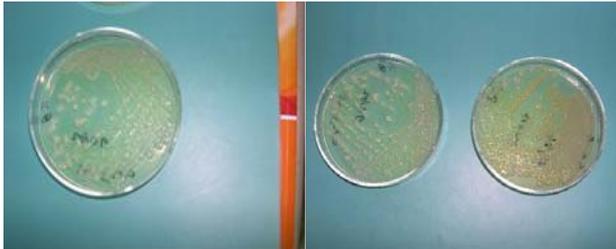
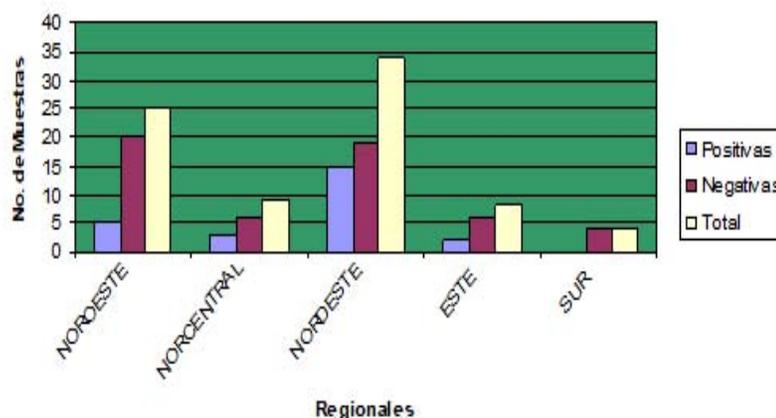


Figura 2. Respuestas esperadas de las muestras para confirmar la presencia de *B. Glumae*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las pruebas serológicas realizadas a las 80 muestras de panículas y, usando el kit de Elisa, el 31.3% de las muestras fueron positiva por la presencia de *B. glumae* y 68.8% resultaron negativas. geográficamente las regiones más afectadas fueron la regional agrícola nordeste (18.8%) y noroeste



(6.3%).

Figura 3. Resultados sobre presencia de *B. glumae* por regionales agrícolas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los resultados, se plantean las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El estudio realizado permitió identificar la incidencia de la bacteria en las principales zonas arroceras en estudio, en semillas provenientes de fincas comerciales.
- Es necesario realizar estudios con las variedades comerciales utilizadas en el país, durante todo el ciclo del cultivo y evaluar su tolerancia a la enfermedad a nivel de invernadero y en campo.
- Determinar la relación, si existe, entre la tolerancia de las variedades de arroz a *B. glumae* en el estado de plántula y en el estado de floración.
- Incorporar la evaluación de *B. glumae* en los programas de mejoramiento genético para el desarrollo o validación de nuevas variedades de arroz.
- Se debe desarrollar estudios que aborden aspectos relacionados con la interacción entre planta-patógeno en la búsqueda de métodos de prevención y control a nivel de semilla, la determinación de diferencias en la virulencia de aislamientos del patógeno, como prueba complementaria para la clasificación de la susceptibilidad/resistencia de variedades comerciales de arroz a las bacterias y la evaluación de la diseminación de la enfermedad a partir de la semilla.

- Este estudio es un aporte importante en el área de fitopatología, considerando la relevancia que ha tomado *B. glumae* en la cadena productiva del arroz en la República Dominicana.

LITERATURA CITADA

Kurita, T.; Tabei, H. 1967. On the casual agent of bacterial grain rot of rice. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 33:111

Nandakumar, R.; Shahjahan, A.; Yuan, X.; Dickstein, E.; Groth, D.; Clarck, C.; Cartwright, R.; Rush, M. 2009. *B. glumae* and *B. gladioli* cause bacterial panicle blight in rice in Sothern United States. Plant Dis. 93:896-905

Pérez, C.; Saavedra, E. 2011. Avances en el manejo integrado de la bacteria *B. glumae* en el cultivo del arroz en el caribe colombiano Rev. Colombiana Cienc. Anim. 3(1):111-124

Sayler, R.; Cartwright, R.; Yang, Y. 2006 Genetic characterization and Real time PCR detection de *B. glumae* a newly emerging bacterial pathogen of rice in USA. Plant Dis. 90:603-610

Schaad, N.; Jones, J.; Chun, W. 2001. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. 3rd ed. APS Press, Minnesota, USA

Yabuuchi, E.; Kosako, Y.; Oyaizu, H.; Yano, I.; Hotta, H.; Hashimoto, Y.; Ezaki, T.; Arakawa, M. 1992. Proposal of *Burkholderia* gen. nov and transfer of seven species of the genus *Pseudomonas* homology group II to the new genus, with the type species *Burkholderia cepacia* (Palleroni y Holmes 1981) comb. nov. Microbiol. Inmunol 36:1251-1275

Urakami, T.; Ito-Yoshida, C.; Araki, H.; Kijima, T.; Suzuki, T.; Komagata, K. 1994. Transfer of *Pseudomonas plantarii* and *Pseudomonas glumae* to *Burkholderia* as *Burkholderia* spp. and description of *Burkholderia vandii* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 44:235-245

Manejo integrado de Bacteriosis en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la República Dominicana

Yves David¹, Monfils Dieujuste¹, Rachel Gautier¹ y Máximo Halpay²

1Estudiantes de término de la carrera de Ingeniería Agronómica y ² Docente e investigador en protección vegetal, Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). ² Autor para Correspondencia aremax2@gmail.com

RESUMEN

Con el propósito de evaluar diferentes opciones para el control de la enfermedad Bacteriosis vascular de la yuca, producida por la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* (Xam), se realizó un estudio en la Estación Experimental Arroyo Loro del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en San Juan de la Maguana, República Dominicana, con el objetivo de identificar opciones sostenibles y eficientes de control de esta bacteriosis a partir de la exploración de diversos métodos, su ajuste y la difusión de técnicas de manejo y sanidad del cultivo, para el control adecuado de la enfermedad, con el menor impacto ambiental. Para el estudio se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: incidencia, severidad de la enfermedad y peso fresco de raíces. Cada unidad experimental consistió de una superficie de 24 m² con 24 plantas cada una. Los resultados muestran que los tratamientos aplicados afectaron significativamente la incidencia de la enfermedad y la producción de raíces comerciales de la yuca. Los tratamientos más rendidores fueron: la utilización de ácido oxolinico; la combinación de Estreptomycina, oxitetraciclina, sulfato tribásico de cobre; la termoterapia a 49° C durante 49 minutos y la fertilización con sulfato de amonio SO₄ (NH₄)₂, este último con un mayor número de raíces, mientras los tratamientos a base de fertilización con KCl (180kg/ha K₂O), fertilización con K₂SO₄ (180kg/ha K₂O), el testigo y el tratamiento a base de cobre P31+Cu13, presentaron los menores rendimientos.

Palabras Claves: Yuca, *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis*, enfermedad, tratamiento.

ABSTRACT

With the purpose of evaluating different options for the control of the disease Vascular bacteriosis of cassava, produced by the bacterium *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* (Xam), a study was carried out at the Arroyo Loro Experimental Station of the Dominican Institute of Agricultural and Forestry Research (Idiaf) in San Juan de la Maguana, Dominican Republic, with the aim of identifying sustainable and efficient control options for this bacteriosis from the exploration of various methods, their adjustment and the dissemination of crop management and health techniques, for the adequate control of the disease, with the least environmental impact. A randomized complete block design with eight treatments and four repetitions was used for the study. The variables evaluated were: incidence, severity of the disease and fresh weight of roots. Each experimental unit consisted of a surface area of 24 m² with 24 plants each. The results show that the applied treatments significantly affected the incidence of the disease and the production of commercial cassava roots. The most profitable treatments were: the use of oxolinic acid; the combination of Streptomycin, oxytetracycline, tribasic copper sulfate; thermotherapy at 49 C for 49 minutes and fertilization with ammonium sulfate SO₄ (NH₄)₂, the latter with a greater number of roots, while treatments based on fertilization with KCl (180kg/ha K₂O),

fertilization with K_2SO_4 (180kg/ha K_2O), the control and the copper-based treatment P31 + Cu13, presented the lowest yields.

Keywords: Cassava, Xanthomonas axonopodis pv. Manihotis, disease, treatment.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es uno de los cultivos más extendidos en el mundo, aunque su comercialización es muy reducida a escala mundial. Es básicamente un producto vegetal dedicado al autoconsumo en los países productores, en su casi totalidad países del tercer mundo, Alagoa (1970).

El cultivo de yuca constituye un renglón importante en la producción de alimentos en la República Dominicana, ya que esta raíz forma parte de la dieta diaria de la población, también, este rubro participa en los programas de exportación al igual que otros productos agrícolas tradicionales. La yuca es un producto con alta presencia en la dieta alimentaria de amplios sectores de la población no solo como producto para consumo fresco sino como producto elaborado como casabe.

La industria de la yuca está constituida por pequeñas empresas de casabe, lo cual es de gran importancia, tanto por el valor del producto como por los empleos que proporcionan y las exportaciones generadoras de divisa al país. El volumen de producción crece de manera sostenida, en los últimos años, SEA (2013) y CEI-RD (2011).

Los datos de producción para el año 2013 suministrado por la Secretaría de Estado de Agricultura (SEA), indican que en el país la producción fue de 405,227.3 toneladas métricas cultivadas en 18,170.37 hectáreas, con una productividad de 22.30 t/ha (SEA 2011). En el 2013, se exportó US\$ 254, 817.00

Las facilidades presentadas por este cultivo y su adaptación a las condiciones adversas lo hacen insustituible en las zonas rurales del país, a tal punto que la siembra de esta raíz se ha incrementado debido a la escasez de otra fuente energética nutricional o de alta producción de carbohidratos por unidad de superficie. La creciente demanda interna y distribución tanto nacional como internacional, se debe a su alto valor alimenticio.

Sin embargo, las enfermedades de la planta pueden disminuir sus rendimientos. La Bacteriosis de la yuca, que es una enfermedad endémica importante en Latinoamérica y África, se encuentra en todas las regiones donde la yuca es cultivada, Verdier *et al.* (2004) y Álvarez (2003).

La Bacteriosis vascular de la yuca o Añublo bacteriano es responsable de pérdidas importantes en la producción de yuca. Si las condiciones del medio son favorables para su desarrollo y si no se adoptan prácticas agronómicas y fitosanitaria adecuada para su control, las pérdidas pueden llegar hasta el 100%, Lozano (1986) y Restrepo (1999). Con un manejo adecuado de esta enfermedad, se puede disminuir significativamente sus efectos mejorando la productividad y la producción de las explotaciones.

El objetivo de este trabajo fue identificar opciones sostenibles y eficientes de control de la Bacteriosis vascular de la yuca a partir de la exploración de diversos métodos de manejo sobre la bacteria *Xanthomonas axonopodis pv. Manihotis* (Xam).

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN

Este estudio se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental Arroyo Loro del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en San Juan de la Maguana, provincia San Juan, en el noroeste de la República Dominicana.

Localizada geográficamente a 18° 48' latitud norte y 71° 14' longitud oeste, en una región de bosque seco subtropical. Arroyo Loro está a 419 msnm, con clima tropical, con lluvias en primavera y otoño, temperatura, precipitación media y humedad relativa de 24.8 C, 930mm y 75%, respectivamente. Tiene suelos arcillosos, con baja cantidad de materia orgánica, poco profundos, alcalinos y drenaje medio.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 8 tratamientos y cuatro repeticiones, Tabla 1. Cada parcela experimental consistió en cuatro surcos, en los cuales se sembraron 24 plantas en los cuatros hileras. En total cada parcela tuvo un área de 24 m² (6 m x 4 m), separadas entre sí por pasillos de 2 metros. El área ocupada por cada bloque fue de 192 m² con una separación de 2 m entre bloques. El área total del estudio fue de 768m².

Para la siembra, se recolectaron estacas en la estación experimental con síntomas de la enfermedad y el manejo agronómico dado al cultivo fue homogéneo, siguiendo las practicas de producción de yuca en el valle de San Juan.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Descripción
1	Fertilización con KCl (180kg/ha K ₂ O)
2	Fertilización con K ₂ SO ₄ (180kg/ha K ₂ O)
3	Fertilización con sulfato de amonio SO ₄ (NH ₄) ₂
4	Termoterapia (49° C durante 49 minutos)
5	Estreptomina, oxitetraciclina, sulfato tribásico de cobre
6	Cobre P31+Cu13
7	Ácido oxolinico
8	Testigo

VARIABLES EVALUADAS

- Incidencia y severidad de la enfermedad: se contaron las plantas de cada parcela o tratamiento y luego se evaluó el nivel de incidencia que presentaba cada parcela o tratamiento
- Peso fresco total de raíces: se pesó el total de raíces de 6 plantas de cada de cada parcela o tratamiento.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico Infostat (2013)

Modelo utilizado: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$ con $i=1 \dots a$

Donde μ corresponde a la media general, τ_i el efecto del i -ésimo tratamiento, β_j el efecto del j -ésimo bloque ($j=1 \dots b$) y ε_{ij} es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

Los errores se asumen normalmente distribuidos con esperanza cero y varianza común σ^2 . Otro supuesto que acompaña la especificación del modelo para un diseño en bloques se refiere a la aditividad (no interacción) de los efectos de bloques y de tratamientos y la homogeneidad de las varianzas de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

DESARROLLO DE RAÍCES

Los tratamientos aplicados influenciaron significativamente sobre la enfermedad para el desarrollo de las raíces, por lo que hubo respuesta diferencial en términos de la productividad o rendimiento ($p=0.0218$), con un coeficiente de variación de 18.59%, Tabla 2.

Tabla 2. Medias en rendimientos en raíces de yuca (kg/ha) de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Medias
Cobre P31+Cu13	8,03 a
Fertilización con K_2SO_4 (180kg/ha K_2O)	9,46 a b
Testigo	10,25 a b c
Fertilización con KCl (180kg/ha K_2O)	10,53 a b c
Ácido oxolinico	10,78 a b c d
Estreptomina, oxitetraciclina, sulfato tribásico de cobre	11,33 b c d
Termoterapia (49° C durante 49 minutos)	12,60 c d
Fertilización con sulfato de amonio $SO_4 (NH_4)_2$	13,70 d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

INCIDENCIA DE LA BACTERIOSIS

La correlación entre rendimiento e incidencia es significativa ($r = -0.40$, $p = 0.0230$), y está completamente determinada (0.01) por la correlación entre rendimiento y la incidencia de la enfermedad, Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de sendero (path analysis) para correlación de rendimiento con la incidencia y severidad de la enfermedad.

<i>Variable dependiente: Rend (kg); n=32</i>			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
incid. 3 %	Directa	-0,41	
incid. 3 %	severidad 3	0,01	
r total		-0,40	0,0230
severidad 3	Directa	0,20	
severidad 3	incid. 3 %	-0,03	
r total		0,17	0,3479

CONCLUSIONES

- Los tratamientos aplicados afectaron significativamente la producción de raíces de yuca en este estudio.
- Los tratamientos aplicados tuvieron efectos sobre la incidencia de la Bacteriosis de la yuca.
- Los tratamientos más rendidores fueron: la utilización de ácido oxolinico; la combinación de Estreptomina, oxitetraciclina, sulfato tribásico de cobre; la termoterapia a 49° C durante 49 minutos y la fertilización con sulfato de amonio $SO_4 (NH_4)_2$, este último con un mayor número de raíces, mientras los tratamientos a base de fertilización con KCl (180kg/ha K_2O), fertilización con K_2SO_4 (180kg/ha K_2O), el testigo y el tratamiento a base de cobre P31+Cu13, presentaron los menores rendimientos.

LITERATURA CITADA

- Alagoa, E. 1970. Long-Distance trade and state in the Niger Delta. En: Journal of African History 11(3) : 319-329.
- Alvarez, J.; Rivera, S.; Llano, G. 2003. Genetics of resistance to rot caused by *Phytophthora tropicalis* in two segregating populations of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Fitopatol. Col. 26(2):61-66.
- Ángel, F.; Arias, D.; Iglesia, C.; Roca, W. 1993. Toward the construction of a molecular map of cassava (*Manihot esculenta* Crantz): Comparison of restriction enzymes and probe sources in detecting RFLPs. J Biotechnol 31: 103-113.
- 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, Sub. Gerencia de Mercado al exportador. Santo Domingo, DO.
- Lozano, J.; Sequeira, L. 1974. Bacterial Blight of Cassava in Colombia: Epidemiology and Control. Phytopathology 64: 83-88.
- Lozano, J.; Sequeira, L. 1986. Bacterial Blight: A Manageable Disease. Plant Dis. 70: 1089-1093.
- Lozano, J.; Jayasighe, U. 1982. Problemas fitopatológicos en la yuca diseminado por semilla sexual y asexual. En: yuca: investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Pp. 485-490.
- Restrepo, S.; Veles, C.; Duque, M.; Verdier, V. 2004. Genetics Structure and Populations Dynamics of *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis* Populations in Colombia from. Appl Environ Microbiol. 70: 255-261.
- SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, DO). 2003. Poscosecha y parafinado del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Santo Domingo, DO.
- Verdier, V.; Restrepo, S.; Mosquera, G.; Jorge, V.; López, C. 2004. Recent Progress in the characterization of Molecular Determinants in the *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis*-Cassava Interaction. Plant Mol Biol. 56: 573-584.
- Verdier, V. 2002. Bacteriosis vascular (o anublo bacteriano) de la yuca causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis* .Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. (En Línea). Revisado el 2 de febrero 2019. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18094/42813_47039.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Breve visión sobre el suelo: rol, importancia, funciones, calidad e indicadores

Pedro Núñez¹, José Colucho² y Arnulfo Encina³

¹Investigador Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) y especialista en suelos de la Sociedad Dominicana de la Ciencia del Suelo (SDCS) y docente Cátedra de Suelos de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD); ²Especialista en suelos, Asociación Salvadoreña de la Ciencia del Suelo (ASCS), El Salvador y ³Especialista en suelos SOPACIS: Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo, Paraguay. *Autor para correspondencia: pnunez@idiaf.gov.do; pnunez58@gmail.com

RESUMEN

El suelo no es sólo el piso para poner los pies y el soporte para las plantas; ya que es una mezcla de partículas minerales, materia orgánica (MO), agua y aire. Este es el medio de nutrición de los cultivos y al mismo tiempo es la base de la rentabilidad de la agricultura. La humanidad enfatiza su desarrollo en base a riquezas y recursos. La importancia de mantener en el suelo un equilibrio químico, físico y biológico ha sido subestimado por los usuarios del suelo en los sistemas de producción y su efecto ha traído como consecuencia suelos pobres y sin capacidad de sostener un buen rendimiento por sí mismos; demandando prácticas de conservación y manejo para aumentar su resiliencia. Este recurso forma parte del desarrollo de nuestros países como soporte de la agropecuaria, base para el establecimiento de las infraestructuras para las industrias, medio de transporte y la comercialización de bienes y servicios (producción). Además de sus efectos positivos sobre el medio ambiente, actuando como una esponja en la retención de agua y contaminantes. Estos argumentos evidencian la necesidad de conocer el suelo, su rol, importancia, funciones, su calidad y salud, indicadores y variables de calidad. Por lo tanto, la información compilada tiene como finalidad aumentar el conocimiento en materia de suelo y su importancia para los productores y estudiosos de este recurso, tanto, en América Latina como en el Caribe, a fin de dar mayor cuidado y respeto al mismo.

Palabras claves: *suelo; rol; importancia; funciones; calidad; salud.*

ABSTRACT

Soil is not only the floor to put the feet and the support for the plants; since it is a mixture of mineral particles, organic matter (OM), water and air. This is the means of nutrition of crops and at the same time is the basis of profitability of agriculture. Humanity emphasizes its development based on wealth and resources. The importance of maintaining a chemical, physical and biological balance in the soil has been underestimated by soil users in production systems and its effect has brought poor results and no capacity to sustain a good yield by themselves; demanding conservation and management practices to increase their resilience. This resource is part of the development of our countries as a support for agriculture, the basis for the establishment of infrastructures for industries, means of

transport and the commercialization of goods and services (production). In addition to its positive effects on the environment, acting like a sponge in the retention of water and pollutants. These arguments show the need to know the soil, its role, importance, functions, its quality and health, indicators and quality variables. Therefore, the information compiled is intended to increase knowledge on soil and its importance for producers and studies of this resource, both in Latin America and the Caribbean, in order to give greater care and respect to it.

Keywords: soil; role; importance; functions; quality; Health.

INTRODUCCIÓN

Los suelos son cada vez más afectados por actividades humanas de tipo industrial, municipal y agrícola, que a menudo resultan en su degradación y pérdida o en la reducción de sus funciones. FAO (2009). En ese sentido, Garbisu *et al.* (2007) indican que el suelo se degrada como consecuencia de una serie de amenazas derivadas de las actividades humanas, tales como: (i) erosión, (ii) pérdida de materia orgánica, (iii) contaminación, (iv) impermeabilización o sellado (por la construcción de viviendas, carreteras y otras infraestructuras), (v) compactación (derivada de la utilización de maquinaria pesada, la intensidad del pastoreo, etc.), (vi) disminución de la biodiversidad, (vii) salinización, (viii) inundaciones y, finalmente, (ix) deslizamientos de tierra.

Segueda *et al.* (2011), Estrada-Herrera *et al.* (2017) y González *et al.* (2018), atribuyen un impacto de dicha degradación sobre la salud y la calidad de los suelos. La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Cruz *et al.* 2004) y está asociado a la sostenibilidad. Este enfoque demanda contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud de la tierra y de manejo sostenible de la misma, tal como se cuenta para dar seguimiento a variables sociales y económicas. Este concepto ha sido relacionado con la capacidad del suelo para funcionar; incluye atributos, tales como: fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental. El concepto es considerado como un instrumento que sirve para comprender la utilidad y salud del suelo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), definen el suelo como un recurso natural único, pero a veces ignorado al poner en práctica políticas y agendas de desarrollo, aun siendo el recurso principal que sustenta muchas de las economías agrícolas mundiales (Gandi *et al.* 2014). Es decir, el suelo tiene múltiples funciones, roles, importancia, propiedades y significados.

Funciones como: (1) promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible); (2) atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental) y (3) favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Karlen *et al.*, 1997). En ese sentido, los estudios de la ciencia del suelo plantean la necesidad de conocer el suelo, sus funciones y propiedades para poder protegerlo de las actividades antrópicas. En ese sentido, FAO (2009) plantea que esta ciencia es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas. Por tales razones, se realizó esta revisión bibliográfica, a fin de abordar sobre el suelo, su rol, importancia, funciones y manejo en zonas degradadas y una sección final sobre calidad y salud de suelos e indicadores.

MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente compilación bibliográfica es un análisis reflexivo de informaciones publicadas en torno al suelo, producto de la necesidad de aumentar el conocimiento sobre este recurso y su importancia, tanto en América Latina como en el Caribe, con énfasis en el fortalecimiento de las academias que enseñan agronomía y en especial asignaturas vinculadas al suelo con énfasis en una mayor sostenibilidad. La compilación responde la necesidad de difundir el conocimiento edafológico, en las aulas y también fuera de ellas, requiriendo la participación activa del colectivo docente de materias relacionadas con la Enseñanza en Ciencias de la Tierra (ECT), como lo sugiere Aparicio (2015). En la investigación se realizó una búsqueda de literatura sobre el suelo, su rol, importancia, funciones y manejo en zonas degradadas.

En esta recopilación se utilizaron varias bases de datos científicas de revistas indexadas, así como el uso de las fuentes de información de diversas bibliotecas nacionales e internacionales y páginas webs utilizando palabras claves y revisando bases de datos relevantes. La información recopilada sobre el suelo fue incorporada en este documento para fines de consulta y contribución a la agricultura de la región. Además, se incorporan informaciones no publicadas e imágenes relacionadas al suelo y su manejo provenientes de varios países de la región.

EL SUELO: ROL, IMPORTANCIA, FUNCIONES, CALIDAD E INDICADORES

CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE EL SUELO

De acuerdo con la Comisión Europea (2014), el suelo es un recurso de gran importancia a nivel global y en el caso de Latinoamérica y la región del Caribe (LAC) se considera fundamental para cubrir las necesidades de una población humana en continuo y rápido crecimiento, Gandi *et al.* (2014). Concepto un poco diferente a lo expresado por FAO (2009), anteriormente. Este recurso es un medio que ofrece los nutrientes requeridos por las plantas, en forma de materia orgánica (MO) y minerales, y el sustrato que sirve de soporte para el crecimiento de sus raíces. Rosales *et al.* (2006), consideran como el hogar de muchos microorganismos, los cuales directamente o indirectamente impactan en el crecimiento de los cultivos a través de múltiples funciones, entre las que sobre salen la descomposición de la MO en nutrientes disponibles para las plantas.

Aparicio (2015), define el suelo como un recurso indispensable para el ser humano, pero, al mismo tiempo, es un gran desconocido en nuestra sociedad. Este concepto es de preocupación, ya que, al desconocerlo, se pierde la posibilidad de conservarlo. Pues es considerado un recurso olvidado, a pesar de ser indispensable para la vida. Una visión diferente plantea Ibáñez (2010), definiéndolo como la piel viva de la tierra y diversidad espacial de las propiedades del suelo y edafodiversidad.

Desde el punto de vista edafológico, el suelo es su relación con las plantas y el entorno. En cuanto a que pedológicamente está relacionado con su formación, clasificación, morfología y taxonomía; además, de la interacción con el resto de los factores geográficos en la dinámica del ciclo geográfico. Mientras Porta *et al.* (2019) lo define como cuerpos naturales, dinámicos, vivos y con múltiples funciones, resultante de un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos sobre el medio rocoso original (roca madre) e interacción con otros procesos como la meteorización. De acuerdo

con la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (SSSA, 1965), el suelo es un material mineral no consolidado sobre la superficie terrestre que ha estado sujeto e influenciado por los factores genéticos y ambientales del material parental, clima, topografía, macro y microorganismos; todos actuando a través de un período de tiempo.

El suelo puede ser definido como un cuerpo natural proveniente de una mezcla homogénea tridimensional y dinámica de componentes sólidos (arena, limo, arcilla y materia orgánica), agua y gases (CO₂, oxígeno, etc.). Es un sistema complejo donde ocurren continuamente infinitos procesos químicos, físicos y biológicos (Gandi *et al.* 2014); se origina a partir de la descomposición de rocas o restos orgánicos por acción de factores del medio ambiente, microorganismos, animales, plantas y el ser humano, Figura 1



Figura 1. Proceso natural de formación del suelo en San Salvador, -El Salvador. Foto cortesía del doctor José Luis Colucho Ortega (2011).

Desde el punto de vista científico, el suelo constituye el objeto de estudio de la Edafología, como "ente natural organizado e independiente, con constituyentes, propiedades y génesis que son el resultado de la actuación de una serie de factores activos (clima, organismos) que actúan sobre los factores pasivos (la roca madre y el relieve), independiente del tiempo transcurrido", López (2005).

El suelo es el lugar apropiado para el establecimiento y desarrollo de las plantas, independientemente de ser utilizado en uagricultura protegida o no. En la Figura 2, se observa un invernadero artesanal, donde las plantas de pimientos (*Capsicum annuum* L.) crecen sin problema en condiciones protegidas, sin embargo, el suelo sigue siendo el mismo. En la Figura 3, se observa un cultivo de maíz con suelo preparado totalmente diferente a campo abierto, mostrándose que los cultivos crecen sin inconvenientes, lo que explica que el suelo está siendo usado como soporte de los mismos y supliendo los nutrientes requeridos por las plantas.



Figura 2. Uso del suelo en agricultura con ambiente protegido para la producción pimiento (*Capsicum annuum* L.). Foto cortesía del doctor Pedro Núñez (2011).



Figura 3. Establecimiento de cultivo de maíz en campo abierto con manejo apropiado del suelo. Foto cortesía del doctor José Luis Colacho Ortega (2011).

Por lo tanto, el suelo es crucial para el desarrollo y mantenimiento de la vida en el planeta. Para la producción de alimentos, el suelo es el soporte básico y esencial; sin éste sería difícil garantizar la producción de alimentos requeridos por la humanidad.

Desde el punto de vista de la clasificación de suelos, éstos presentan diferencias en sus características físicas (Amézquita, 2004 y Reyes, 2010), químicas (Arias *et al.* 2010), biológicas (Arias *et al.* 2010). En el caso de caracterización química y clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las llanuras aluviales del Caribe de Costa Rica, los investigadores concluyen que estos suelos se pueden agrupar por sus diferencias químicas, físicas y taxonómicas (Arias *et al.*, 2010). Por ejemplo, los suelos Inceptisoles de la zona sur de la República Dominicana son muy diferenciados en profundidad de sus horizontes y características, Figura 4. Por esta variabilidad se encuentran suelos agrícolas muy productivos o poco fértiles de baja productividad, Figura 5, por lo que existen paisajes con diferentes grados de bellezas, influyendo en los diferentes biomas (vegetaciones con características diferenciadas en color, altura o densidad, Figura 6).

Estas diferencias, que pueden notadas en distancias cortas, se deben principalmente, a factores que han participado en la formación y/o degradación del suelo (roca madre, clima, topografía, organismos y tiempo) a diferentes intensidades, Figura 7 y Figura 8.



Figura 4. Vista de perfil de suelo característico de los suelos dedicados a la producción de café. Orden Inceptisol de la localidad de El Pino, Barahona, República Dominicana. Foto cortesía doctor Pedro Núñez (2011).



Figura 5. Los sistemas de producción de vegetales en zonas de laderas tienen un efecto importante en los procesos degradativos de los suelos, tal es el caso de la zona de producción de Constanza, República Dominicana. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez (2011).



Figura 6. En los ecosistemas arroceros de Castañuela, Monte Cristi República Dominicana se puede observar la presencia de un entorno forestal favoreciendo la conservación y fertilidad de los suelos. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez (2011).



Figura 7. Suelos en proceso de erosión en zona forestal de ladera de Rancho Arriba, San José de Ocoa, República Dominicana. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez (2011).



Figura 8. Efecto de la roca madre, vegetación, erosión, actividad biológica, tiempo y clima en suelo de ladera de Rancho Arriba, San José de Ocoa, República Dominicana. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez (2011).

IMPORTANCIA DEL SUELO

La importancia del suelo está fundamentada principalmente en su uso para diferentes actividades como: ingeniería civil (construcciones), industria (elaboración de ladrillos, refractarios, extracción minera), agricultura (cultivos, pecuaria, forestal), paisajismo (parques, áreas protegidas) y geología médica, cuyo objetivo es comprender el comportamiento químico anómalo de elementos esenciales y tóxicos presentes en el suelo, como resultado de la acción de eventos geológicos (relación con la salud humana).

El suelo es un recurso natural importante que influye en el medio ambiente, la economía local, regional y mundial. De este recurso natural depende, en gran parte, no sólo la sobrevivencia y bienestar de la población actual, sino también las generaciones futuras, Figura 9.



Figura 9. Importancia del uso del suelo para diferentes actividades, social (vivienda), agrícola (cultivos), ambiental (paisaje) y económica (turismo). Sololá, GT. Foto cortesía del doctor José Luis Colacho Ortega (2010).

El suelo nutre y provee a la naturaleza. Todos los seres vivos dependemos del suelo que es el bastión fundamental para nuestra existencia. Es un cuerpo viviente, natural, dinámico, imprescindible en el apoyo y nutrición de las plantas para su desarrollo, siendo vital para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. La raza humana obtiene del suelo no sólo la mayor parte de sus alimentos, sino también fibras, maderas y otras materias primas necesarias para su desarrollo y la mejora de su calidad de vida.

El suelo tiene importante efecto sobre el desarrollo del sistema radicular de las plantas, influyendo en la producción de alimentos, Figura 2 y Figura 3. Asimismo, afecta el clima, participando en el ciclo hidrológico, al favorecer la captación e infiltración de agua a los mantos acuíferos, tal es el caso de los ríos de la República Dominicana. En la Figura 10, se observa la reducción de caudal de un río con fuerte reducción de cobertura vegetal en sus márgenes.



Figura 10. Vista parcial del río Sonador, Monseñor Nouel, República Dominicana, donde se observa una reducción del caudal, degradación del área y reducción de la cobertura y efectos negativos en el paisaje por alteración del manejo del suelo y ciclo hidrológico del agua. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez (2011).

También, es reconocida su intervención en los ciclos de los diferentes elementos químicos, en las transformaciones de energía, tanto potencial como cinética y de residuos materiales de los ecosistemas. La mayor parte de energía que almacena la materia orgánica del suelo es proveniente de la energía obtenida del sol por fotosíntesis.

El suelo influye como mitigador del cambio climático, actuando como captador de dióxido de carbono; la regulación del clima a través del desarrollo de vegetación que provee oxígeno mejorando la calidad del aire y condicionando los hábitats para la biodiversidad. Adicionalmente, el suelo favorece la posibilidad de oportunidades para la educación, investigación, recreación, producción de alimentos y materias primas, entre otros. Caso contrario, Figura 11, es un bosque natural de coníferas en Chiquimula (Guatemala), donde los árboles adultos y vegetación secundaria ha sido quemada, el suelo queda desnudo y sus capacidades de mitigación se reducen.



Figura 11. Evidencia de la influencia del tipo de suelo sobre el efecto del cambio climático en bosques naturales, Chiquimula, GT .Foto cortesía del doctor José Luis Colucho Ortega (2010).

FUNCIONES DEL SUELO

Las funciones del suelo son consideradas como aquellas capacidades que tienen los suelos relacionadas con la agricultura, el ambiente, la protección de la naturaleza y la arquitectura del paisaje (Trujillo-González *et al.* 2018). Garbisu *et al.* (2007) se refieren al término “funciones”, indicando que es muy utilizado en este contexto; no obstante, debido a sus connotaciones teleológicas y antropocéntricas, probablemente no sea el vocablo más adecuado y, por ello, podría aceptarse el concepto servicios como sinónimo, en este texto se utilizará el concepto de funciones del suelo. El suelo cumple funciones importantes, las cuales se pueden agrupar en ecológicas, ambientales, socio-económicas e histórico-cultural.

A. FUNCIÓN ECOLÓGICA Y AMBIENTAL

El microbiota del suelo es responsable por la descomposición, conversión y síntesis de sustancias orgánicas y minerales que influyen sustancialmente en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, Figura 12 y Figura 13. El suelo actúa como hábitat biológico y de reserva genética de muchas plantas, animales y organismos diversos, Figura 12.



Figura 12. Suelo arrocero mostrando efectos de proceso de óxido-reducción, favorable como hábitat biológico y de reserva nutritiva para plantas. Observándose una diferenciación de horizontes en profundidad. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez (2011).

El suelo funciona como filtro, amortiguador y transformador de los diferentes elementos que recibe del medio que lo rodea, ya sea componentes naturales o artificiales, benéficos o dañinos para la calidad de vida de la raza humana y de otras especies vegetales y animales. Es un gran captador de carbono, por lo que reduce el efecto invernadero y posibles cambios climáticos negativos en nuestro planeta. Esto es posible, gracias a que la materia orgánica producida y acumulada en el suelo retiene un importante porcentaje del carbono atmosférico absorbido por las plantas.



Figura 13. Suelo favorable a la colonización de hongos micorrizicos en el sistema radicular. Foto cortesía del doctor José Luis Colocho Ortega (2010).

b. Función socio-económica

La función socio-económica del suelo está relacionada con la producción de bienes y servicios como espacio para las casas, Figura 14, establecimiento de cultivos, Figura 15, un espacio agradable como un amanecer, establecimiento de edificaciones. En estos contextos el suelo tiene gran relevancia social a partir del impacto económico. Este impacto económico, es más o menos intenso dependiendo de su capacidad productiva, en función de sus potenciales y limitaciones edafoclimáticas. De esta manera las tierras con alto potencial productivo generarán un entorno económico y social favorable, en comparación a tierras marginales, siempre que se utilicen adecuadamente sus características y propiedades, ya sea en actividades agrícolas, forestales, ganaderas, etc., Figura 16.

Los suelos próximos a las ciudades alcanzan rápidamente plusvalía, cuando se convierten en terrenos urbanizables para actividades industriales, zonas residenciales, infraestructuras turísticas, construcción de caminos, depósito de residuos sólidos, etc., Figura 15.



Figura 14. El suelo sirve de soporte a las estructuras familiares o casas de los agricultores en las zonas rurales de República Dominicana. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez.



Figura 15. Producción de maíz asociado con habichuela en la República Dominicana, donde el productor genera divisa, protege el suelo, alimento para la familia y otros beneficios. Foto cortesía del doctor Pedro Núñez.



Figura 16. Suelos de explotación ganadera, con relieve inclinado o ladera. Foto cortesía del doctor José Luis Colucho Ortega (2009).

El suelo es una fuente de materias primas para numerosas actividades. La extracción de turba, grava, arena, arcilla, rocas, etc. es una importante y creciente función económica del suelo. Como función socio-económica de vital importancia cabe resaltar la influencia de la geología médica, la cual estudia factores geológicos ambientales relacionados a la distribución geográfica de enfermedades humanas y de animales causadas por deficiencia o toxicidad de elementos minerales existentes en el suelo.

Los chinos, egipcios, islámicos y griegos describen aplicaciones terapéuticas de rocas y minerales e implicaciones en la salud (Bunnell *et al.*, 2007). Dos mil años atrás los primero listaron 46 minerales para uso médico, Figura 17.

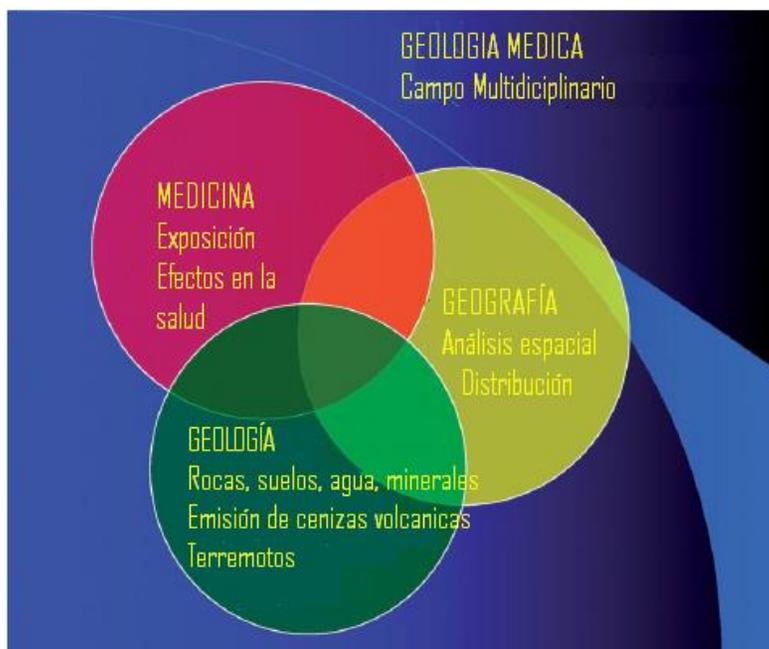


Figura 17. Concepto de geología médica (Centeno 2008).

La diversidad de factores geológicos que influyen en el comportamiento químico de los suelos, su toxicidad y la biodisponibilidad de elementos tóxicos para el hombre y la biota sugieren un seguimiento continuo interdisciplinario en la geología médica. En la cual geólogos, biólogos, ingenieros agrónomos, médicos, toxicólogos, enfermeros, sociólogos y otros profesionales deben tener metas comunes para entender la influencia edafo-geográfica en la salud humana, De la Rosa y Guimaraes (2010).

C. FUNCIÓN HISTÓRICO-CULTURAL

El territorio y los paisajes actuales constituyen la herencia de procesos climáticos, geomorfológicos y edafológicos que la naturaleza ha requerido de miles o millones de años. Sobre estos escenarios el hombre ha desarrollado numerosas actividades relacionadas con agricultura, ganadería, forestales, socio-económicos, culturales, de recreación, construcciones de grandes civilizaciones, zonas de batallas, etc., Figura 18.

Estos distintos usos del suelo constituyen actividades de gran interés para los estudiosos que tratan de conocer con mayor precisión la historia humana, a través de la arqueología (Figura 18) y por supuesto los acontecimientos geo-ambientales importantes ocurridos en las diferentes épocas geológicas, Figura 19.



Figura 18. Ruinas arqueológicas de la cultura Maya, edificados sobre suelos calcáreos. Tikal, Petén, Guatemala. Foto cortesía del doctor José Luis Colocho Ortega (2008)



Figura 19. Magma volcánico formado por diferentes rocas en la corteza terrestre, Volcán Pacaya, Guatemala. Foto cortesía del doctor José Luis Colocho Ortega (2009).

Los suelos preservan los yacimientos arqueológicos, registrando el momento de abandono del lugar a través de la cobertura de estos con la adición de una nueva capa de suelo. Esto permite la consolidación cronológica del paisaje, la génesis y evolución de un nuevo suelo, Figura 20.



Figura 20. Cadena volcánica de El Salvador, promotora de la formación de suelos agrícolas de alta fertilidad. Imágenes de volcanes de El Salvador, ASCS.

CONCEPTOS DE CALIDAD Y SALUD DE LOS SUELOS

Bautista *et al.* (2004) en su publicación sobre la calidad del suelo y sus indicadores, revisa los conceptos de calidad de suelo, contradicciones conceptuales acerca del paradigma de la calidad del suelo, Indicadores de la calidad del suelo, tipos de indicadores, variables a estudiar y condiciones. Los investigadores hacen una revisión de los principales conceptos relacionados con la calidad del suelo y sus indicadores. En ese sentido, plantean que los científicos se enfrentan al triple desafío de intensificar, preservar e incrementar la calidad de la tierra. Para ello, es necesario contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud de la tierra y de manejo sostenible.

Rosales *et al.* (2006), resalta que La “Sociedad de las Ciencias del Suelo de América (SSSA, por sus siglas en inglés) en el año 1994, indican que la calidad y salud de los suelos es la capacidad de este para funcionar; es decir, en sentido general, funcionar bien para un uso específico, igual es definida por Vallejo-Quintero (2013). Doran y Zeiss (2000) la definen como la capacidad del suelo para funcionar como un sistema vital para mantener la productividad biológica, promoviendo la calidad ambiental y manteniendo la salud humana y animal. Un concepto muy anterior, ya había sido reportado por Doran y Parkin (1994), la define como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sustentar la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat.

La calidad del suelo se conceptualiza como un vínculo entre las estrategias de conservación, las prácticas de manejo y el alcance de los principales objetivos de la agricultura sostenible, Vallejo-Quintero (2013). Mientras, Garbisu *et al.* (2007) consideran que está es una herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitoremediador. Trujillo-González *et al.* (2018) mencionan que la definición de la calidad del suelo ha sido durante mucho tiempo una cuestión difícil, debido a que los suelos presentan una elevada heterogeneidad en sus propiedades, características y funciones.

La calidad de un suelo se evalúa midiendo un grupo mínimo de datos que corresponden a diversas propiedades edáficas (Vallejo-Quintero, 2013), en ese sentido Bautista *et al.* (2004) recomiendan tres tipos de indicadores (físicos, químicos y biológicos) y desarrollan en detalle cada una de las variables a considerar en cada juego de indicadores. Los indicadores de calidad se consideran una fuente de conocimiento importante porque facilitan la formulación de estrategias y acciones para la planeación territorial; y son indispensables en la toma de decisiones de los productores, Doren y Zeiss (2000). Otra subcategoría planteada son los bioindicadores, diferentes componentes de la fauna del suelo como indicadores biológicos; estos indicadores incluyen desde la actividad de enzimas, propiedades de bacterias y hongos, la micro, meso y macrofauna, la biodiversidad total, el uso de grupos funcionales, tácticas de historia de vida, la estructura de la comunidad y los procesos del ecosistema, Bedano (2007). Los indicadores biológicos que desempeñan una función directa en los procesos de los ecosistemas, principalmente en el reciclaje de nutrientes y la agregación del suelo, son considerados los de mayor sensibilidad debido a que responden rápidamente a las perturbaciones y los cambios en el uso del suelo, Trujillo-González *et al.* (2018).

Vallejo-Quintero (2013) concluye que un indicador es una propiedad, característica o proceso que puede ser medido para detectar cambios en el sistema estudiado. Los indicadores permiten desarrollar e implementar políticas de mejoramiento o conservación de suelos, teniendo o mejorando su calidad, a la vez de revertir y contrarrestar aquellos procesos que han conducido a una degradación.

CONCLUSIONES

El concepto de suelo es muy variable y depende del usuario del recurso, ya que las diferentes disciplinas y ciencias lo consideran desde diferentes criterios, por ejemplo, un agricultor lo utiliza como un medio para generar recursos, mientras un biólogo lo observa como un laboratorio para la vida. El suelo no es un cuerpo inerte, es dinámico y es el producto de cinco factores de formación. El suelo es una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, agua y aire. Este es el medio que alimenta los cultivos y al mismo tiempo es la base para el desarrollo de la humanidad. Sin embargo, las actividades antrópicas afectan la estabilidad del suelo y podrían generar su degradación.

La definición de suelo obedece a los enfoques edafológico, pedológico y científico, enfatizando su relación con las plantas y el entorno en el caso de la Edafología, mientras en el caso de la Pedología se enfoca su formación, clasificación, morfología y taxonomía; además la interacción con el resto de los factores geográficos en la dinámica del ciclo geográfico; mientras que desde el punto de vista científico se define como un cuerpo natural auto-organizado en el tiempo y el espacio.

El suelo tiene múltiples funciones, desde un simple soporte para plantas y hábitat de organismos, como un banco de suministro de riquezas mediante el aporte de minerales; otro beneficio es en el suministro de nutrientes; esto sin considerar sus funciones en el ciclo hidrológico del agua e intervención en los ciclos de los diferentes elementos químicos, en las transformaciones de energía, tanto potencial como cinética y de residuos materiales de los ecosistemas.

El suelo promueve la productividad de los sistemas; contribuye en la reducción de contaminantes y patógenos; así como favorece la salud de plantas, animales y humanos. En el artículo se presentaron tres funciones básicas del suelo (ecológica-ambiental, económica e histórico-cultural), con una secuencia de fotos alusivas a estas tres funciones en ecosistemas productivos de la Región América Latina y El Caribe, principalmente en la República Dominicana, Guatemala y El Salvador.

La calidad y salud de los suelos es la capacidad del suelo para funcionar bien para un uso específico, como un sistema vital para mantener la productividad biológica, promoviendo la calidad ambiental y manteniendo la salud humana y animal. Se plantearon cuatro tipos de indicadores fundamentales a considerar (físicos, químicos, biológicos y visuales). Al final, se discutió una sección sobre la calidad y salud de los suelos, así como los indicadores que se consideran al evaluar dicha calidad.

AGRADECIMIENTOS

A la Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo, Paraguay (SOPACIS), a la Asociación Salvadoreña de la Ciencia del Suelo y a la Sociedad Dominicana de la Ciencia del Suelo (SDCS), República Dominicana por permitir la interacción de sus miembros a fin de generar información sobre el recurso suelo en la región. A la doctora Glenny López-Rodríguez, Investigadora Asociada del Centro Norte, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), por la revisión del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Aparicio, S. 2015. Impulso y difusión de la Ciencia del Suelo en el 2015. Año Internacional de los Suelos (AIS2015). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra 23(3): 330.
- Amézquita, C. 2004. La fertilidad física del suelo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Documento presentado en el XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la ciencia del suelo sobre "Suelo, ambiente y seguridad alimentaria", Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Cartagena de Indias, septiembre 26 a octubre 1 de 2004. 13 p.
- Arias, F.; Mata, R.; Alvarado, A.; Serrano, E.; Laguna, J. 2010. Caracterización química y clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las llanuras aluviales del Caribe de Costa Rica. Agronomía Costarricense 34(2): 177-195.
- Bautista, C.; Etchevers, B.; Del Castillo, R.; Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas, 13(2): 90-97.
- Bedano, J. 2007. El rol de la mesofauna edáfica en la evaluación de la calidad del suelo. Thuar, A., F. Cassán y C. Olmedo. De la biología del suelo a la agricultura. Universidad Nacional de Río Cuarto, AR.
- Bunnell, J.; Finkelman, R.; Centeno, D.; Selinus, O. 2007. Medical Geology: a globally emerging discipline. Geológica Acta 5(3): 273-281.
- Centeno, J. 2008. Introducing a special theme issue on medical geology. Journal of Environmental Monitoring 10(12):1391-1393.
- Cruz, A.; Barra, J.; del Castillo, R.; Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Revista ecosistemas 13(2): 90-97.
- De la Rosa, M.; Guimaraes, G. 2010. Química do Solo e Geología Médica. Congresso Mineiro de Solos, Vicoso, M.G.
- Doran, J.; Parkin, B. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, US.
- Doran, J.; Zeiss, M. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Applied Soil Ecology 15: 3-11.
- Estrada-Herrera, I.; Hidalgo-Moreno, C.; Guzmán-Plazola, R.; Almaraz Suárez, J.; Navarro-Garza, H.; Etchevers-Barra, J. 2017. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. Agrociencia 51(8): 813-831.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2009. Guía para la descripción de suelos. Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAOSWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón, Bolivia). Viale delle Terme di Caralla, Roma, Italia, 111 p.
- Garbisu, C.; Becerril, J.; Epelde, L.; Alkorta, I. 2007. Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. Ecosistemas 16(2): 44-49.

Gardi, C.; Angelini, M.; Barceló, S.; Comerma, J.; Cruz, C.; Encina, A.; Jones, A.; Krasilnikov, P.; Mendonça, B.; Montanarella, L.; Muniz, O.; Schad, P.; Vara, M.; Vargas, R. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 p.

González, J.; Pulido, J.; Mora, M. 2018. El recurso suelo; un análisis de las funciones, capacidad de uso e indicadores de calidad. RIAA 9(2): 3.

Ibáñez, J. 2010. El Concepto de suelo, su clasificación y representaciones canónicas. Suelos Ecuatoriales 4(1): 19-22.

Karlen, D.; Mausbach, M.; Doran, J.; Cline, R.; Harris, R.; Schuman, G. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America Journal 61: 4-10.

López, A. 2005. Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla. 143 p.

Porta, J.; Poch, R.; López-Acevedo, M. 2019. Edafología: uso y protección de suelos. Mundi-Prensa Libros.

Reyes, M. 2010. Caracterización del estado actual de los suelos del Departamento de León, en base a sus características físicas y sistemas de producción en el período abril 2009 a junio 2010 (Doctoral dissertation).

Rosales, F.; Pocasangre, L.; Trejos, J.; Serrano, E.; Acuña, O.; Segura, A.; Delgado, E.; Pattison, T.; Rodríguez, W.; Staver, C. 2006. Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros. 198-206. XVII Reunión Internacional de Asociaciones para la Cooperación de investigación sobre banano en el Caribe y América Latina. 15 al 20 de octubre de 2006, Brasil.

Segueda, A.; Correa, G.; Blanco, J.; Gamino, M. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. Contactos 80: 29-37.

SSSA (Soil Science Society of America, US). 1965. Glossary of Soil Science Terms. Soil Science Proceedings 29(3): 330-51.

Trujillo-González, J.; Mahecha, J.; Torres-Mora, M. 2018. El recurso suelo; un análisis de las funciones, capacidad de uso e indicadores de calidad. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 9(2): 31-38.

Vallejo-Quintero, V. 2013. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. Colombia Forestal 16(1): 83-99.

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 (1) 2020
Revista Científica Agropecuaria y Forestal