

APF

Revista Agropecuaria y Forestal

ISSN 2307-1990

Volumen 10 (2) 2021



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. 2021. Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (Sodiaf). Santo Domingo, DO. Volumen 10(2).

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

Editor en Jefe

José Richard Ortiz, Idiaf

Editor Asociado

Víctor José Asencio Cuello

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:

*Inoculación de Trichoderma, en ají
(Capsicum annum L.) en ambiente
protegido.*

Foto: Investigador J. Moya.

Revista APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, Sodiaf



Revista APF - Vol 10 No 2, 2021

Contenido y Autores

Pág.

iii Editorial

Ing. Víctor José Asencio Cuello, M.Sc.

Presidente de la Junta Directiva Sodiaf 2021-2023

Artículos Científicos

- 1-24 Influencia del sombreado y la nutrición sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de cinco variedades de tomate de mesa en ambiente protegido**
Isidro Almonte, Carlos Céspedes, Leocadia Sánchez, Noel Hernández, Pedro Núñez
- 25-40 Efecto del número de tallos/planta sobre los rendimientos y la calidad del tomate de mesa en ambiente protegido en Constanza, Republica Dominicana**
José Rodríguez y Leocadia Sánchez
- 41-56 Efectividad de cepas nativas de *Trichoderma spp.* en el control de *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium* en ají (*Capsicum annuum* L.) en ambiente protegido**
J. Moya, S. García, M. More, E. Avilés, P. Núñez y L. Matos
- 57-68 Caracterización bioquímica de cepas nativas de *Trichoderma spp.* endófitas en tomate con potencial de biocontrol de *Meloidogyne spp.***
Marisol More, Socorro García, Yency Castillo, Marianela Conce, Juan de Dios Moya, Teófila Reinoso, Pedro Núñez y Katherine Alonzo
- 69-82 Eficacia de aceites esenciales de plantas de la familia Myrtaceae en el control de la Roya del café**
Rosalba Rodríguez-Peña, Máximo Mejía, Rosina Taveras y Quisqueya Pérez
- 83-90 Estudio sobre la prolificidad de ovejas mestizas y ovejas con el gen FecB (Booroola) en la República Dominicana**
Helmut Bethancourt y Héctor Valerio-Mena
- 91-108 Influencia de la aplicación de estiércol, micorriza y fertilizante granulado en la producción y calidad del forraje de tres especies arbóreas**
Pedro Núñez, Birmania Wagner, Jean Jignore, Arcule Donatin y Eligene Paul
- 109-122 Índices de sitio (IS) para la selección y fomento de especies forestales en República Dominicana**
José Mercedes, Isidro Almonte y Pedro Núñez

NOTA TÉCNICA

- 123-128 Evaluación de aislados de *Verticillium lecanii* y *Trichoderma sp* y dos formulaciones comerciales para control de la Roya del café (*Hemileia vastatrix*) bajo condiciones de campo**
Máximo Halpay, Lucia Silverio, Ana Mateo, Ángel Pimentel y Juan Cueto

Editorial

Para la FAO los sistemas agroalimentarios en el mundo se enfrentan a enormes desafíos, estos incluyen, climas extremos, crisis económicas o los impactos persistentes de la COVID-19. Estos efectos han provocado pobreza y hambre, debido a la variación con el aumento de los precios de los alimentos y los combustibles. Las instituciones público-privadas en América Latina y el Caribe están obligadas en promover con innovaciones el medio ambiente y el bienestar de la familia rural. Para que los países puedan superar los desafíos que tienen por delante, han de aprovechar las muchas oportunidades que se presentan gracias a la constante evolución de la ciencia, de la tecnología y de la innovación. Sin embargo, son necesarios más recursos en el campo de la ciencia y la tecnología para masificar la adopción, facilitar el acceso de productores al mercado y transformar los sistemas agroalimentarios. En esta ocasión nos complace poner a disposición los trabajos realizados por investigadores en la presente publicación. En tal sentido, la Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales 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 investigaciones, la cooperación nacional e internacional y que orienta a la sociedad dominicana sobre el desarrollo científico y tecnológico del sector agropecuario y forestal. La Junta Directiva de la Sodiaf (2021-2023) se siente satisfecha nuevamente con la entrega de este nuevo número APF 10 (2), 2021 a la comunidad científica Dominicana e internacional, así como a los estudiantes, técnico y productores del país.

Ing. Víctor José Asencio Cuello, M.Sc.
Presidente de la Junta Directiva Sodiaf 2021-2023

Influencia del sombreado y la nutrición sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de cinco variedades de tomate de mesa en ambiente protegido

Isidro Almonte¹, Carlos Cespedes¹, Leocadia Sánchez², Noel Hernández³, Pedro Núñez⁴

¹Investigadores del proyecto KOPIA “Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías”. Investigadores asociados, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). ²Investigadora y líder del proyecto “Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías”. Docente en cátedras de Horticultura, Entomología I, Fitopatología I, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales. Escuela de Agronomía. Investigadora asociada, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). ³Graduado de Ingeniero Agrónomo, mención desarrollo agrícola, Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). ⁴Investigador titular Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), docente Cátedra de Suelos en , Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). *Autor para correspondencia: ialmonte@idiaf.gov.do

RESUMEN

El cultivo de tomate de mesa tiene importancia económica para la República Dominicana y producirlos en invernaderos requiere ajustes tecnológicos. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de sombra y nutrición sobre desarrollo, rendimiento, calidad de frutos e ingresos. Se usó un diseño de parcelas subdivididas, 45 tratamientos (cinco variedades, tres niveles de sombra y tres programas de fertilización), tres repeticiones. La altura de plantas, por efecto combinado variedad-sombra (S)-fertilización (F), fue mayor para variedad 'Anairis' con 159.17 cm (S60 % +F3) y menor en 'Bermello' con 104.11 cm (S60 % +F1). Para racimos/planta, 'Tremendity' produjo más con 5.58 (S0 % +F3) y 'Bermello' menos (3.56) bajo (S60 % +F3), Anairis 4.99 frutos / racimo (S30 % +F2) y Bermello 2.51 (S0 % +F3). Tremendity presentó menor peso/fruto con 137.86 g (S0 %) y mayor con 203.09 g (S30 %). 'Doterang' menor rendimiento con 14.82 t ha⁻¹ (S0 %) y Anairis mayor (44.83 t ha⁻¹) bajo S30 %. Menor calidad de frutos con diámetro 6.21 cm y longitud 6.32 cm, produjo 'Doterang' (S0 %). Mayor diámetro (6.77 cm) produjo 'Anairis' (S0 %), y 'Tremendity' la mayor longitud 6.77 cm. 'Doterang' produjo menor grados Brix con 2.88 % y 'Anairis' 4.32 %. Mayor ingreso (DOP \$ 5,131,593.88) aportó ('Belfast' + S30 % +F2). Se concluyó, que la sombra influyó el desarrollo de plantas, rendimiento y calidad de frutos, con efecto sobre temperatura y luminosidad que favorecieron las demás variedades, para mejor adaptabilidad y productividad que la 'Doterang'.

Palabras claves. Tomate, fertilización, variedades, sombra, invernaderos.

ABSTRACT

Table tomato cultivation is economically important for the Dominican Republic and producing them in greenhouses requires technological adjustments. The objective of this study was to evaluate the influence of shade and nutrition on development, yield, fruit quality and income. A subdivided plot design, 45 treatments (five varieties, three levels of shade and three fertilization programs), three replications was used. Plant height, due to the combined variety-shade (S)-fertilization (F) effect, was higher for the 'Anairis' variety with 159.17 cm (S60 % +F3) and lower for 'Bermello' with 104.11 cm (S60% +F1). For bunches/plant, 'Tremendity' produced more with 5.58 (S0 % +F3) and 'Bermello' less (3.56) under (S60 % +F3), Anairis 4.99 fruits/bunch (S30 % +F2) and Bermello 2.51 (S0 % +F3). Tremity presented lower weight/fruit with 137.86 g (S0 %) and higher with 203.09 g

(S30 %). 'Doterang' lower yield with 14.82 t ha⁻¹ (S0 %) and higher Anairis (44.83 t ha⁻¹) under S30 %. Lower quality of fruits with a diameter of 6.21 cm and a length of 6.32 cm, produced 'Doterang' (S0 %). Largest diameter (6.77 cm) produced 'Anairis' (S0%), and 'Tremendity' the largest length 6.77 cm. 'Doterang' produced lower Brix degrees with 2.88% and 'Anairis' 4.32%. Higher income (DOP \$5,131,593.88) contributed ('Belfast' + S30% +F2). It was concluded that the shade influenced the development of plants, yield and fruit quality, with an effect on temperature and light that favored the other varieties, for better adaptability and productivity than the 'Doterang'.

Keywords: Tomato, fertilization, varieties, shade, greenhouses.

INTRODUCCIÓN

La producción de vegetales bajo ambiente protegido (invernaderos) en la República Dominicana ha tomado extraordinaria preponderancia al convertirse en la mayor actividad agrícola, a partir del 2004 (Severino 2016), gracias a las potencialidades que ofrecen los invernaderos para impulsar un nuevo modelo agrícola, sustentado en alta productividad, inocuidad y calidad de los vegetales. Además, de la reducción de riesgos y alta rentabilidad (Cedaf 2012).

El concepto de cultivo protegido se refiere al que durante todo el ciclo productivo o parte de este se actúa modificando condiciones del microclima en que se desarrolla la planta, permitiendo obtener productos en tiempo y espacio fuera de lo habitual. Este concepto está estrechamente ligado a la elevada y continua incorporación de nuevas técnicas que facilitan rápida adecuación de la producción a la evolución de los mercados, incremento de producción y mejora de la calidad de productos obtenidos y facilita así, el mantenimiento de la rentabilidad del sistema productivo (Cedaf 2012).

El tomate es de las hortalizas con mayor importancia económica en la República Dominicana. Sin embargo, bajo condiciones de alta temperatura y humedad, el cultivo se ve afectado por enfermedades que inciden en la producción a campo abierto. Estas enfermedades causan reducen los rendimientos y la calidad e inclusive pueden causar la pérdida total (FAO 2013). La producción de tomate en cultivo intensivo en invernadero se apoya en la utilización de variedades capaces de producir frutos de gran calidad y con un potencial productivo destacado. Sin embargo, estos dos factores son decisivos desde el punto de vista de la rentabilidad, dependerán de la correcta aplicación o manejo del suministro de agua y de fertilización (Díaz *et al.* 1999).

Existen mallas de diferentes tipos para manejar el sombreado en invernaderos, y su elección debe ser adecuada a cada tipo de cultivo y las necesidades de sombreado de cada fase de desarrollo del mismo. La mayoría de las mallas son negras o aluminizadas, pero se pueden encontrar en otros colores. La malla de sombreado es muy eficaz junto con la ventilación para disminuir la temperatura dentro de los invernaderos, que favorecen la transpiración de las plantas. Los beneficios del sombreado son: a) reduce la radiación solar que llega a los invernaderos, con descenso de temperatura en el interior; b) reduce el exceso térmico, que mejora las condiciones vegetativas de desarrollo del cultivo, al reducir desecación del suelo y proteger contra la insolación y se regula el tiempo de maduración; c) regula la

intensidad de luz a las necesidades de cada cultivo; d) disminuye el uso de agua de riego; e) mejora la difusión de luz, y se aumenta la actividad química y se evita el manchado en hojas y frutas; f) mejora polinización, al evitar excesos de humedad y g) reduce el efecto invernadero, al minimizar diferencia entre la temperatura máxima y mínima, que mejoran la fotosíntesis.

Según Mallam de Occidente (2012), la malla sombra versus cielo abierto incrementa la productividad del tomate (kg/m^2) de 50 a 60% y mejora el precio/calidad de 10 a 15%. El 35% de los frutos producidos en invernaderos sin el uso de una malla de sombreado presenta piel agrietada, mientras en invernaderos cubiertos con una malla para sombreado 50%, solo 24% de los tomates han presentado piel agrietada. La porción de productos apta a ser comercializada resulta mayor en las plantas que crecen debajo de un 50% de sombra. Esta cantidad varía y es mayor al 9% que un invernadero sin protección en el 2003 y un 7% mayor para el 2004 y el 2005 (Obamalla 2006).

En relación a la fertilización se puede afirmar, en sentido general, que en algunos casos se aplican dosis de fertilizantes superiores a los requerimientos del cultivo. Estas aplicaciones de nutrientes pueden, en determinadas circunstancias, no ser perjudiciales para los frutos y la calidad, pero inciden en los costos de producción y, además, es una fuente de desperdicio de fertilizante (Carballo *et al.* 1994) y fuente de contaminación del suelo y mantos acuíferos subterráneos (Hochmuth *et al.* 1993); para evitarlo se recomienda el análisis del suelo. Esto permite, por una parte, determinar el tipo de suelo, contenido de materia orgánica, reserva fácilmente utilizable (RFU) y pH, en base a lo cual se tomarán las decisiones adecuadas de aporte de enmiendas y del tipo y cantidades de nutrientes a incorporar a la plantación para buscar su fertilidad y equilibrio nutricional (Díaz *et al.* 1999). Dentro de los elementos esenciales, el nitrógeno es el macronutriente que más incide sobre el rendimiento y la calidad de los productos hortícolas cosechados, sin embargo, es importante conocer la respuesta de cada cultivo y ambiente en particular a fin de hacer un uso eficiente del o los nutrientes aplicados (Núñez *et al.* 2016). Los elementos nutritivos deben aportarse en proporciones o equilibrios diferentes a lo largo del ciclo, dependiendo del estado vegetativo en que se encuentre la planta y de la propia variedad, vigor y carga de frutos (Díaz *et al.* 1999).

En estudios realizados sobre fertilización del tomate se alcanzaron producciones superiores a los 16 kg/m^2 de frutos comerciales (calibre superior a 57 mm) con la aplicación de cantidades de abono necesarios para preparar las soluciones nutritivas para la fertilización del tomate en sus diferentes estados de desarrollo. Con volumen de riego de 2 l/m^2 en las dos primeras fases y 4 l/m^2 en las tres siguientes con agua cuyo contenido de sales es despreciable (Díaz *et al.* 1999). En respuesta a productores de tomate en ambiente protegido de Constanza, con relación al manejo de sombra, fertilizantes y variedad utilizada, esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de la sombra y la nutrición sobre desarrollo, rendimiento, calidad de frutos e ingresos en el cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en un invernadero en la Estación Hortícola Constanza del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), durante el período marzo a octubre del año 2019.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño de parcelas subdivididas de 45 tratamientos y tres factores de estudio (tres niveles de sombra, cinco variedades, y tres programas de fertilización) con tres 3 repeticiones. La parcela grande fue sombra con niveles de 60, 30 y 0%, la intermedia cinco variedades de tomate de mesa: 'Bermello', 'Belfast', 'Doterang' (coreana), 'Tremendity' y 'Anairis' y la parcela pequeña son tres programas de fertilización, ver Tabla 2.

Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a1b1c1	Bermello+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T2	a1b1c2	Bermello+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T3	a1b1c3	Bermello+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T4	a1b2c1	Bermello+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T5	a1b2c2	Bermello+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T6	a1b2c3	Bermello+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T7	a1b3c1	Bermello+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T8	a1b3c2	Bermello+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T9	a1b3c3	Bermello+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T10	a2b1c1	Belfast+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T11	a2b1c2	Belfast+ 60% sombra+ programa fertilización 2
T12	a2b1c3	Belfast+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T13	a2b2c1	Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T14	a2b2c2	Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T15	a2b2c3	Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T16	a2b3c1	Belfast+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T17	a2b3c2	Belfast+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T18	a2b3c3	Belfast+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T19	a3b1c1	Coreana+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T20	a3b1c2	Coreana+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T21	a3b1c3	Coreana+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T22	a3b2c1	Coreana+ 30% sombra+ programa fertilización 1
T23	a3b2c2	Coreana+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T24	a3b2c3	Coreana+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T25	a3b3c1	Coreana+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T26	a3b3c2	Coreana+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T27	a3b3c3	Coreana+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T28	a4b1c1	Tremendity+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T29	a4b1c2	Tremendity+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T30	a4b1c3	Tremendity+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T31	a4b2c1	Tremendity+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T32	a4b2c2	Temendity+ 30% sombra+ Programa fertilización 2

T33	a4b2c3	Tremendity+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T34	a4b3c1	Tremendity+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T35	a4b3c2	Tremendity+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T36	a4b3c3	Tremendity+ 0% sombra+ Programa fertilización 3
T37	a5b1c1	Anairis+ 60% sombra+ Programa fertilización 1
T38	a5b1c2	Anairis+ 60% sombra+ Programa fertilización 2
T39	a5b1c3	Anairis+ 60% sombra+ Programa fertilización 3
T40	a5b2c1	Anairis+ 30% sombra+ Programa fertilización 1
T41	a5b2c2	Anairis+ 30% sombra+ Programa fertilización 2
T42	a5b2c3	Anairis+ 30% sombra+ Programa fertilización 3
T43	a5b3c1	Anairis+ 0% sombra+ Programa fertilización 1
T44	a5b3c2	Anairis+ 0% sombra+ Programa fertilización 2
T45	a5b3c3	Anairis+ 0% sombra+ Programa fertilización 3

Tabla 2. Programas de fertilización (1, 2 y 3) utilizados en la producción de tomate en invernadero.

Programa de fertilización 1									
Fuentes	Semanas	1 ^{ra} etapa Trasplante hasta inicio primera floración				2 ^{da} -etapa Desde el 1 ^{er} cuaje al 5 ^{to} racimo			
		1	2	3	4	5	6	7	8
Concentración		Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5- 0- 0) 19% Ca	600	600	600	600	600	600	700	750
Nitrato de potasio	(13- 0- 46)	50	50	50	50	50	50	150	150
Fosfato monopotásico	(0- 53- 34)	125	125	125	125	125	125	125	125
Sulfato de potasio	(0- 0- 50) 18% S	100	100	100	100	100	100	100	100
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	500	500	500	500	500	500	500	500
Fersan Mix Quelatado	Microelementos	95	95	95	95	95	95	95	95
Fuentes	Semanas	3 ^{ra} etapa Desde el 6 ^{to} al 10 ^{mo} racimo				4 ^{ta} etapa Cosecha			
		9	10	11	12	13	14	15	16
Concentración		Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5 0-0) 19% Ca	750	750	750	750	750	750	750	750
Nitrato de potasio	(13-0-46)	200	200	200	200	200	200	200	200
Fosfato monopotásico	(0-53-34)	125	125	125	125	125	125	125	125
Sulfato de potasio	(0-0-50) 18%S	100	100	100	100	100	100	100	100
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	500	500	500	500	500	500	500	500
Fersan Mix quelatado	Microelementos	95	95	95	95	95	95	95	95

Programa de fertilización 2									
Fuentes	Semanas	1 ^{ra} etapa Trasplante hasta inicio primera floración				2 ^{da} -etapa Desde el 1 ^{er} cuaje al 5 ^{to} racimo			
		1	2	3	4	5	6	7	8
Concentración		Gramos/m ³ /4000 m ²							
Nitrato de calcio	(15.5- 0- 0) 19% Ca	300	300	300	300	300	300	350	375
Nitrato de potasio	(13- 0- 46)	52	25	25	25	25	25	75	75
Fosfato monopotásico	(0- 53- 34)	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
Sulfato de potasio	(0- 0- 50) 18% S	50	50	50	50	50	50	50	50
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	250	250	250	250	250	250	250	250
Fersan Mix Quelatado	Microelementos	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5

Fuentes	Semanas	3 ^{ra} etapa Desde el 6 ^{to} al 10 ^{mo} racimo				4 ^{ta} etapa Cosecha			
		9	10	11	12	13	14	15	16
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5 0-0) 19% Ca	375	375	375	375	375	375	375	375
Nitrato de potasio	(13-0-46)	100	100	100	100	100	100	100	100
Fosfato monopotásico	(0-53-34)	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5
Sulfato de potasio	(0-0-50) 18% S	50	50	50	50	50	50	50	50
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	250	250	250	250	250	250	250	250
Fersan Mix quelatado	Microelementos	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5

Programa de fertilización 3									
Fuentes	Semanas	1 ^{ra} etapa Trasplante hasta inicio primera floración				2 ^{da} etapa Desde el 1 ^{er} cuaje al 5 ^{to} racimo			
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5- 0- 0) 19% Ca	900	900	900	900	900	900	1050	1125
Nitrato de potasio	(13- 0- 46)	150	150	150	150	150	150	225	225
Fosfato monopotásico	(0- 53- 34)	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5
Sulfato de potasio	(0- 0- 50) 18% S	150	150	150	150	150	150	150	150
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	750	750	750	750	750	750	750	750
Fersan Mix Quelatado	Microelementos	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5

Fuentes	Semanas	3 ^{ra} etapa Desde el 6 ^{to} al 10 ^{mo} racimo				4 ^{ta} etapa Cosecha			
		9	10	11	12	13	14	15	16
		Concentración Gramos/m ³ /4000m ²							
Nitrato de calcio	(15.5 0-0) 19% Ca	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125
Nitrato de potasio	(13-0-46)	300	300	300	300	300	300	300	300
Fosfato monopotásico	(0-53-34)	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5	187.5
Sulfato de potasio	(0-0-50) 18% S	150	150	150	150	150	150	150	150
Sulfato de magnesio	9.8% Mg- 13% S	750	750	750	750	750	750	750	750
Fersan Mix quelatado	Microelementos	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5	142.5

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm) y diámetro basal del tallo (cm), rendimiento (t ha⁻¹) y componentes del rendimiento (cantidad de racimos/planta, cantidad de frutos/racimos y peso de fruto (g), calidad (longitud de fruto (cm), diámetro de fruto (cm) y grado brix), las variables ambientales (temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), humedad del suelo (%), humedad relativa (%), presión del aire (PSI), intensidad lumínica (lux), temperatura del suelo (°C), conductividad eléctrica (mmhos/cm) y económicas (rentabilidad o ingresos económicos por tratamiento).

Análisis de los datos

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat (2018). Se realizó análisis de varianza, separación de media por Duncan al 5 % y pruebas de Kruskal Wallis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo vegetativo de las variedades de tomate de mesa en ambiente protegido

Altura de plantas en variedades de tomate de mesa

La altura de la planta (cm) fue medida al inicio de la floración, durante el desarrollo vegetativo. Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) con coeficiente de variación 3.79 % (Tabla 3). Se presentó efecto combinado entre variedades, sombra y fertilización. Este comportamiento indica que las variedades de tomate cultivadas en el invernadero expresan su potencial de crecimiento vegetativo en altura de plantas, como respuesta a la fertilización y la sombra, de manera conjunta y no de manera independiente de los factores.

En la comparación de medias por Duncan (5 %) Tabla 3, se aprecia que la variedad con menor altura (104.11 cm) fue la 'Bermello' con 60 % de sombra y programa de fertilización 1 (nivel más bajo de aplicación de nutrientes). La mayor altura (159.17 cm) se midió para la variedad 'Anairis' en la sombra de 60 % y programa de fertilización 3 (nivel más alto de fertilización), con similar comportamiento estadístico en altura (155.22 cm) con la variedad 'Bermello' bajo 30 % de sombra y el programa de fertilización 1. Se puede apreciar que las variedades mostraron crecimiento diverso en altura, tanto en niveles bajos, intermedios y altos, según la combinación en sombra y fertilización en la que se encontraba influenciada. Por tanto, la sombra y los programas de fertilización por sí solos no afectan el crecimiento vegetativo en altura de plantas de las variedades de tomate.

Tabla 3. Efecto combinado de variedades (Var), sombra (Som) y programa de fertilización (Fert), sobre la altura (cm) de las plantas de tomates de mesa.

Var	Som	Fert	Medias	n	E.E.	
Bermello	60	1	104.11	3	2.97	A
Bermello	0	3	107.44	3	2.97	A
Coreana	0	3	109.28	3	2.97	A
Belfast	30	2	112.95	3	2.97	A B
Coreana	0	2	120.44	3	2.97	B C
Coreana	0	1	121.67	3	2.97	B C D
Tremendity	60	2	122.55	3	2.97	C D E
Belfast	60	2	122.83	3	2.97	C D E
Belfast	30	1	123.28	3	2.97	C D E
Belfast	60	3	125.39	3	2.97	C D E
Belfast	30	3	125.61	3	2.97	C D E
Bermello	60	3	128.39	3	2.97	C D E F
Tremendity	60	1	129.00	3	2.97	C D E F G
Tremendity	0	2	129.78	3	2.97	C D E F G H
Bermello	0	1	129.78	3	2.97	C D E F G H
Coreana	30	1	131.33	3	2.97	D E F G H
Anairis	30	2	131.49	3	2.97	D E F G H I
Bermello	0	2	131.83	3	2.97	E F G H I
Bermello	60	2	132.11	3	2.97	E F G H I
Anairis	30	1	132.11	3	2.97	E F G H I

Belfast	60	1	132.56	3	2.97	E F G H I
Tremendity	0	1	136.28	3	2.97	F G H I J
Coreana	60	2	137.61	3	2.97	F G H I J K
Belfast	0	3	138.39	3	2.97	F G H I J K L
Anairis	30	3	138.83	3	2.97	G H I J K L
Belfast	0	2	139.28	3	2.97	H I J K L M
Coreana	30	2	139.34	3	2.97	H I J K L M
Coreana	30	3	139.89	3	2.97	H I J K L M
Belfast	0	1	141.50	3	2.97	I J K L M N
Tremendity	0	3	142.94	3	2.97	J K L M N O
Coreana	60	3	144.06	3	2.97	J K L M N O P
Coreana	60	1	144.37	3	2.97	J K L M N O P
Anairis	0	1	144.89	3	2.97	J K L M N O P Q
Tremendity	60	3	145.83	3	2.97	J K L M N O P Q R
Anairis	60	1	147.39	3	2.97	K L M N O P Q R
Bermello	30	2	148.11	3	2.97	L M N O P Q R
Tremendity	30	2	148.25	3	2.97	L M N O P Q R
Anairis	0	3	149.02	3	2.97	M N O P Q R
Bermello	30	3	150.33	3	2.97	N O P Q R S
Anairis	0	2	151.00	3	2.97	N O P Q R S
Tremendity	30	3	152.57	3	2.97	O P Q R S
Tremendity	30	1	153.88	3	2.97	P Q R S
Anairis	60	2	154.67	3	2.97	Q R S
Bermello	30	1	155.22	3	2.97	R S
Anairis	60	3	159.17	3	2.97	S

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Diámetro basal del tallo de plantas de tomate de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 2.79 %, para diámetro basal del tallo de las plantas, asociadas al efecto combinado de las variedades y programas de fertilización. La variedad con menor diámetro basal de tallo (0.92 cm) fue la 'Bermello' bajo sombra de 60 % y el programa 1, resultando estadísticamente inferior a las demás para esta variable. El mayor diámetro de 1.42 cm se midió para la variedad 'Doterang' (coreana) en la sombra de 60 % y programa de fertilización 2 (nivel recomendado de aplicación de nutrientes), con similar comportamiento estadístico en diámetro del tallo de la planta (1.33 cm) para 'Belfast', bajo 0% reducción de luz y aplicación del programa 1 de fertilización (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto combinado de variedades, sombra y programa de fertilización, sobre el diámetro (cm) del tallo de las plantas de tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Fertilización	Medias	N	E.E.	
Bermello	60	1	0.92	3	0.04	A
Belfast	30	1	1.11	3	0.04	B
Tremendity	60	1	1.13	3	0.04	B C
Anairis	30	1	1.14	3	0.04	B C D
Tremendity	60	3	1.14	3	0.04	B C D
Bermello	60	2	1.15	3	0.04	B C D
Bermello	0	3	1.15	3	0.04	B C D
Bermello	60	3	1.15	3	0.04	B C D
Anairis	60	2	1.15	3	0.04	B C D
Tremendity	0	1	1.15	3	0.04	B C D
Bermello	0	2	1.17	3	0.04	B C D
Doterang	60	3	1.17	3	0.04	B C D
Belfast	60	3	1.18	3	0.04	B C D
Anairis	60	3	1.18	3	0.04	B C D
Belfast	30	3	1.19	3	0.04	B C D
Belfast	60	1	1.19	3	0.04	B C D
Doterang	0	3	1.19	3	0.04	B C D
Coreana	0	1	1.19	3	0.04	B C D
Bermello	30	2	1.20	3	0.04	B C D E
Anairis	60	1	1.20	3	0.04	B C D E
Anairis	30	3	1.20	3	0.04	B C D E
Belfast	0	3	1.21	3	0.04	B C D E
Tremendity	60	2	1.21	3	0.04	B C D E
Doterang	0	2	1.21	3	0.04	B C D E
Belfast	30	2	1.21	3	0.04	B C D E
Tremendity	30	3	1.22	3	0.04	B C D E
Tremendity	0	2	1.22	3	0.04	B C D E
Doterang	30	2	1.22	3	0.04	B C D E
Anairis	30	2	1.22	3	0.04	B C D E
Belfast	0	2	1.23	3	0.04	B C D E
Tremendity	0	3	1.23	3	0.04	B C D E
Doterang	60	1	1.23	3	0.04	B C D E
Bermello	30	1	1.23	3	0.04	B C D E
Bermello	0	1	1.23	3	0.04	B C D E
Belfast	60	2	1.24	3	0.04	B C D E
Anairis	0	2	1.24	3	0.04	B C D E
Anairis	0	3	1.24	3	0.04	B C D E
Doterang	30	3	1.24	3	0.04	B C D E
Doterang	30	1	1.25	3	0.04	B C D E
Tremendity	30	2	1.26	3	0.04	C D E
Tremendity	30	1	1.26	3	0.04	C D E
Anairis	0	1	1.27	3	0.04	C D E
Bermello	30	3	1.29	3	0.04	D E
Belfast	0	1	1.33	3	0.04	E F
Doterang	60	2	1.42	3	0.04	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

El desarrollo vegetativo de las variedades de tomates de mesa con ambiente protegido fue influenciado al hacer cambios en los niveles de sombra y programas de nutrición. Este hecho quedó evidenciado en la variedad 'Bermello' que exhibió su mayor crecimiento en altura con nivel de sombra al 30 % y grosor de tallo a nivel de nutrición diferente. Este resultado parece indicar que la variedad presenta poca variación en el desarrollo vegetativo, cuando se varían los niveles de nutrición bajo un mismo

nivel de sombra. Con similar comportamiento, la variedad 'Tremendity' resultó favorecida por la sombra al 30 % y con poca variación cuando se aplicó los niveles de nutrición.

La variedad 'Anairis', la más sembrada en los invernaderos de Constanza, también creció influenciada por los cambios en los niveles de sombra y nutrición. Esta variedad alcanzó su mayor altura de plantas con el mayor nivel de sombra (60 %); sin embargo, el mayor grosor del tallo cuando se sembró con 0 % de sombra y con el menor nivel de nutrición. Las variedades 'Belfast' y 'Doterang' se mostraron más favorecidas que las demás en el grosor del tallo, cuando fueron sembradas bajo 0 y 60 % de sombra y niveles bajo y recomendado de nutrición, respectivamente.

Componentes del Rendimiento en variedades de tomate de mesa en ambiente protegido

Rendimiento promedio de racimos/planta de las variedades de tomate

El rendimiento, principal parámetro para evaluar una variedad, generalmente referido como t/ha o kg/m², se evalúa por la expresión de algunos parámetros relacionados y en cuanto a racimos/planta, los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p = 0.0015$) y coeficiente de variación 5.22 %, asociadas al efecto combinado de las variedades, sombra y fertilización. En la comparación media de Duncan (0.05) la variedad con menor número promedio de racimos/planta (3.56) fue 'Bermello' bajo sombra de 60 % y el programa (3) con mayor nivel de fertilización, resultando estadísticamente inferior a las demás combinaciones para esta variable, Tabla 5.

El mayor número promedio de racimos/planta (5.78) se midió para la variedad 'Tremendity' en la sombra de 0 % y programa de fertilización 2. El comportamiento estadístico en racimos/planta entre las demás variedades ('Anairis', 'Belfast' y 'Doterang') varió entre 4 y 5 racimos/planta, al depender de las diversas combinaciones de sombras y programas de fertilización.

No obstante, la variedad 'Bermello' mostró ser más sensible a la mayor cantidad de sombra (60 %) con los mayores (1 y 3) niveles de fertilización, con cantidades (3.89 y 3.56) de racimos/planta, respectivamente. Sin embargo, presentó entre las mayores cantidades de racimos cuando se colocó entre 0 y 30% de sombra, combinados con los programas de fertilización 2 y 3. La variedad 'Anairis' es otra que muestra comportamiento interesante cuando se aplican los tres programas de fertilización y se combinan a 0 % de sombra, incluyendo 60 % de sombra y el nivel de fertilización 1.

En estudio realizado por Machado *et al.* (2007), evaluaron diferentes números de racimos/planta (2, 4 y 8) en dos híbridos comerciales de tomate y a medida que se aumentó el número de racimos/planta, la producción total y comercial fue mayor. Como resultado de esto, la variedad 'Tremendity' debería presentar resultado similar a este; sin embargo, mayor número de frutos/planta haría referencia a mayor número de frutos cosechados por unidad de área. Esto marca la diferencia de que la variedad 'Anairis' logró mayor rendimiento.

Tabla 5. Efecto combinado de variedades, sombra y programa de fertilización, sobre el promedio de racimos/planta en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Fertilización	Medias	n	E.E														
Bermello	60	3	3.56	3	0.07	A													
Bermello	60	1	3.89	3	0.07	A	B												
Doterang	30	3	3.89	3	0.07	A	B												
Belfast	60	1	3.89	3	0.07	A	B												
Belfast	0	3	4.00	3	0.07	A	B	C											
Doterang	0	1	4.00	3	0.07	A	B	C											
Tremendity	0	1	4.22	3	0.07	A	B	C	D										
Belfast	0	2	4.22	3	0.07	A	B	C	D										
Belfast	30	1	4.22	3	0.07	A	B	C	D										
Doterang	30	2	4.33	3	0.07	A	B	C	D	E									
Anairis	60	3	4.33	3	0.07	A	B	C	D	E									
Doterang	30	1	4.33	3	0.07	A	B	C	D	E									
Anairis	60	2	4.44	3	0.07	A	B	C	D	E	F								
Anairis	30	2	4.44	3	0.07	A	B	C	D	E	F								
Tremendity	60	1	4.44	3	0.07	A	B	C	D	E	F								
Tremendity	30	3	4.55	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Tremendity	30	2	4.55	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Tremendity	60	2	4.56	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Doterang	60	2	4.56	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Doterang	60	3	4.56	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Tremendity	30	1	4.67	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Doterang	60	1	4.67	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Anairis	30	3	4.67	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Bermello	60	2	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Tremendity	60	3	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Doterang	0	3	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Anairis	30	1	4.78	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Belfast	30	3	4.89	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Bermello	30	2	4.89	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Belfast	60	2	4.89	3	0.07		B	C	D	E	F	G							
Tremendity	0	3	4.89	3	0.07			C	D	E	F	G							
Bermello	30	1	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G							
Belfast	0	1	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G							
Doterang	0	2	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G							
Belfast	60	3	5.00	3	0.07			C	D	E	F	G							
Bermello	0	1	5.00	3	0.07				D	E	F	G							
Belfast	30	2	5.00	3	0.07				D	E	F	G							
Bermello	0	3	5.11	3	0.07				D	E	F	G							
Bermello	30	3	5.11	3	0.07					E	F	G							
Bermello	0	2	5.22	3	0.07					E	F	G							
Anairis	0	3	5.22	3	0.07						F	G							
Anairis	60	1	5.22	3	0.07							G							
Anairis	0	2	5.45	3	0.07								G						
Anairis	0	1	5.56	3	0.07								G						
Tremendity	0	2	5.78	3	0.07									H					

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Cantidad promedio de frutos de tomate/racimo

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p = 0.0083$) y coeficiente de variación 6.60 %, para cantidad de frutos/racimo, asociadas al efecto combinado de variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra y tres niveles de fertilización, Tabla 6.

Mediante la comparación de media por Duncan (0.05), la variedad con menor cantidad promedio de frutos/racimo (2.51) fue la 'Bermello' bajo sombra de 0 % y el programa (3) de mayor nivel de fertilización (Tabla 7), resultando estadísticamente inferior a las demás combinaciones para esta variable. El mayor promedio de frutos/racimo (4.99) se midió para la variedad 'Anairis' en la sombra de 30 % y programa de fertilización 2, recomendado en Constanza. El comportamiento estadístico en frutos por racimos entre las demás variedades 'Belfast', 'Tremendity' y 'Doterang', varió entre 2 y 4 frutos, en dependencia de las combinaciones de niveles de sombra y programas de fertilización.

Tabla 6. Efecto combinado de variedades, sombra y programa de fertilización, sobre el promedio de frutos/racimo en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Fertilización	Medias	n	E.E.	
Bermello	0	3	2.51	3	0.07	A
Doterang	30	1	2.54	3	0.07	A B
Doterang	60	3	2.71	3	0.07	A B C
Bermello	0	2	2.82	3	0.07	A B C D
Anairis	60	1	2.82	3	0.07	A B C D
Doterang	30	2	2.96	3	0.07	A B C D E
Bermello	0	1	2.99	3	0.07	A B C D E F
Bermello	30	3	3.03	3	0.07	A B C D E F G
Bermello	60	2	3.05	3	0.07	A B C D E F G H
Bermello	60	3	3.18	3	0.07	A B C D E F G H I
Anairis	60	3	3.19	3	0.07	A B C D E F G H I J
Tremendity	0	3	3.2	3	0.07	A B C D E F G H I J
Anairis	30	1	3.21	3	0.07	A B C D E F G H I J K
Bermello	60	1	3.27	3	0.07	A B C D E F G H I J K
Tremendity	0	2	3.27	3	0.07	A B C D E F G H I J K
Anairis	0	2	3.34	3	0.07	B C D E F G H I J K
Tremendity	60	3	3.35	3	0.07	B C D E F G H I J K
Anairis	60	2	3.38	3	0.07	C D E F G H I J K
Tremendity	0	1	3.4	3	0.07	C D E F G H I J K
Tremendity	60	1	3.41	3	0.07	C D E F G H I J K
Anairis	0	1	3.41	3	0.07	C D E F G H I J K
Anairis	30	3	3.44	3	0.07	C D E F G H I J K
Belfast	30	1	3.53	3	0.07	C D E F G H I J K L
Tremendity	30	3	3.55	3	0.07	C D E F G H I J K L
Tremendity	30	2	3.58	3	0.07	C D E F G H I J K L
Bermello	30	1	3.58	3	0.07	C D E F G H I J K L

Belfast	0	1	3.64	3	0.07	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Doterang	60	1	3.71	3	0.07	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Bermello	30	2	3.72	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Belfast	60	3	3.72	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Doterang	30	3	3.76	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Anairis	0	3	3.82	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Doterang	60	2	3.84	3	0.07		E	F	G	H	I	J	K	L
Tremendity	60	2	3.91	3	0.07			F	G	H	I	J	K	L
Tremendity	30	1	3.92	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Belfast	60	1	3.92	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Doterang	0	2	3.93	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Doterang	0	1	3.94	3	0.07				G	H	I	J	K	L
Belfast	60	2	3.95	3	0.07					H	I	J	K	L
Doterang	0	3	4.03	3	0.07						I	J	K	L
Belfast	0	2	4.12	3	0.07							I	J	K
Belfast	30	3	4.13	3	0.07								J	K
Belfast	30	2	4.16	3	0.07									K
Belfast	0	3	4.53	3	0.07									
Anairis	30	2	4.99	3	0.07									

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Peso promedio (g) de frutos de tomate de mesa

Los resultados del análisis de varianza indica diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 11.30 %, para peso promedio de frutos, asociadas al efecto combinado de variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra. No hubo influencia de los niveles de fertilización, Tabla 7.

Mediante la comparación media por Duncan (0.05), la variedad con menor peso promedio de frutos (137.86 g) fue 'Tremendity' bajo sombra de 0 %, Tabla 8, resultando estadísticamente inferior a 'Tremendity' con 30% de sombra y peso de 203.09 g con el mayor peso promedio de fruto. El comportamiento estadístico del peso de los frutos para la variedad 'Doterang' varió entre 151 y 199.95 g, en dependencia de 30 y 60 % de sombras, respectivamente, en similar resultado con la variedad 'Tremendity'.

Tabla 7. Efecto combinado de variedades y sombra sobre el peso promedio (g) de frutos en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Medias	n	E.E.
Tremendity	0	137.86	9	7.54 A
Doterang	30	151.00	9	7.54 AB
Anairis	30	152.89	9	7.54 AB
Doterang	0	161.01	9	7.54 ABC
Bermello	60	161.22	9	7.54 ABC
Belfast	60	167.83	9	7.54 BCD
Belfast	30	168.06	9	7.54 BCD
Bermello	0	169.75	9	7.54 BCDE
Belfast	0	171.47	9	7.54 BCDE
Tremendity	60	173.24	9	7.54 BCDE
Bermello	30	186.14	9	7.54 CDEF
Anairis	0	188.00	9	7.54 DEF
Anairis	60	194.45	9	7.54 EF
Doterang	60	199.95	9	7.54 F
Tremendity	30	203.09	9	7.54 F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Rendimiento promedio ($t\ ha^{-1}$) de tomate de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 9.68 %, para el rendimiento de frutos, asociadas al efecto combinado de las variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra. No hubo efecto de los niveles de fertilización, Tabla 8.

Mediante la comparación media por Duncan (0.05), la variedad con menor rendimiento promedio de frutos ($14.82\ t\ ha^{-1}$) fue la 'Doterang' bajo 0 % de sombra. El mayor rendimiento promedio de frutos ($44.83\ t\ ha^{-1}$) se obtuvo con 'Anairis' en la sombra de 30 %. Esta misma variedad cuando se varió la sombra a 60 y 0 %, los rendimientos redujeron a 33.88 y $31.48\ t\ ha^{-1}$, respectivamente, Tabla 8. El comportamiento estadístico del rendimiento entre las demás variedades 'Tremendity', 'Belfast' y 'Bermello' varió entre 22 y $55\ t\ ha^{-1}$, bajo las diversas combinaciones de sombras. Según FAOSTAT (2020), el rendimiento promedio mundial de tomates, para el año 2019, se sitúa en $35.93\ t\ ha^{-1}$; sin embargo, este varía según el continente y país de que se trate. En las regiones norte, central y sur americana, el rendimiento fue 97.27 , 47.73 y $58.04\ t\ ha^{-1}$, respectivamente.

La región del caribe registra rendimientos de $16.08\ t\ ha^{-1}$ y para República Dominicana según esta misma fuente reporta rendimientos de $37.99\ t\ ha^{-1}$, ligeramente superior al promedio mundial. Los rendimientos aquí logrados, superan los logrados en el caribe y podríamos acercarnos a los reportados en américa central, en condiciones de nuestro estudio, si se hacen los ajustes necesarios con las variedades y el nivel de sombra adecuados para lograrlo, como se perfila con la variedad Anairis, cuyo máximo rendimiento se sitúa entre 30 y 60 % de sombra, para expresar su mayor potencial productivo.

Tabla 8. Efecto combinado de variedades y sombra sobre el rendimiento (t.ha-1) promedio de frutos en tomates de mesa.

Variedad	Sombra	Medias	N	E.E.	
Doterang	0	14.82	9	1.68	A
Belfast	60	22.52	9	1.68	B
Doterang	30	25.21	9	1.68	BC
Tremendity	0	26.05	9	1.68	BCD
Doterang	60	26.59	9	1.68	BCD
Bermello	60	26.63	9	1.68	BCD
Tremendity	60	27.44	9	1.68	BCD
Belfast	0	27.75	9	1.68	BCD
Belfast	30	28.95	9	1.68	CDE
Anairis	0	31.48	9	1.68	CDEF
Anairis	60	33.88	9	1.68	EF
Bermello	30	35.48	9	1.68	F
Tremendity	30	35.63	9	1.68	F
Bermello	0	35.77	9	1.68	F
Anairis	30	44.83	9	1.68	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Calidad del fruto de tomate de mesa en ambiente protegido

Diámetro promedio (cm) de frutos en variedades de tomates de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0051$) y coeficiente de variación 1.19 %, para el diámetro promedio de frutos, asociadas al efecto combinado de variedades cultivadas bajo tres niveles de sombra. No hubo influencia de los niveles de fertilización.

Mediante la comparación medias por Duncan (0.05), la variedad con menor diámetro promedio de frutos (6.21 cm) fue la 'Doterang' bajo sombra de 0 % (Tabla 8). El mayor diámetro promedio de frutos (6.77 cm) se midió para la variedad 'Anairis' en la sombra de 0 %. El comportamiento estadístico del diámetro promedio de frutos entre las demás variedades 'Bermello', 'Belfast' y 'Tremendity' varió entre 6.33 y 6.74 cm, en combinación de los niveles de sombras.

Tabla 9. Efecto combinado de variedades y sombra sobre el diámetro promedio (cm) de frutos en tomates de mesa

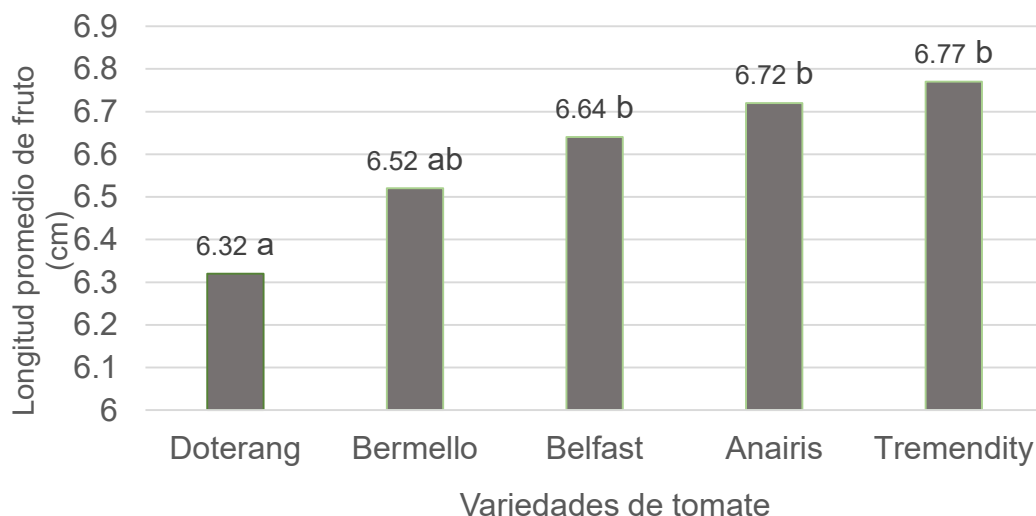
Variedad	Sombra	Medias	N	E.E.		
Doterang	0	6.21	9	0.01	A	
Doterang	30	6.33	9	0.01	A	B
Bermello	60	6.48	9	0.01		B C
Doterang	60	6.48	9	0.01		B C
Belfast	0	6.57	9	0.01		C D
Anairis	60	6.61	9	0.01		C D E
Tremendity	60	6.62	9	0.01		C D E
Bermello	30	6.62	9	0.01		C D E
Tremendity	0	6.63	9	0.01		C D E
Bermello	0	6.66	9	0.01		D E
Belfast	30	6.66	9	0.01		D E
Tremendity	30	6.69	9	0.01		D E
Anairis	30	6.69	9	0.01		D E
Belfast	60	6.74	9	0.01		D E
Anairis	0	6.77	9	0.01		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); n = tamaño de muestra; EE = error experimental.

Longitud promedio (cm) de frutos en variedades de tomates de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0154$) y coeficiente de variación 3.32 %, para la longitud de frutos, asociadas solo al efecto de variedades. Para esta variable la expresión de la longitud de los frutos solo se circunscribe a características varietales y no por efecto de los niveles de sombra o fertilización evaluados en las condiciones del estudio, Figura 1.

Mediante la comparación de media por Duncan (0.05), la variedad con menor longitud promedio de frutos (6.32 cm) fue la 'Doterang'. El mayor promedio de longitud de frutos (6.77 cm) se midió para la variedad 'Tremendity', Figura 1. El comportamiento estadístico en longitud de frutos entre las demás variedades 'Bermello', 'Belfast' y 'Anairis' varió entre 6.52 y 6.72 cm.



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

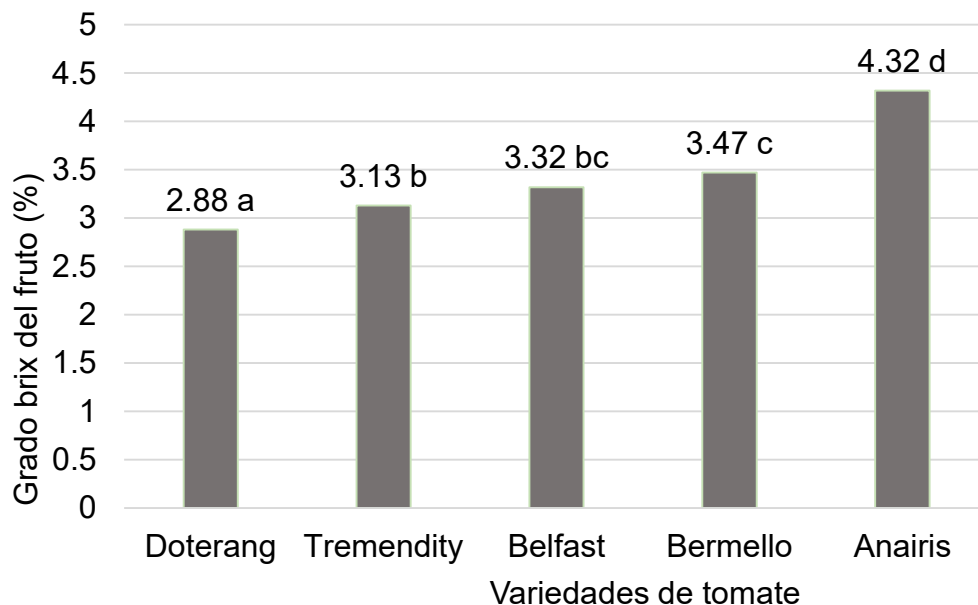
Figura 1. Efecto de las variedades sobre longitud promedio (cm) de frutos de tomate de mesa.

Grado Brix promedio (%) de frutos en variedades de tomates de mesa

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 17.70 %, para el grado Brix de los frutos, asociado solo al efecto de las variedades cultivadas, Figura 2.

Mediante la comparación de medias por Duncan (0.05), la variedad con menor grado Brix (2.88 %) fue la 'Doterang'. El mayor valor promedio en °Brix (4.32 %) se obtuvo para la variedad 'Anairis', Figura 2. El comportamiento estadístico en °Brix entre las demás variedades 'Tremendity', 'Belfast' y 'Bermello', varió entre 3.13 y 3.47 %.

Cantwell (2004), indica que el contenido de sólidos solubles de los tomates en general, se sitúa entre 3.5 y 7.0 °Brix, dependiendo de la variedad. Por otra parte, Arana *et al.* (2007), señalan el rango de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix, que se relaciona con el aroma y sabor de los frutos y Aguayo y Artés (2004) destacan que las cualidades organolépticas de los tomates están relacionadas con su composición química. En este sentido, las variedades en estudio presentan contenido de sólidos solubles particulares intermedios y en relación a este resultado Cantwell (2004) considera el rango de °Brix entre 3 y 4 como generalmente bajo. En este trabajo no fue detectado influencia de la sombra o programas de nutrición por lo que este comportamiento depende de la variedad.



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

Figura 2. Efecto de variedades sobre el grado Brix (%) de frutos de tomates de mesa.

Variables ambientales registradas dentro del invernadero

Se realizó análisis no paramétrico, mediante prueba de Kruskal Wallis y se encontró que solo la temperatura mínima ($p = 0.0242$) y la intensidad lumínica ($p = 0.0271$) presentaron diferencias estadísticas entre los niveles de sombra en el invernadero, Tabla 8. La temperatura mínima más baja ($20.64\text{ }^{\circ}\text{C}$) se registró en el área con 60 % de sombra, la más alta ($22.92\text{ }^{\circ}\text{C}$) se registró en el área de sombra cero. La temperatura es un factor que influye en la eficiencia de la fotosíntesis y limita los rendimientos de los cultivos hortícolas, Maroto (2008). En tal sentido, Gómez *et al.* (2010) señalan que el tomate es una planta hortícola que se desarrolla muy bien con temperatura entre 18 y $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero exige temperatura nocturna de $17 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y diurna de $23 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, para su mejor desarrollo y fructificación. Las demás variables ambientales, aunque con valores diferentes bajo los niveles de sombra, no fueron significativas estadísticamente. Por tanto, temperatura mínima y la intensidad lumínica podrían ser las más influyentes en el comportamiento de las variedades de tomate.

Según Bruggink y Heuvelink (1987) evidenciaron que reducción en la intensidad de luz produce una disminución de la tasa de asimilación de fotosintatos e incrementa el índice de área foliar. Señalan que el crecimiento de los frutos de tomate está íntimamente relacionado con la temperatura, siendo óptimo entre 10 - $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque a partir de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduce la tasa de crecimiento y cosecha. Siendo óptimo entre 10 - $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque a partir de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduce la tasa de crecimiento y cosecha. La mayor intensidad lumínica fue 815 lux , registrada en el área del invernadero con cero sombras. La menor intensidad lumínica correspondió al área del invernadero a 60 % de sombra, con valor de 282.28 lux .

De acuerdo a Maas y Hoffman (1977) la máxima salinidad del suelo que tolera el cultivo del tomate es de 2,5 dS/m, con una reducción de cerca del 10% en la producción por cada unidad de incremento de la salinidad por encima de ese límite. En nuestra condición la conductividad eléctrica no fue limitante cuyo mayor valor (0.64 dS/m) fue registrado en el área de invernadero con sombra 30 %, Tabla 10.

En este estudio pueden destacarse dos elementos importantes que no fueron tomados como fuentes de variación, estos son, la regulación de la temperatura mediante la apertura y cierre de la ventana cenital del invernadero y dosis y frecuencias de riego. Ambos factores podrían entrar como factores de evaluación en futuros trabajos de investigación. De esta manera se podrían obtener mejores ajustes en las condiciones de producción de las variedades de tomate, las cuales permitan la mayor expresión del potencial productivo de las mismas.

Tabla 10. Comportamiento de variables ambientales y del sustrato, medidas en la estructura de invernadero con diferentes niveles de sombreado.

Variables	Niveles de sombra (%)			P
	0	30	60	
Temperatura Mínima (°C)	22.92 b	21.60 ab	20.64 a	0.0242
Temperatura Máxima (°C)	32.12	29.70	28.36	0.1578
Humedad Relativa (%)	60.94	63.74	64.08	0.7539
Presión del aire	882.68	882.74	882.82	0.7137
Intensidad lumínica	815.00 b	362.48 ab	282.28 a	0.0271
Humedad del suelo (%)	22.84	25.60	28.42	0.4781
Temperatura del suelo (19.68	19.46	18.16	0.7444
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0.30	0.64	0.39	0.5445

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

Ingresos generados

El tratamiento con el mayor ingreso fue T14 (Belfast+ 30% sombra+ Programa fertilización 2) con ingreso de DOP \$ 5,131,593.88. Mientras que los tratamientos 1, 9,10, 12, 24, 30, 34, 35, 36, 39, 42 y 45 no generaron beneficios brutos (Tabla 10).

Tabla 10. Rendimientos, ingresos, costos y beneficios/tratamientos.

Tratamientos	Rend. (t/ha)	Ingresos/ trat. (DOP\$)	Costos (DOP\$)	Beneficios brutos (DOP\$)
T1= Bermello+ 60% somb+ Programa fert 1	78.42	3,136,800.00	3,184,373.72	- 47,573.72
T2= Bermello+ 60% somb+ Programa fert 2	112.59	4,503,600.00	1,888,406,12	2,615,193.88
T3=Bermello+ 60% somb+ Programa fert 3	116.29	4,651,600.00	4,480,074.66	171,525.34
T4= Bermello+ 30% somb+ Programa fert 1	185.37	7,414,800.00	3,184,373.72	4,230,426.28
T5= Bermello+ 30% somb+ Programa fert 2	141.78	5,671,200.00	1,888,406,12	3,782,793.88
T6=Bermello+ 30% somb+ Programa fert 3	146.40	5,856,000.00	4,480,074.66	1,375,593.34
T7= Bermello+ 0% somb+ Programa fert 1	109.82	4,392,800.00	3,184,373.72	1,208,426.28
T8= Bermello+ 0% somb+ Programa fert 2	128.16	5,126,400.00	1,888,406,12	3,237,993.88
T9= Bermello+ 0% somb+ Programa fert 3	98.93	3,957,200.00	4,480,074.66	-522,874.66
T10= Belfast+ 60% somb+ Programa fert 1	78.75	3,150,000.00	3,184,373.72	-33,973.72
T11= Belfast+ 60% somb+ programa fert 2	95.44	3,817,600.00	1,888,406,12	1,929,193.88
T12= Belfast+ 60% somb+ Programa fert 3	87.21	3,488,400.00	4,480,074.66	-991,674.66
T13= Belfast+ 30% somb+ Programa fert 1	154.25	6,170,000.00	3,184,373.72	2,985,626.28
T14= Belfast+ 30% somb+ Programa fert 2	175.50	7,020,000.00	1,888,406,12	5,131,593.88
T15= Belfast+ 30% somb+ Programa fert 3	121.58	4,863,200.00	4,480,074.66	383,725.34
T16= Belfast+ 0% somb+ Programa fert 1	83.42	3,336,800.00	3,184,373.72	152,426.28
T17= Belfast+ 0% somb+ Programa fert 2	95.85	3,834,000.00	1,888,406,12	1,945,593.88
T18= Belfast+ 0% somb+ Programa fert 3	124.47	4,978,800.00	4,480,074.66	498,725.34
T19= Doterang+ 60% somb+ Programa fert 1	129.39	5,175,600.00	3,184,373.72	1,991,226.28
T20= Doterang+ 60% somb+ Programa fert 2	119.65	4,786,000.00	1,888,406,12	2,897,593.34
T21= Doterang+ 60% somb+ Programa fert3	140.42	5,616,800.00	4,480,074.66	1,136,725.34
T22= Doterang+ 30% somb+ programa fert 1	80.92	3,236,800.00	3,184,373.72	42,026.28
T23= Doterang+ 30% somb+ Programa fert 2	80.66	3,226,400.00	1,888,406,12	1,337,993.88
T24= Doterang+ 30% somb+ Programa fert 3	87.06	3,482,400.00	4,480,074.66	-997,674.66
T25= Doterang+ 0% somb+ Programa fert 1	136.36	5,454,400.00	3,184,373.72	2,270,026.28
T26= Doterang+ 0% somb+ Programa fert 2	157.21	6,288,400.00	1,888,406,12	4,399,993.88
T27= Doterang+ 0% somb+ Programa fert 3	141.71	5,668,400.00	4,480,074.66	1,188,325.34
T28= Tremendity+ 60% somb+ Programa fert 1	91.18	3,647,200.00	3,184,373.72	462,826.28
T29= Tremendity+ 60% somb+ Programa fert 2	82.46	3,258,400.00	1,888,406,12	1,369,993.88
T30= Tremendity+ 60% somb+ Programa fert 3	72.46	2,898,400.00	4,480,074.66	-1,581,674.66
T31= Tremendity+ 30% somb+ Programa fert 1	185.37	7,414,800.00	3,184,373.72	4,230,426.28
T32= Temendity+ 30% somb+ Programa fert 2	170.96	6,838,400.00	1,888,406,12	4,950,393.88
T33= Tremendity+ 30% somb+ Programa fert 3	213.07	8,522,800.00	4,480,074.66	4,042,725.34
T34= Tremendity+ 0% somb+ Programa fert 1	47.85	1,914,000.00	3,184,373.72	-1,270,373.72
T35= Tremendity+ 0% somb+ Programa fert 2	35.75	1,430,000.00	1,888,406,12	-458,405.12
T36= Tremendity+ 0% somb+ Programa fert 3	41.16	1,646,400.00	4,480,074.66	-2,833,674.66
T37= Anairis+ 60% somb+ Programa fert 1	100.09	4,003,600.00	3,184,373.72	819,226.28
T38= Anairis+ 60% somb+ Programa fert 2	111.25	4,450,000.00	1,888,406,12	2,561,593.88
T39= Anairis+ 60% somb+ Programa fert 3	104.28	4,171,200.00	4,480,074.66	-308,874.66
T40= Anairis+ 30% somb+ Programa fert 1	143.31	5,732,400.00	3,184,373.72	2,548,026.28
T41= Anairis+ 30% somb+ Programa fert 2	123.49	4,939,600.00	1,888,406,12	3,051,193.88
T42= Anairis+ 30% somb+ Programa fert 3	93.88	3,755,200.00	4,480,074.66	-724,874.66
T43= Anairis+ 0% somb+ Programa fert 1	141.78	5,671,200.00	3,184,373.72	2,486,826.28
T44= Anairis+ 0% somb+ Programa fert 2	132.11	5,284,400.00	1,888,406,12	3,395,993.88
T45= Anairis+ 0% somb+ Programa ferti 3	98.68	3,947,200.00	4,480,074.66	-532,874.66

Precio de venta= RD20.00 libra. Precio (lb) de los fertilizantes (precio: Nitrato de calcio soluble=11.33, Nitrato de potasa cristalino= 25.56, Fosfato monopotásico (0-52-34) =43.56, Sulfato de potasio soluble (52% K₂O) = 17.19, Sulfato de magnesio= 9.04, Fersan micro mix inv.SNP-2= 2,820.45.

CONCLUSIONES

Se determinó el efecto del sombreado y la nutrición sobre el desarrollo de las plantas de variedades de tomate de mesa en ambiente protegido. La variedad 'Anairis' a 60 % de sombra y programa de fertilización 3, produjo mayor altura promedio de plantas. 'Doterang' (coreana), con 60 % de sombra y programa de fertilización 2, produjo mayor diámetro basal del tallo. La variedad 'Bermello' con 60 % de sombra y programa de fertilización 1, produjo menores promedios en altura y diámetro de plantas. Estos resultados destacan que durante el desarrollo vegetativo la fertilización en el invernadero es de vital importancia para el cultivo, ya que al mismo nivel de sombra hubo respuestas diferentes de tres programas de nutrición y estas tres variedades de tomates.

El sombreado y la nutrición sobre el rendimiento y sus componentes (frutos/racimo, racimos/planta, peso de fruto) tuvieron su efecto entre las variedades. La variedad 'Tremendity' a 0 % de sombra y programa de fertilización 2 (recomendación actual) produjo mayor cantidad de racimos/planta, y Bermello bajo sombra 60 % y programa de fertilización 3 produjo menor promedio de racimos/planta. Mayor promedio de frutos/racimo fue para 'Anairis' en sombra 30 % y programa de fertilización 2 (recomendación actual), la variedad con menor promedio fue 'Bermello' bajo sombra 0 % y programa de fertilización 3. 'Tremendity' fue la variedad con mayor peso promedio/fruto bajo sombra 30% y a su vez la de menor peso bajo sombra de 0%. La variedad con mayor rendimiento promedio de tomates fue 'Anairis' en sombra 30 %, y menor lo presentó 'Doterang' bajo sombra 0 %. En los casos del peso promedio por frutos y rendimiento en $t\ ha^{-1}$, no hubo efectos estadísticos de los programas de nutrición. Se destaca que con la variedad 'Anairis', sombra al 30 % y la recomendación actual de aplicación nutrientes, el componente del rendimiento frutos /racimo influye en el rendimiento total.

El efecto del sombreado y la nutrición sobre la calidad del fruto (diámetro y largo de fruto, y grado brix) resultó con mayor diámetro promedio del fruto para la variedad 'Anairis' en sombra 0 %, y menor diámetro a la variedad 'Doterang', con la misma sombra. Mientras la variedad con la mayor longitud promedio de frutos fue 'Tremendity', y menor longitud correspondió a la variedad 'Doterang'. El mayor grado Brix resultó para 'Anairis' y menor a la variedad 'Doterang'. En casos de longitud de frutos y grado Brix, los efectos de niveles de sombra y fertilización no fueron estadísticamente significativos, más bien, responden a característica varietal de forma del fruto y concentración de sólidos totales.

En relación con el ingreso bruto/tratamiento en variedades de tomates de mesa, el mayor ingreso bruto se obtuvo con el tratamiento 'Belfast' + 30% sombra + Programa fertilización 2. Sin embargo, no se ubica entre las de mayores rendimientos, ni es muy demandada por productores y comercializadores. La temperatura mínima ($^{\circ}C$) y la intensidad lumínica (lux), influenciadas por los niveles de sombra, podrían ser las variables ambientales más influyentes en el comportamiento de las variedades de tomate.

Las variedades de tomates presentaron comportamientos diferentes con los niveles de sombra y los programas de fertilización con que fueron cultivadas, y responden de acuerdo con las etapas

fenológicas y calidad de frutos. Además, hubo influencias sobre los componentes del rendimiento, en especial frutos/racimo, que determina la expresión potencial del rendimiento de las variedades. La variedad 'Anairis'; de amplia aceptación por productores, comercializadores y consumidores, mostró cierta plasticidad durante la etapa de desarrollo vegetativo ante la variación de la sombra y la fertilización. Sin embargo, fue favorecida ante las demás, en su componente de rendimiento frutos/racimo, al reducirse la sombra al 30 % con recomendación de fertilización actual, y logró mayor rendimiento ($t\ ha^{-1}$) con esta misma sombra a independencia de la fertilización.

AGRADECIMIENTOS

A la Oficina de la Cooperación Agrícola en República Dominicana (KOPIA-RD) por el auspicio del proyecto "Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías en Constanza", ejecutado por Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

A los técnicos y obreros de la estación experimental del IDIAF en Constanza, por su colaboración y estrategias de manejo del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Aguayo, E.; Artés, F. 2004. Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. Compendios de Horticultura. 15. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España).
- Arana, I.; Jarén, C.; Arazuri, S.; García-Gembe, M.J.; Ursua, A.; Riga, P. 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad. Universidad Pública de Navarra. Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural, Campus Arrosadia 31006 Pamplona. España. 5p.
- Bruggink, G.; Heuvelink, E. 1987. Influencia de la luz en el crecimiento de plantas jóvenes de tomate, pepino y pimiento dulce en invernadero: efectos sobre la tasa de crecimiento relativo, la tasa de asimilación neta y la proporción de área foliar. *Sci. Hortic.*, 31: 161-174.
- Cantwell, M. 2004. Fresh Market Tomato. Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. University of California. South San Joaquin Valley, USA. 33p.
- Carballo, S.; Blandenship, S.; Sanders, D. 1994. Drip fertigation with nitrogen and potassium and postharvest susceptibility to bacterial soft rot of bell peppers. *J. Plant Nutr.* 17: 1175-1191.
- Casierra, P.; Moreno, D. 2007. Efecto de estrés por sombra sobre la planta de limonio (*Limonium* sp. CV. Bluestream). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* (1)2:236-238.
- Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, DO (Cedaf). 2012. Diagnóstico cultivos en invernaderos. Santo Domingo, República Dominicana. P3.
- Díaz, I.; Fueyo O.; Arrieta, A. 1999. Horticultura: La fertilización del tomate. (En línea). Revisado el 26 de enero del 2020. Disponible en: <http://www.serida.org/pdfs/2054.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT (FAO). 2013. El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. (En línea). Revisado el 10 de noviembre 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3359s/i3359s.pdf>
- Gómez, O.; Casanova, A.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Hernández, J.; Murguido, C.; León, M.; Hernández, A. 2010. Guía técnica para la producción del cultivo del tomate. Editora Agroecología. Biblioteca ACTAF. IIH "Liliana Dimitrova", La Habana, CU.
- Hochmuth, G.; Hochmuth, R.; Donley, M.; Hanlon, E. 1993. Eggplant yield in response potassium fertilization on sandy soil. Hortscience. 28: 1002-1005.
- Maas, E.; Hoffman, G. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. and Drainage Div., ASCE 103 (IR2): 115-134.
- Machado, A.; Alvarenga, M.; Florentino, C. 2007. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo in natura. Hort. Bras. 25: 149-15.
- Maroto B. 2008. Consumo de hortalizas y salud. Agrícola Vergel. 315: 138-143.
- NOVAGRIC. 2021. Mallas para invernaderos. (En línea). Consultado el 25 de abril del 2019. Disponible en: <http://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-y-estructuras/mallas-invernaderos>
- Núñez, R.; Grijalva, C.; Robles, C.; Macias, D.; Escobosa, G.; Snatillano, C. 2016. Influencia de la fertirrigación nitrogenada en la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo, el rendimiento y la calidad de tomate de invernadero. Rev. FCA UNCUIYO. 2017. 49(2): 93-103. ISSN impreso 0370-4661.
- Obamalla. 2016. Casa sombra. (En línea). Consultado el 13 de enero del 2020. Disponible en: <https://casa-sombra.com/>
- Quesada, R.; Bertsch, H. 2012. Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernaderos. Agronomía Mesoamericana 23(1):117-128. Universidad de Costa Rica, Alajuela, CR.
- RESUSA. 2021. Belfast F1. (En línea). Consultado el 25 de noviembre del 2019. Disponible en: <https://www.resusa.co.cr/images/material/Semillas/Semillas%20de%20Hortalizas/Tomates/Folleto%20Tomate%20BELFAST%20F1.pdf>
- Rodríguez, O. 2016. La plasticidad fenotípica de las plantas. Universidad de Málaga, Malaga, ES. (En línea). Consultado el 25 de junio del 2020. Disponible en: <https://www.infobiologia.net/2016/10/plasticidad-fenotipica-plantas.html>.
- Saing, A. 2012. Tomate Anairis. (En línea). Consultado el 25 de noviembre del 2019. Disponible en: <https://www.proteccionvegetal.com/tomate/726-tomate-a.html>.
- Semillas Copelo. 2021. Cacique F1 Rojo Pimiento. (En línea). Consultado el 14 de enero del 2020. Disponible en: <https://www.scapelo.com/productos/cacique-f1-rojo/>
- Seminis. 2021. Anairis. (En línea). Consultado el 25 de abril del 2019. Disponible en: <https://seminis.es/producto/anairis/743>.
- Smart Biblioteca. 2021. Guía de cultivos, nutrición de plantas, fertilizantes y más. (En línea). Consultado el 25 de abril del 2019. Disponible en: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/tomato-fertilizer>.
- Severino, J. 2016. Invernaderos, principal activo de la agricultura dominicana. El Dinero. (En línea). Consultado el 11 de enero del 2021. Disponible en: <https://www.eldinero.com.do/sobre-el-dinero>

Efecto del número de tallos/planta sobre los rendimientos y la calidad del tomate de mesa en ambiente protegido en Constanza, Republica Dominicana

José Rodríguez¹ y Leocadia Sanchez²

¹Investigador del proyecto KOPIA “Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías”. Docente en cátedras de Edafología, Agro climatología, Ecología Agrícola y Silvicultura. Universidad Católica Tecnológica del Cibao (Ucateci). Facilitador Infotep en el área de agronomía. Encargado Estación Experimental Hortícola Constanza del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). ²Investigadora y líder del proyecto “Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías”. Docente en cátedras de Horticultura, Entomología I, Fitopatología I, Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (Uteco). Investigadora asociada, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). *Autor para correspondencia: jrodriguez@idiaf.gov.do

RESUMEN

En la República Dominicana, la superficie de siembra de tomate de mesa bajo ambiente protegido incrementa cada año. Este estudio busca aportar información tecnológica sobre la producción óptima conducida con diferentes tallos/planta. La investigación se realizó desde mayo a octubre del 2019 y tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cantidad de tallos/planta sobre rendimiento y calidad del tomate. Se utilizó arreglo factorial con un diseño completamente al azar, siendo los factores las variedades (4) y la cantidad tallos/planta (1, 2, 3 y 4), cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: cantidad de frutos/planta (FP), peso/fruto (PF), rendimiento (R), diámetro (DF) y longitud (LF), y grado brix (°B). De acuerdo a los resultados no se encontró interacción ($p = 0.6651$), para FP y PF y sí para variedades y tallos/planta ($p < 0.0001$), respectivamente. La mayor cantidad de FP para la variedad “Belfast” (13) y menor e iguales con “Tremendity” y “Anairis”, con 11 cada una. La mayor FP 12 con 4 tallos/planta, menor 9, con 1 tallo. Mayor PF (396.00 g) “Tremendity”, menor con 318.94 g de “Anairis”. Mayor PF (382.63 g), 4 tallos/planta, menor (336.31 g), con 1 tallo. Efecto variedad por tallo/planta ($p = 0.0146$), mayor R (10 kg/m²) “Bermello” y “Belfast” (4 tallos/planta), menor R (6 kg/m²) “Tremendity” (1 tallo/planta). Sin diferencias en interacción, ni variedades, y $p < 0.0001$ de tallos/planta para calidad. Mayor DF (7.59 cm), 1 tallo/planta, menor (6.68), con 4 tallos. LF $p < 0.0001$ para tallos/planta, mayor (6.13 cm), 1 tallo/planta y menor (5.51), 4 tallos. °B, interacción ($p = 0.2121$), variedades ($p = 0.3358$) y tallos/planta ($p = 0.3807$). Al concluir, se determinó que conducir el cultivo con podas de formación, “Belfast” y “Bermello” fueron de mayor R, 4 tallos/planta. “Anairis” y “Bermello”, 1 tallo/planta, fueron de mayor tamaño.

Palabras clave: Tomates, *Lycopersicum esculentum*, poda, ambiente protegido

ABSTRACT

In the Dominican Republic, the area planted with table tomato under a protected environment increases every year. This study seeks to provide technological information on optimal production

conducted with different stems/plant. The research was carried out from May to October 2019 and aimed to evaluate the effect of the number of stems/plant on tomato yield and quality. The factorial arrangement was changed with a completely randomized design, the factors being the varieties (4) and the number of stems/plant (1, 2, 3 and 4), four repetitions. The variables evaluated were: number of fruits/plant (FP), weight/fruit (PF), yield (R), diameter (DF) and length (LF), and brix degree (oB). According to the results, no interaction was found ($p = 0.6651$), for FP and PF and yes for varieties and stems/plant ($p < 0.0001$), respectively. The highest amount of FP for the variety "Belfast" (13) and less and equal with "Tremendity" and "Anairis", with 11 each. The largest FP 12 with 4 stems/plant, the smallest 9, with 1 stem. Greater PF (396.00 g) "Tremendity", less with 318.94 g of "Anairis". Major PF (382.63 g), 4 stems/plant, minor (336.31 g), with 1 stem. Variety effect per stem/plant ($p = 0.0146$), higher R (10 kg/m²) "Bermello" and "Belfast" (4 stems/plant), lower R (6 kg/m²) "Tremendity" (1 stem/plant). Without differences in interaction, or varieties, and $p < 0.0001$ of stems/plant for quality. Larger DF (7.59 cm), 1 stem/plant, smaller (6.68), with 4 stems. LF $p < 0.0001$ for stems/plant, larger (6.13 cm), 1 stem/plant and smaller (5.51), 4 stems. oB, interaction ($p = 0.2121$), varieties ($p = 0.3358$) and stems/plant ($p = 0.3807$). At the end, it will be concluded that the crop will be conducted with training pruning, "Belfast" and "Bermello" had a higher R, 4 stems/plant. "Anairis" and "Bermello", 1 stem/plant, were larger.

Keywords: *Tomatoes, Lycopersicon esculentum, pruning, protected environment*

INTRODUCCIÓN

La República Dominicana experimentó a partir del 2014 un importante aumento en la cantidad de m² dedicados a la producción agrícola bajo ambiente protegido, pasando de 8,700 millones a más de 11,100 millones de m² en el 2018. La producción nacional en invernadero alcanzó 66,496 toneladas (146,600,000 libras), de las cuales el tomate de ensalada aportó 26,523 toneladas (58,474,157 libras), representando el 40 % de los vegetales producidos en invernaderos. Los productores nacionales han logrado esto a partir de experiencias adoptadas sobre la base de tecnologías de origen española y holandesa. Esto se debe a la amplia experiencia adquirida en estos países a través de los años.

La producción de tomate depende de la variedad, manejo nutricional, labores culturales y el paquete fitosanitario que sea implementado. Hay dos tipos de hábitos de crecimiento de plantas de tomate: determinado e indeterminado. Las plantas de tomate de tipo determinado crecerán hasta una altura especificada genéticamente y producirán todas sus flores fructíferas en un momento dado. Las plantas de tomates de tipo indeterminado continúan creciendo y produciendo flores de fructificación durante toda la temporada, Orzolek *et al.* (2015).

Las plantas de tomate cultivadas en invernaderos son preferentemente de crecimiento indeterminado, lo que significa que el tallo principal, como el resultante de los brotes axilares, crecen en forma indefinida ya que en el ápice terminal posee una yema vegetativa, Lagos (2005). Este mismo autor relata además que a pesar de que existen variedades mejoradas para invernaderos, cualquier variedad de crecimiento indeterminado puede adaptarse a las condiciones de cultivo forzado, si es manejada

adecuadamente.

En la agricultura bajo ambiente protegido, es necesario el uso eficiente de la superficie de cultivo, por lo que conocer el número de racimos óptimo en densidades de población altas, para incrementar el uso eficiente de la radiación solar, agua y nutrimentos; así como, establecer durante un año el mayor número de ciclos posibles para incrementar rendimiento y la calidad de la cosecha. Se debe aprovechar al máximo el espacio, combinando las ventajas que proporciona el reducir el manejo de la planta y la posibilidad del ataque de plagas y enfermedades, al no dar tiempo que éstas se establezcan, Castilla (1995).

El tomate rojo (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en todo el mundo y la principal cultivada bajo ambiente protegido. El sistema de producción intensivo bajo ambiente protegido, que normalmente se practica en Europa y Estados Unidos de América, utiliza variedades de hábito indeterminado y densidades bajas de población que varían de dos a tres plantas por metro cuadrado, donde los tallos de las plantas frecuentemente se podan y se deja un solo tallo que alcanza más de siete metros de longitud, para cosechar 15 o más racimos/planta, en un solo ciclo de cultivo por año, Chapagain y Wiesman (2004).

El incremento en la densidad de plantación puede ser obtenido tanto por un mayor número de plantas por m², como dejándolo que tallos laterales se desarrollen para aumentar el número de tallos/m² (Cockshull y Ho 1995 y Nederhoff *et al.* 1992).

Valerio (2012), señala que la poda es utilizada para obtener plantas equilibradas y vigorosas, a la vez busca que los frutos no queden ocultos en el follaje y los mantiene aireados, libres de condensaciones. Alexander (2013), indica que de acuerdo a las zonas climáticas se debe formar un tipo de planta que permita buena ventilación al cultivo y proteja los frutos de golpes de sol y/o escaldaduras.

Salinas *et al.* (1994), establecen que el número de tallos depende del segmento del mercado al que va dirigido la producción. Según Mendoza *et al.* (2018) una de las variables de manejo agronómico asociadas a su productividad es el número de tallos, a mayor número de tallos es mayor el rendimiento; sin embargo, las variables de respuesta que determinan su calidad pueden verse afectada.

En trabajo realizado por Mendoza *et al.* (2018) sobre efecto de número de tallo en la producción y calidad de tomate cultivado en invernadero, se evaluó la producción de tomate y algunas variables de calidad, en función de manejo del número de tallos. Se trasplantó el 20 de abril de 2015 con tezontle como sustrato, bajo riego por goteo. El experimento consistió en tres tratamientos, con uno (T1), dos (T2) y tres (T3) tallos/planta. Se realizaron muestreos en el 1er, 5to y 10mo racimo de la planta, para determinar; rendimiento, tamaño, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH y cantidad de vitamina C de los frutos. Se obtuvo rendimiento de 6.55, 5.91 y 5.45 kg pl⁻¹ para T1, T2 y T3, respectivamente. T1 fue mejor con 69, 23, 8 y 1% de tamaños grande, mediano, chico y muy

pequeño/planta. En las variables de calidad, los sólidos solubles totales y el pH aumentaron a medida que se incrementó el número de tallos por planta, comparada con la firmeza que disminuyó. Se encontró mayor contenido de vitamina C en el décimo racimo del T3. Se observaron que al aumentar el número de tallos se incrementó la cantidad de frutos por planta, pero el tamaño y la firmeza disminuyeron por lo tanto se recomienda utilizar el T1 para frutos de exportación y T2 para consumo interno.

En trabajo realizado por Sandoval (2015) sobre evaluación de poda a uno, dos y tres tallos en tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de hidroponía e invernadero, del Instituto Tecnológico de Roque, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México, durante el ciclo primavera a verano de 2012, hubo diferencias estadísticas ($p= 0.024$, $CV= 17.55\%$) entre las podas de tallos. La mayor producción (17.74 kg/m^2) se obtuvo con poda a tres tallos, superior a 12.39 kg/m^2 con poda a un tallo y similar a 15.91 kg/m^2 , cuando la poda fue a dos tallos. La poda no influyó sobre las variables de calidad.

En México, Ponce *et al.* (2011) determinaron sobre el efecto de cuatro niveles de poda en el cultivo de tomate, indicando que ningún nivel tuvo efecto positivo en el rendimiento ni en la calidad del fruto; sin embargo, si hubo efecto entre variedades. Con la variedad CHF1 'Chapingo' se obtuvo el mayor rendimiento ($963,5\text{ g/planta}$) y la mayor calidad del fruto (peso/fruto de $26,4\text{ g}$, diámetro ecuatorial de $54,44\text{ mm}$ y diámetro solar de $34,1\text{ mm}$).

En Constanza, La Vega, República Dominicana, se tienen productores que sólo dejan 1, 2 y 3 tallos por planta, dependiendo de la nutrición y variedades utilizadas, sin embargo, se desconoce la posible influencia en la productividad de esta práctica agronómica. El objetivo de este estudio es determinar la influencia de la alternativa de podas de ejes para aumentar la productividad del cultivo de tomate de mesa producido bajo ambiente protegido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El trabajo de campo se completó en el periodo mayo a octubre del 2019 en la Estación Experimental Hortícola de Constanza del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Ubicado en el Valle de Constanza, Provincia La Vega, en las coordenadas $18^{\circ} 54'$ latitud norte y $70^{\circ} 44'$ longitud oeste. La altitud promedio del valle es de $1,164\text{ msnm}$. La temperatura media anual es de 18°C y la pluviometría promedio anual $1,026\text{ mm}$.

Diseño experimental

Se utilizó un arreglo factorial de diseño completamente al azar con ($4 \times 4 = 16$) de los tratamientos (Tabla 1), cuatro repeticiones y 64 unidades experimentales. Cada tratamiento con 10 plantas para un total de 640 plantas, equivalente a 1.8 plantas/m^2 . Los factores en estudio fueron variedad con cuatro variedades de tomate de mesa y número de tallo, con 4 niveles.

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Tratamientos	Variedades	Número de tallos
T1	'Bermello'	1
T2	'Bermello'	2
T3	'Bermello'	3
T4	'Bermello'	4
T5	'Tremendity'	1
T6	'Tremendity'	2
T7	'Tremendity'	3
T8	'Tremendity'	4
T9	'Anairis'	1
T10	'Anairis'	2
T11	'Anairis'	3
T12	'Anairis'	4
T13	'Belfast'	1
T14	'Belfast'	2
T15	'Belfast'	3
T16	'Belfast'	4

Variables evaluadas

Se evaluaron los componentes del rendimiento (cantidad de frutos/racimo, peso de fruto (g), rendimiento (kg/m²) y componentes de calidad como longitud de fruto en (cm), diámetro de fruto (cm) y grado brix (%).

Análisis de los datos

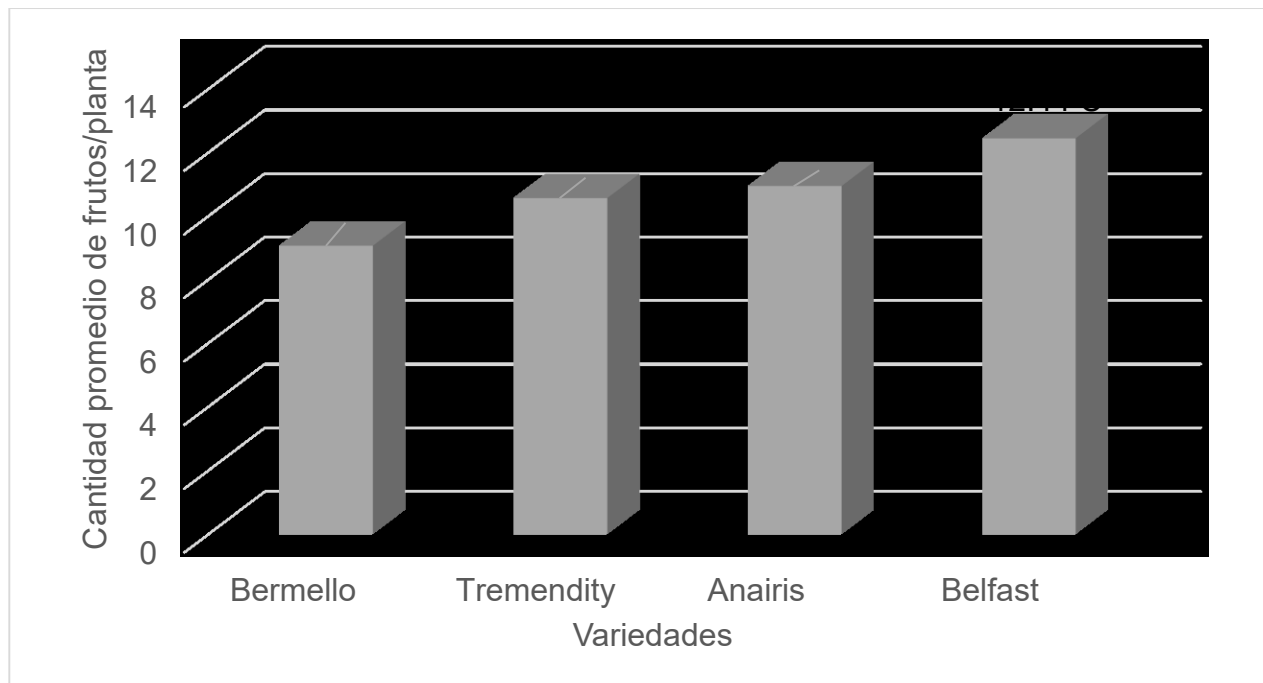
Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico InfoStat (2018). Se realizó análisis de varianza, separación de media por Tukey al 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Componentes de rendimiento en variedades de tomate de mesa bajo ambiente protegido
- Efecto del número de tallos/planta sobre el rendimiento y sus componentes en variedades de tomate de mesa
- Efecto de la variedad de tomate sobre la cantidad promedio de frutos/racimo

El análisis de varianza indica diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 10.39 %, para cantidad promedio de frutos/racimo. No hubo diferencia estadística para el efecto combinado de variedades y número de tallo.

Mediante comparación de media por Tukey (0.05), la variedad con menor cantidad promedio (9.06) frutos/racimos, fue ‘Bermello’, estadísticamente inferior a las demás variedades. Las variedades ‘Tremendity’ y ‘Anairis’ resultaron estadísticamente iguales entre sí con 10.56 y 10,94 frutos promedio/racimo, respectivamente. La mayor cantidad con 12.44 frutos promedio/racimo correspondió a la variedad ‘Belfast’ (Figura 1).

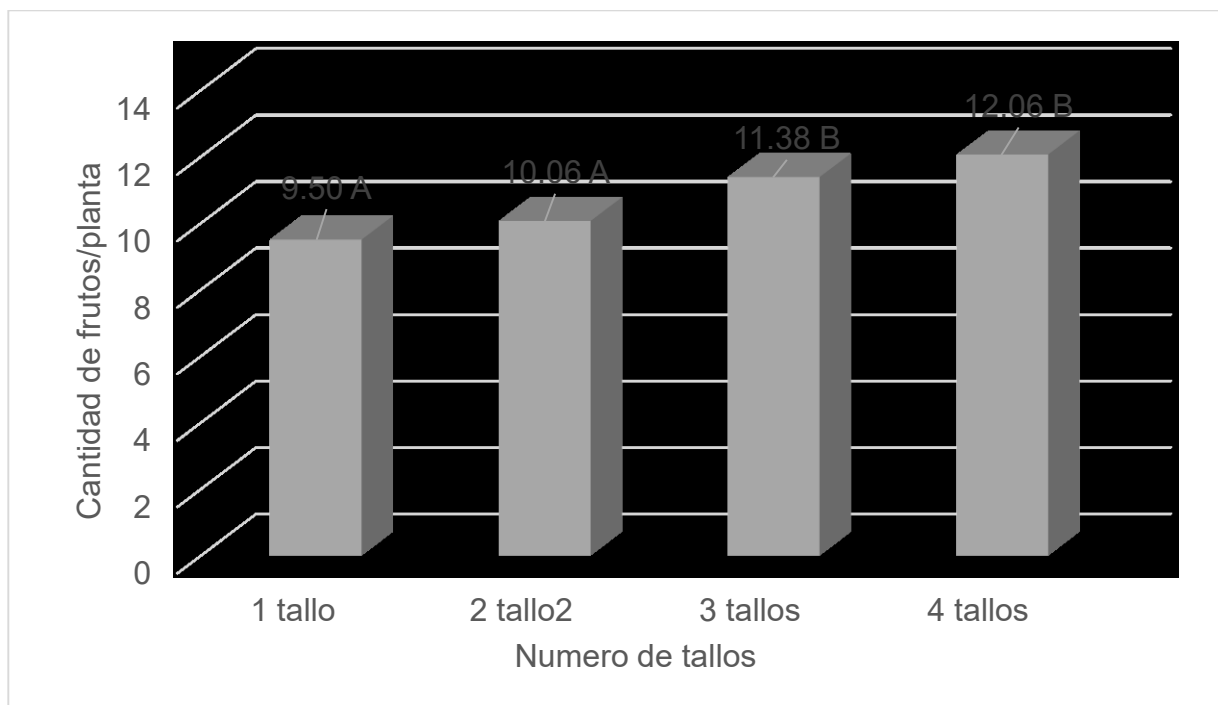


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 1 . Cantidad promedio de frutos por racimos para variedades de Tomates.

Efecto del número de tallos sobre la cantidad promedio de frutos/racimo

En la comparación de media por Tukey (0.05) para efecto del número de tallos sobre la cantidad de frutos, con 1 y 2 tallos/planta la cantidad promedio fue estadísticamente similar con 9.5 y 10.06 frutos/racimo, respectivamente. Mientras que con 3 y 4 tallos/planta, los resultados fueron estadísticamente iguales entre sí, con promedio de 11.38 y 12.06 frutos/racimo, respectivamente, pero superiores a la conducción con 1 y 2 tallos/planta. Aunque la interacción variedad por número de tallos no fue estadísticamente significativa, la variedad 'Belfast' produjo mayor cantidad promedio de frutos/racimo (13.25 y 14.50), con 3 y 4 tallos/planta respectivamente. Mientras que 'Bermello' produjo menor cantidad de frutos/racimo (8.25 y 8.50), con 1 y 2 tallos/planta respectivamente (Figura 2)..



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

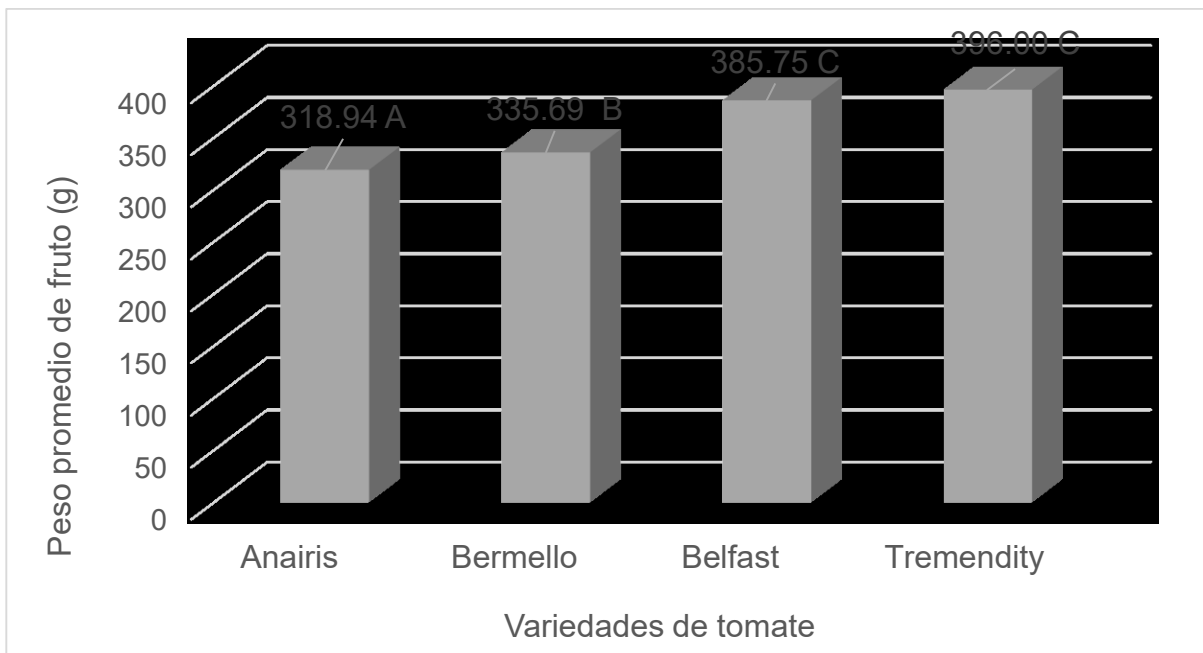
Figura 2. Efecto del número de tallos sobre la cantidad de frutos/planta.

Efecto del número de tallos sobre peso promedio del fruto en variedades de tomate

El análisis de varianza indica diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 3.36 %, para la variable peso promedio de fruto. No hubo diferencia estadística para interacción de los factores variedades por número de tallos.

Efecto de la variedad sobre el peso promedio del fruto de tomate de mesa

En la comparación de medias por Tukey (0.05), las variedades ‘Belfast’ y ‘Tremendity’ resultaron similares con mayor peso (g) de fruto (385.75 y 396.00 g), respectivamente. Las variedades ‘Anairis’ y ‘Bermello’ presentaron menores peso de fruto (318.94 y 335.69 g, respectivamente). Pero, ambos promedios fueron estadísticamente diferentes. Parece ser que la variedad ‘Bermello’ resulta más favorecida con la práctica de dejar mayor cantidad de tallos que la ‘Anairis’ (Figura 3).

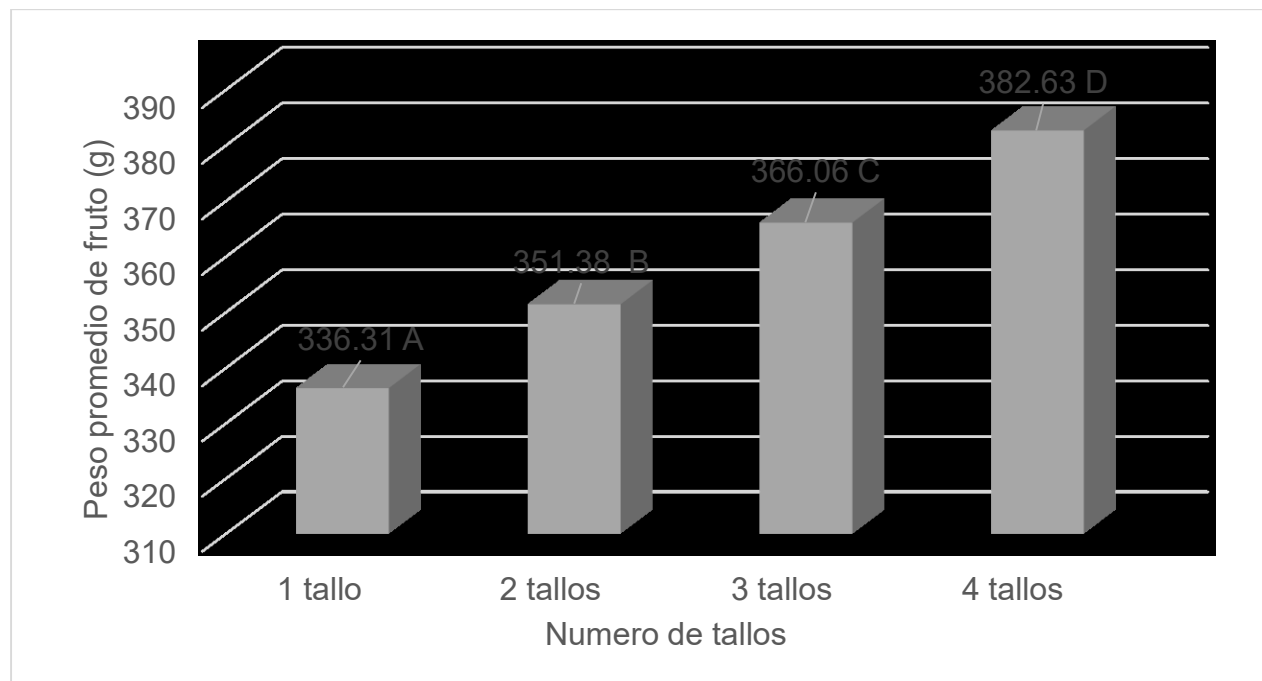


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 3. Peso promedio de frutos (g) por variedad

Efecto del número de tallos sobre el peso promedio del fruto de tomate de mesa

En la comparación de media por Tukey (0.05), al dejar las plantas con 1, 2, 3 ó 4 tallos fue estadísticamente diferente, el peso de fruto fue 336.31, 351.38, 366.06 y 382.63 g, respectivamente, esto indica ganancia de peso por fruto, a medida que las plantas se conducen con mayor cantidad de tallos. Aunque no hubo interacción significativa entre variedades por número de tallos/planta, las variedades ‘Belfast’ y ‘Tremendity’ produjeron mayores pesos de frutos (408.75 y 411.00 g), con 4 tallos/planta, respectivamente, Figura 4.



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

Figura 4. Efecto del número de tallos sobre el peso del fruto (g) de tomate.

Efecto del número de tallos/planta sobre el rendimiento promedio del tomate mesa (kg/m^2)

El análisis de varianza indica diferencias estadísticas ($p < 0.0146$) y coeficiente de variación 6.55 %, para el efecto combinado entre variedades cultivadas y el número de tallos/planta sobre el rendimiento promedio de frutos de tomate.

En la comparación de media por Tukey (0.05) para el efecto combinado de variedad por número de tallos/planta, las variedades 'Bermello' y 'Belfast' con 3 y 4 tallos/planta produjeron rendimientos promedios de 9.75 y 10.00 kg/m^2 , respectivamente y resultaron estadísticamente iguales entre sí. 'Tremendity' y 'Anairis' fueron las variedades menos favorecidas cuando las plantas fueron dejadas con 1 y 2 tallos, sus rendimientos de tomates fueron los más bajos, Tabla 2.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Mendoza *et al.* (2018), en estudio sobre efecto de número de tallo en la producción y calidad de tomate cultivado en invernadero, al aumentar el número de tallos se incrementó la cantidad de frutos/planta, es decir que el rendimiento aumentó similar a lo sucedido en este estudio. También, el mismo comportamiento fue reportado por Sandoval (2015) que,

al dejar plantas con tres tallos, los rendimientos de frutos en kg/m² fueron superiores que al dejar solo uno.

Tabla 1. Efecto combinado de variedad y número de tallos sobre el rendimiento del tomate de mesa (kg/m²).

Variedad	Numero de tallos	Medias	N	E.E.
'Tremendity'	1	6.00	4	0.27 A
'Tremendity'	2	6.25	4	0.27 AB
'Anairis'	1	7.00	4	0.27 ABC
'Anairis'	2	7.25	4	0.27 ABCD
'Anairis'	3	7.50	4	0.27 BCDE
'Bermello'	1	7.75	4	0.27 CDE
'Belfast'	2	8.25	4	0.27 CDE
'Belfast'	1	8.25	4	0.27 CDE
'Anairis'	4	8.50	4	0.27 DEF
'Tremendity'	4	8.50	4	0.27 DEF
'Tremendity'	3	8.50	4	0.27 DEF
'Bermello'	2	8.75	4	0.27 EFG
'Bermello'	3	9.75	4	0.27 FG
'Belfast'	3	10.00	4	0.27 G
'Belfast'	4	10.00	4	0.27 G
'Bermello'	4	10.00	4	0.27 G

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

Efecto del número de tallos/planta sobre el diámetro del fruto de tomate

El análisis de varianza indica diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 4.03 %, para diámetro del fruto (cm) de tomate con diferente número de tallos/planta en variedades de tomate de mesa, No fue significativo para variedades, ni para el efecto combinado de variedad por número de tallos, lo cual indica que las variedades tienen una misma calidad en diámetro de frutos y solo respondieron distintamente a la cantidad de tallos con que se manejan las plantas de tomates.

En la comparación de medias por Tukey (0.05), con 1 tallo/planta se alcanzó mayor diámetro de fruto (7.59 cm), que resultó estadísticamente superior a los demás tipos de poda de las plantas de tomate. Cuando la planta se dejó con 4 tallos, presentó frutos con diámetro (6.68 cm) estadísticamente menor. Con 2 y 3 tallos/planta el diámetro del fruto fue estadísticamente igual (7.25 y 6.99 cm), respectivamente (Tabla 3). Aunque no hubo efecto de interacción entre factores, La variedad 'Anairis' con 1 tallo/planta presentó diámetro promedio de fruto (7.75 cm) con mayor magnitud que las demás. Según Mendoza *et al* (2018), al aumentar el número de tallos/planta, el tamaño del fruto disminuye, similar tendencia es la que se observa en nuestros resultados. Es probable que este comportamiento se

deba a que según Acock (1978), el aumento del tamaño del fruto está influenciado por la penetración de la radiación solar en el dosel, ya que el tercio superior de las plantas de tomate, que representa el 23% del área foliar total de la planta, puede interceptar alrededor de 73 % de la radiación solar total incidente, que representa más del 60% de la asimilación neta de fotoasimilados. Lo cual se consigue cuando la producción de tomates se conduce con menos tallos/planta, donde hay mayor espaciamiento y por tanto mejor penetración de luz.

Barrios (2015) en trabajo en evaluación de sistemas de podas sobre el rendimiento de tomate no encontró diferencias en cuanto a diámetro y longitud de frutos entre los niveles de podas que se realizó a las plantas. Igual resultado presentó Sandoval (2015).

Tabla 2. Efecto del número de tallos sobre el diámetro (cm) del fruto de tomate de mesa.

Numero de tallos	Medias	n	E.E.
4 tallos	6.68	16	0.07 A
3 tallos	6.99	16	0.07 B
2 tallos	7.25	16	0.07 B
1 tallo	7.59	16	0.07 C

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

Efecto del número de tallos/planta sobre la longitud promedio del fruto

El análisis de varianza indica diferencias estadísticas ($p < 0.0001$) y coeficiente de variación 3.20 %, para variedades y número de tallos/planta en variedades de tomate de mesa, No fue significativo el efecto de interacción entre factores variedad por número de tallos/planta.

Efecto de la variedad sobre la longitud del fruto de tomate de mesa

La comparación de media por Tukey (90.05) indicó que la variedad con mayor longitud de fruto (6.12 cm) fue 'Belfast', que resultó estadísticamente superior a las demás. La variedad 'Bermello' con 5.88 cm de longitud de fruto resultó inferior a 'Belfast' y superior a las demás. La menor longitud de fruto e iguales entre sí correspondió a las variedades 'Tremendity' y 'Anairis' con 5.65 y 5.63 cm, respectivamente, Tabla 4.

Tabla 3. Efecto de la variedad sobre la longitud (cm) promedio del fruto de tomate de mesa.

Variedad	Medias	n	E.E.
'Anairis'	5.63	16	0.05 A
'Tremendity'	5.65	16	0.05 A
'Bermello'	5.88	16	0.05 B
'Belfast'	6.12	16	0.05 C

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

Efecto del número de tallos/planta sobre la longitud promedio de fruto

En la comparación de media por Tukey (0.05), con 1 tallo/planta la longitud promedio del fruto fue 6.13 cm y estadísticamente superior a las demás podas. Con 2 tallos fue 5.93 cm, con 3 y 4 tallos 5.71 y 5.51 cm, respectivamente, cuyas magnitudes son estadísticamente diferentes, Tabla 5. En este caso se observa la tendencia de disminución de la longitud del fruto a medida que se intensifica la cantidad de tallos que se dejan a las plantas. Estos resultados difieren a los de Barrios (2015) en cuanto a la longitud del fruto de tomate, no hubo diferencias entre los sistemas de podas evaluados.

Tabla 4. Efecto del número de tallos sobre la longitud (cm) del fruto de tomate de mesa.

Numero de tallos	Medias	n	E.E.
4 tallos	5.51	16	0.05 A
3 tallos	5.71	16	0.05 B
2 tallos	5.93	16	0.05 C
1 tallo	6.13	16	0.05 D

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

Grado Brix de los frutos

El análisis de varianza (Anexo 6.6) indica que para la variable grado brix (%) no hubo diferencias estadísticas significativas y coeficiente de variación 9.65 %, para variedades ($p = 0.3358$), número de tallos por planta ($p = 0.3807$), y para el efecto combinado de variedad * número de tallos ($p = 0.2121$).

En relación con los resultados obtenidos, el grado brix presenta promedio general de 5.30 % entre las variedades y guarda relación con lo expresado por Mendoza et al (2018), que cuando se aumenta el número de tallos/planta el rendimiento aumenta, pero disminuye la calidad porque se reduce diámetro y longitud de fruto, por tanto, disminuye el tamaño y su firmeza. Pero para el grado brix es indiferente, y dado que, según Cantwell (2004), el contenido de sólidos solubles de los tomates en general, se sitúa entre 3.5 y 7.0 °Brix, dependiendo de la variedad. Estas variedades se encuentran dentro del rango aceptable de grado brix y no fue afectado por la conducción de diferentes tallos/planta, por lo que la misma no interfiere con las características de sabor de estas.

CONCLUSIONES

Se determinó el efecto del número de tallos/planta sobre el rendimiento en variedades de tomate de mesa y los factores en estudio no influenciaron en forma interactiva los componentes del rendimiento por lo que, el menor número promedio de frutos/racimo fue conseguido con la variedad 'Bermello' y el mayor promedio lo presentó 'Belfast'. En relación con el número de tallos/planta, la menor cantidad de fruto/racimo se produjo con 1 tallo/planta y la mayor con 4 tallos/planta. En relación con el peso de fruto, el menor peso se produjo en la variedad 'Anairis' y el mayor con 'Tremendity'. Sin embargo, no hubo evidencia de que esto se debiera al dejar diferente número de tallos/planta, a pesar de que al aumentar el número de tallos/planta se registrara mayor peso de fruto. En el análisis estadístico solo hubo efecto combinado de variedad * número de tallo para rendimiento (kg/m²) y el mismo fue más bajo con la variedad 'Tremendity' con 1 tallo/planta, más alto con 'Belfast' con 3 y 4 tallos/planta y 'Bermello' con 4 tallos/planta, con similar comportamiento estadístico.

Se determinó el efecto del número de tallos/planta sobre la calidad del fruto en variedades de tomate de mesa, para lo cual los factores presentaron resultados independientes, en consecuencia, el menor diámetro promedio del fruto correspondió a la variedad 'Belfast' y a su vez presentó mayor longitud de este, en cambio el mayor diámetro fue para variedad 'Anairis', con menor longitud promedio de frutos. Esto indica que ambas variedades son diferentes en tamaño y forma de fruto. Con relación a la conducción con diferentes tallos/planta, el menor diámetro promedio del fruto se consiguió con 4 tallos/planta y el mayor con 1 tallo/planta. Para la longitud de fruto, la menor correspondió a 4 tallos/planta y la mayor longitud con 1 tallo/planta. Estos resultados indican que se consigue mejor calidad de frutos con menor cantidad de tallos/planta. Para el grado brix no hubo efectos significativos ni por variedad ni por número de tallos/planta.

Aunque los mayores rendimientos se obtienen con 3 y 4 tallos/planta los frutos se presentan de menor calidad a medida que se aumenta la cantidad de tallos. Los resultados indican que el número de tallos por planta puede ser una estrategia que define la calidad, cantidad y oportunidad de rendimiento de tomate cultivado en invernadero.

Se recomienda, por rendimiento, las variedades 'Belfast' o 'Bermello' y manejo con 4 tallos/planta. Por la calidad (diámetro y longitud) se recomienda 'Belfast' con 1 tallo/planta.

Continuar investigaciones en este sentido, para validar la información obtenida en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto “Mejoramiento de la calidad y productividad de tomate a través de la difusión de nuevas tecnologías”, auspiciado por la Oficina de la Cooperación Agrícola en la República Dominicana, Kopia RD y al personal de la Estación Experimental Hortícola de Constanza del Idiaf, por la colaboración en la conducción del trabajo.

A los colaboradores de esta investigación Ing. Luis Francisco Montolio y señora Juana Soriano por su participación activa en las mediciones de las variables.

A los investigadores Carlos Céspedes e Isidro Almonte por sus aportes en la revisión.

A los obreros de la estación experimental del IDIAF en Constanza, por su colaboración y estrategias de manejo del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Acock, B. 1978. The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: an experimental examination of two canopy models. *Journal of Experimental Botany* 29: 815-827.
- Aljaro, A. 1993. Técnicas De Poda Para Hortalizas En Invernadero. Tomate. Pepino ensalada. Melón.; IPA La Platina N° 59.
- Avalon. 2017. Manual de producción de tomate bajo invernadero. (En línea). Revisado el 25 de mayo de 2019, de avalon utadeo. Disponible en: <http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/tomate/files/assets/basic-html/page38.html>
- Barrios, J. 2015. Evaluación de sistemas de podas sobre el rendimiento de tomate; Catarina, San Marcos. Tesis. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 78 p.
- Cantwell, M. 2004. Fresh Market Tomato. Statewide Uniform Variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. University of California. South San Joaquin Valley, USA. 33p.
- Castellanos, J.; Muñoz R. 2004. Manual De Producción Hortícola En Invernadero. Curso Internacional De Producción De Hortalizas Bajo Invernadero. México.
- Castilla, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo del suelo. In: El cultivo de tomate. Nuez, F. (ed.) Mundi-Prensa, España, P. 93.
- Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, DO (Cedaf). 2012. Diagnóstico Cultivos en Invernaderos. Santo Domingo, DO. (En línea). Revisado el 25 de mayo de 2019, de avalon utadeo. Disponible en: <https://1library.co/document/download/yjower6z>
- Cockshull, K.; Ho, L. 1995. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. *Journal of Horticultural Science* 70(3): 395-407.
- Chapagain, P.; Wiesman, Z. 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Sci. Hortic.* 99(3):279-288.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR (IICA). 2016. Manual técnico del cultivo de tomate. San José, CR. Pp 13-101.

- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR (IICA). 2017. Vegetales Orientales: Un potencial de exportación para la República Dominicana. Santo Domingo.
- InfoStat. (2018). Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Lagos, C. 2005. Efecto de la poda y raleo de frutos sobre rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Frontera, Temuco, Chile. 57p.
- Ministerio de Agricultura, DO. 2018. Departamento de producción bajo ambiente protegido. Deprobap. (En línea). Revisado el 15 de junio del 2021. Disponible en: <https://verduras.consumer.es/tomate/introduccion>
- Mendoza, P.; Ramírez, A.; Martínez, R.; Rubinos, P.; Trejo, C. 2018. Efecto de número de tallos en la producción y calidad de tomate cultivado en invernadero. Disponible en: Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero (scielo.org.mx). Consultado el 4/9/2021.
- Nederhoff, E.; De Koning, A.; Rijdsdijk, A. 1992. Leaf deformation and fruit production of glasshouse grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by CO₂, plant density and pruning. *Journal of Horticultural Science* 67(3): 411-420.
- Peil, R.; Galvez, J. 2004. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira* 22(2): 265-270.
- Ponce, J ; Peña, A ; Sánchez, F ; Rodríguez, J ; Mora, R ; Castro, R y Magaña, N 2011. Evaluación de podas en dos variedades de tomate (*Physalis* e *Ixocarpa* Brat. Ex Horn) cultivado en campo. *Revista Chapingo*. (3):151-160. Orzolek, Michael D. y Bogash, Steven M., Universidad Estatal de Pensilvania, Estados Unidos de América. 2015. Producción de tomate. Disponible en: <https://extension.psu.edu/produccion-de-tomates>.
- Rodríguez, R.; Tavares, R.; Medina, R. 2001. Cultivo Moderno Del Tomate. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 255 p.
- Sandoval, R. 2015. Evaluación de poda a uno, dos y tres tallos en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de hidroponía e invernadero. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Mexico. 42 p.
- Salinas, O.; Ramírez, O.; Ospina, J. 1994. Efecto del sistema de tutorado poda de tallos y poda de hojas sobre la calidad de fruto de tomate. *Revista Agronomía Colombiana* 11(2): 184-189.
- Valerio, P. 2012 Evaluación de podas de dos variedades de tomate. (En línea). Revisado el 25 de agosto de 2021. Disponible en www.scielo.org.mx/scielo.php?script.

Efectividad de cepas nativas de *Trichoderma* spp. en el control de *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium* en ají (*Capsicum annuum* L.) en ambiente protegido

J. Moya^{1*}, S. García², M. Morel², E. Avilés³, P. Núñez³ y L. Matos⁴

Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). ¹Investigador Estación Experimental Mata Larga (CENIAF-IDIAF), ²Investigadoras Estación Experimental Mata Larga (CENIAF-IDIAF), ³Investigadores Centro Norte (CENIAF-IDIAF), ⁴Investigador Centro de Tecnologías Agrícolas (CENIAF-IDIAF). *Autor para correspondencia: jmoya@idiaf.gov.do

RESUMEN

En la República Dominicana los cultivos bajo ambiente protegido pueden presentar daños radiculares causados por especies de los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Sclerotium*. Para el control se utilizan principalmente productos químicos, aunque se reportan casos donde se aplicó control biológico a base de especies del género *Trichoderma*. Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la efectividad de cepas nativas de *Trichoderma* en el control de especies de los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium*, en el cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.) bajo ambiente protegido. El estudio se realizó en la Estación Experimental Mata Larga del Idiaf en San Francisco de Macorís, en dos fases. Se utilizaron 18 cepas de *Trichoderma* de las especies *T. asperellum*, *T. longibrachiatum* y *T. harzianum*. Los fitopatógenos fueron aislados de plantas de ají y tomate. Se utilizó un diseño completamente al azar con 37 tratamientos en la primera fase y 45 en la segunda, con cuatro repeticiones con tres plantas por unidad experimental. Se utilizó ají cubaneta, variedad 'Granada'. *Trichoderma* y los fitopatógenos fueron cultivados en PDA en platos Petri. Se realizaron varias inoculaciones de *Trichoderma* y una sola de los fitopatógenos. Se evaluó la mortalidad de plantas durante 10 semanas. Se realizó análisis de varianzas y comparaciones de medias con Kruskal Wallis ($p \leq 0.05$). En la primera fase, los análisis no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. En la segunda fase, el análisis mostró diferencias ($p=0.017$) entre los tratamientos *Trichoderma* y testigo *Phytophthora*. Las cepas de *Trichoderma* T19B, T22C, T25A y T28A fueron estadísticamente efectivas en el control de la mortalidad de plantas de ajíes causada por *Phytophthora capsici* bajo condiciones de producción de cultivos bajo ambiente protegido.

Palabras clave: Control biológico, hongos antagonistas, cepas nativas, fitopatógenos

ABSTRACT

In the Dominican Republic, crops under a protected environment can present root damage caused by species of the genera *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium* and *Sclerotium*. Chemical products are mainly used for control, although cases have been reported where biological control was applied based on species of the genus *Trichoderma*. This research was carried out with the objective of determining the effectiveness of native strains of *Trichoderma* in the control of species of the genera *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* and *Pythium*, in the cultivation of chili (*Capsicum annuum* L.) under a protected environment. The study was carried out at the Idiaf Mata Larga Experimental Station in San Francisco de Macorís, in two phases. Eighteen strains of *Trichoderma* of the species *T. asperellum*, *T. longibrachiatum* and *T. harzianum* were used. Phytopathogens were isolated from pepper and tomato plants. A completely randomized design was used with 37 treatments in the first phase and 45 in the second, with four repetitions with three plants per experimental unit. Cubaneta chili, 'Granada' variety, was used. *Trichoderma* and phytopathogens were cultured on PDA in Petri dishes. Several

inoculations of *Trichoderma* and only one of the phytopathogens were carried out. Plant mortality was evaluated for 10 weeks. Analysis of variance and comparison of means with Kruskal Wallis ($p \leq 0.05$) were performed. In the first phase, the analyzes showed no significant differences between the treatments. In the second phase, the analysis showed differences ($p=0.017$) between the *Trichoderma* treatments and the *Phytophthora* control. *Trichoderma* strains T19B, T22C, T25A and T28A were statistically effective in controlling the mortality of pepper plants caused by *Phytophthora capsici* under greenhouse conditions.

Keywords: *Biological control, antagonist fungi, native strains, phytopathogens*

INTRODUCCIÓN

En la República Dominicana la producción de vegetales bajo ambiente protegido es una actividad económica importante, la superficie dedicada a la siembra aumenta cada año, en el año 2012 el país contaba con 601.4 ha de instalaciones para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos), y para el año 2017 llegó a 1,016 hectáreas, en las que se produjeron 146.3 millones de libras de vegetales, de las cuales se exportaron 92.5 millones de libras. En el año 2018, el país exportó 16, 621 toneladas métricas de ajíes y pimientos, por un valor de US\$ 18, 648,276.00, MA (2019).

Los cultivos bajo ambiente protegido pueden presentar daños o enfermedades en el sistema radicular que afectan negativamente al aumentar la mortalidad de las plantas, disminuir los rendimientos, bajar la calidad de los frutos, aumentar los costos de producción, y por tanto, reducir la rentabilidad de las explotaciones. Estos daños radiculares pueden ser causados por microorganismos fitopatógenos de suelo, tales como: especies de los géneros de hongos *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Sclerotium*, entre otros. Ramírez y Pérez (2017) reportaron contaminación del agua de riego de para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos) en Jarabacoa, provincia La Vega, en el norcentro de la República Dominicana, con especies de los fitopatógenos *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Verticillium*. También, Hubert (2008) reportó incidencia de *Fusarium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia* en invernaderos de San José de Ocoa, tanto a nivel de agua de riego como en sustratos utilizados.

Para el control de los fitopatógenos se utilizan principalmente productos químicos, aunque en ocasiones se han utilizado agentes de control biológico. Entre estos agentes, se encuentran hongos antagonistas del género *Trichoderma*, los cuales pueden actuar como promotores del crecimiento de las plantas y aumentar los rendimientos del cultivo (Harman 2006, Harman *et al.* 2008, Stefanova 2007). Guigón-López y González-González (2004) encontraron cepas de *Trichoderma* spp. que redujeron 50 % la severidad del marchitamiento causado por *P. capsici* en plantas de ají en estructuras para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos) cuando la concentración del fitopatógeno fue de 40×10^4 conidios/ml y, también reportaron que estas cepas promovieron un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas.

García *et al.* (2006) lograron reducciones superiores al 25 % de las enfermedades causadas por *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp. *Sclerotium cepivorum*, *Sclerotium rolfsii*, y *Plasmidiophora* sp. en varios cultivos a nivel de campo, al utilizar una cepa de *Trichoderma harzianum*. Sallam *et al.* (2008) reportaron que formulaciones de *Trichoderma* spp. aplicadas al momento del trasplante o dos semanas antes de éste, en el cultivo de habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo condiciones de producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos) y campo, redujeron

significativamente la incidencia de Damping-off causado por *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*, y a la vez promovieron el rendimiento de la cosecha.

Este estudio se realizó con el objetivo de determinar la efectividad de cepas nativas de *Trichoderma* en el control de las enfermedades causadas por los fitopatógenos *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium* sp., en plantas de ají (*Capsicum annuum* L.) bajo ambiente protegido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en estructuras para producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernadero) en la Estación Experimental Mata Larga del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), ubicada en San Francisco de Macorís, provincia Duarte, localizada geográficamente en los 19°18'10.00" latitud N y 70°13'53.06" longitud O, a 141 msnm.

Periodo del estudio

La investigación se realizó en dos fases, la primera fase en el período octubre 2018 a marzo 2019 y la segunda fase en el periodo octubre 2019 a mayo 2020.

Trichoderma y fitopatógenos utilizados

Se utilizaron 18 cepas de *Trichoderma* de las especies *T. asperellum*, *T. longibrachiatum*, y *T. harzianum*, y una especie no identificada, *Trichoderma* sp. Estas cepas fueron obtenidas de raíces, sustratos y suelos provenientes de cultivos bajo ambiente protegido de San José de Ocoa y zona baja de La Vega, República Dominicana, durante el período julio a septiembre del 2010, y conservadas en laboratorio de la Estación Experimental Mata Larga. En la primera fase del estudio, se evaluaron ocho cepas de *Trichoderma* y en la segunda fase diez (Tabla 1). En la Figura 1, se muestran algunas de las cepas de *Trichoderma* evaluadas.

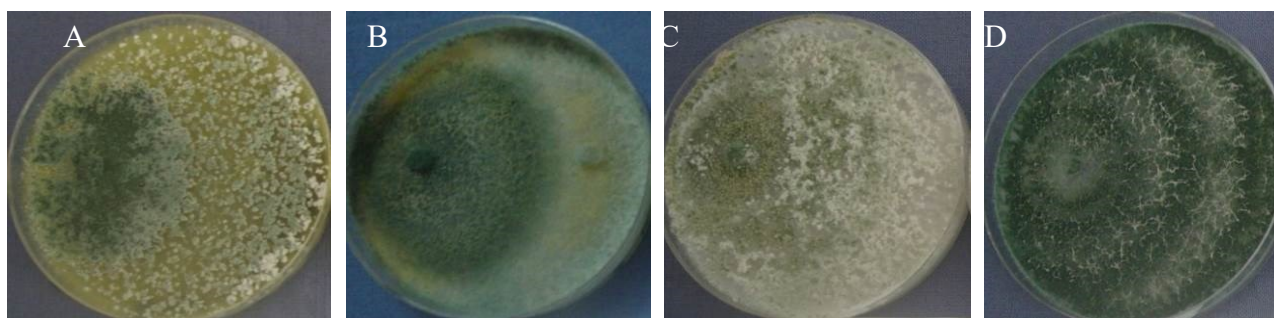


Figura 1. Crecimiento de *Trichoderma* en platos de Petri. A) cepa T12A, B) cepa T13A, C) cepa T19B, D) cepa T28A

Tabla 1. Cepas de *Trichoderma* utilizadas

Fase	Cepa	Especie	Procedencia	
			Planta	Localidad
Primera	T1A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (raíz)	San José Ocoa
	T2F	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	San José Ocoa
	T6B	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	San José Ocoa
	T7A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Tomate (sustrato)	San José Ocoa
	T10A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Tomate (sustrato)	San José Ocoa
	T11A	<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají cubanella (raíz)	La Vega (zona baja)
	T12A	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Ají jamaquino (raíz)	La Vega (zona baja)
	T13A	<i>Trichoderma harzianum</i>	Maleza (raíz)	La Vega (zona baja)
	Segunda	T1D	<i>Trichoderma</i> sp.	Ají morrón (raíz)
T16B		<i>Trichoderma harzianum</i>	Ají morrón (raíz)	Jarabacoa
T19B		<i>Trichoderma harzianum</i>	Tomate (suelo)	Jarabacoa
T22C		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (suelo)	Constanza
T25A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají cubanella (raíz)	Constanza
T27A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (raíz)	Villa Trina
T28A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	Villa Trina
T31C		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají cubanella (raíz)	Villa Trina
T36A		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	Jarabacoa
T37B		<i>Trichoderma asperellum</i>	Ají morrón (sustrato)	Jarabacoa

Los fitopatógenos utilizados fueron de los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, Figura 2, aislados de raíces enfermas de plantas de ajíes y tomate de las localidades La Vega, Constanza y Juan López (Tabla 2) en los años 2016 y 2017. Las cepas de *Trichoderma* y los fitopatógenos estuvieron conservadas en glicerol 30 % a -17 °C.

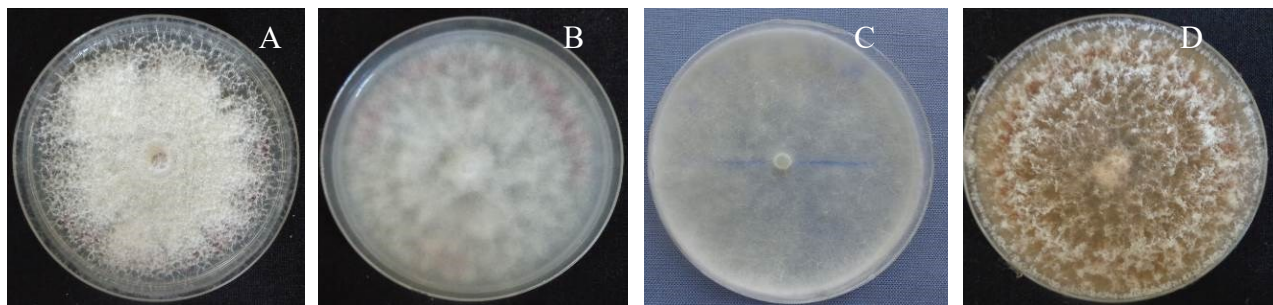


Figura 2. Crecimiento de fitopatógenos en platos de Petri. A) *Fusarium*, B) *Phytophthora*, C) *Pythium*, D) *Rhizoctonia*

Tabla 2. Fitopatógenos utilizados

Cepa	Especie	Procedencia	
		Localidad	Cultivo
F1.L.V.	<i>Fusarium oxysporum</i>	La Vega (zona baja)	Ají morrón
Ph1.L.V.	<i>Phytophthora capsici</i>	La Vega (zona baja)	Ají morrón
Py13.C.	<i>Pythium</i> sp.	Constanza	Tomate de mesa
R2b.J.L.	<i>Rhizoctonia solani</i>	Juan López	Ají cubanela

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 37 tratamientos en la primera fase y 45 tratamientos en la segunda fase. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, cada unidad experimental constó de tres plantas de ají sembradas en macetas de plástico. Los tratamientos estuvieron conformados por las 18 cepas de *Trichoderma* y los cuatro fitopatógenos, más cuatro testigos relativos de los fitopatógenos y un testigo absoluto sin *Trichoderma* y sin fitopatógeno.

Manejo del experimento

- Producción de plántulas

Se utilizó ají cubanela, variedad 'Granada'. Las semillas fueron sembradas en bandejas (Figura 3) con sustrato fibra de coco y lombricompost en proporción 5:1, respectivamente, el cual fue previamente esterilizado dos veces en autoclave. Las bandejas se mantuvieron sobre mesa metálica en casa malla. A los 34 y 37 días de germinadas, las plántulas fueron trasplantadas a macetas plásticas color negro (Figura 4) con capacidad 6.5 litros, altura 22 cm, diámetro superior 22 cm, diámetro de base 18 cm. Estas contenían en promedio 6.8 kg de suelo franco arenoso, con pH de 7.68 y conductividad eléctrica de 0.44.



Figura 3. Producción de plántulas de ajíes en bandejas



Figura 4. Plántulas trasplantadas en macetas

- Reactivación de *Trichoderma* y los fitopatógenos

Las cepas *Trichoderma* fueron reactivadas enfrentándolas al fitopatógeno *Fusarium solani* en cultivo dual en PDA 20 % en platos Petri. Los fitopatógenos fueron reactivados mediante postulados de Koch, con pruebas de patogenicidad en plántulas de ajíes y tomates, reisolamiento y purificación, Figura 5.



Figura 5. Reactivación de fitopatógeno mediante inoculación en plántula de ají en laboratorio. **A:** Visión general de plántula inoculada, **B:** Acercamiento de la inoculación, en donde se nota el avance de la lesión en el cuello de la plántula.

- Cultivo e inoculación de *Trichoderma* y los fitopatógenos

Trichoderma y los fitopatógenos fueron cultivados en PDA (papa dextrosa agar) al 20 % en platos de Petri. *Trichoderma* fue cultivado durante 10 y 13 días a temperatura ambiente y los fitopatógenos durante 4 y 22 días en la oscuridad a temperaturas entre 24 y 30 °C. Se realizaron varias inoculaciones de *Trichoderma* y una sola de los fitopatógenos. En la primera fase, en invernadero se realizaron cuatro inoculaciones (aplicaciones) de *Trichoderma*, y en la segunda fase se realizaron tres aplicaciones. De los fitopatógenos se realizó una aplicación en cada fase. En ambas fases, la primera inoculación de *Trichoderma* se realizó de manera preventiva a los cuatro días (primera fase) y siete días (segunda fase) después del trasplante (ddt) de las plántulas a las macetas y antes de la inoculación de los

fitopatógenos. La segunda inoculación, 22 días (primera fase) y 30 días (segunda fase) después de la primera, la tercera inoculación, 10 y 32 días después de la segunda inoculación y la cuarta (última) 14 días después de la tercera. Los fitopatógenos fueron inoculados después de la primera inoculación de *Trichoderma* a los nueve y a los siete días, en la primera y segunda fase respectivamente. En la Figura 6, se muestra la forma de inoculación de *Trichoderma* y en la Figura 7, la forma de inoculación de los fitopatógenos.



Figura 6. Inoculación de *Trichoderma*



Figura .7 Inoculación de fitopatógeno

Para la inoculación de *Trichoderma* se preparó una suspensión madre de esporas con cada una de las cepas. A cada plato de Petri con el cultivo de *Trichoderma* se le aplicó 25 ml de agua destilada estéril y se removieron y recogieron las esporas con una varilla de cristal tipo "L". A la suspensión madre preparada se le aplicó Polysorbate 20, N.F. (polyoxyethylene (20) sorbitan monolaurate) J.T.Baker, al 0.01 % (v/v) y se realizó el conteo de las esporas en la cámara de Neubauer del hematocitómetro. *Trichoderma* fue inoculado en 10 ml de suspensión líquida aplicados al pie o cuello de la planta, con una concentración de 1.2×10^8 esporas/planta; mientras que, los fitopatógenos fueron inoculados en cuatro discos de micelios colocados sobre las raíces en los cuatro lados de la planta.

- Control de malezas y riego

La eliminación manual de malezas dentro de las macetas se realizó cada 7 y 14 días, y fuera de las macetas (en el invernadero) entre 20 y 25 días. El riego se suministró cada 3 o 4 días, según los requerimientos de las plantas.

- Fertilización y control de insectos

Primera Fase

Las plántulas en bandejas recibieron dos aplicaciones de fertilizante de las formulaciones comerciales Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S), en forma de drench. La primera a una dosis de 1.5 g/litro de agua de Plamtar nitrógeno y 1.5 g/litro de agua de Plamtar fósforo, mientras la segunda a una dosis de 3.0 g/litro de agua de Plamtar nitrógeno y 2.0 g/litro de agua de Plamtar fósforo.

En las macetas las plántulas recibieron un total de seis aplicaciones de Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S), cada 8 a 10 días, cinco en drench y una foliar. Se aplicaron 100 ml/planta de la mezcla de Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S), a una dosis de 28.3 g/litro de agua cada uno.

Se realizaron dos aplicaciones de insecticida del producto comercial Engeo 24.7 SC, neonicotinodepiretroide (Tiametoxam + Lambdacialotrina) en dosis de 0.5 ml/litro de agua. La primera aplicación se hizo siete ddt y la segunda 15 días después de la primera.

Segunda Fase

En las bandejas, las plántulas recibieron una aplicación de insecticida Engeo 24.7 SC (Tiametoxam + Lambdacialotrina) a los 15 días después de la germinación, en dosis de 0.5 ml del producto por litro de agua. En las macetas, las plántulas recibieron dos aplicaciones de fertilizantes Plamtar nitrógeno 26-6-14 + 6 (S) y Plamtar fósforo 14-37-10 + 4 (S). Estos fertilizantes se disolvieron en agua utilizando una dosis de 28.31 g/litro agua de cada uno, y de esta suspensión se aplicaron 100 ml a cada planta de ají en maceta, en forma de drench. La primera aplicación se realizó a los 27 días después del trasplante (ddt) y la segunda a los 30 días después de la primera.

Se realizaron tres aplicaciones de insecticidas, dos de Engeo 24.7 SC en dosis de 0.5 ml/litro de agua, y una de Vertimec 1.8 EC (abamectina) a igual dosis. La primera aplicación en la primera semana después del trasplante, la segunda, cuatro semanas después de la primera y la tercera dos semanas después de la segunda. En la Figura 8, se observa el proceso aplicación de fertilizante a las plantas.



Figura 8. Fertilización de plántulas de ajíes en macetas

- Re aislamiento de agente causal

Las plántulas con síntomas de enfermedad (lesión del cuello, marchitamiento y pudrición de raíces) fueron procesadas en el laboratorio en donde se observó y confirmó la presencia del agente causal o fitopatógeno inoculado (Figuras 9 y 10).



Figura 9. Plántula muerta con lesión en el cuello



Figura 10. Tejidos enfermos en platos Petri de plántulas muertas para confirmación del agente causal

Variable evaluada

Se evaluó la mortalidad de plantas (número promedio de plantas muertas/tratamiento), cada siete días a partir de la inoculación de los fitopatógenos, durante 10 semanas.

Análisis de datos

Se realizó análisis de varianzas y comparaciones de medias con Kruskal Wallis ($p \leq 0.05$) para cada fitopatógeno por separado enfrentado con las cepas de *Trichoderma*. Se utilizó el programa estadístico Infostat 2016. El coeficiente de variación (CV) se tomó del análisis de varianzas con Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primera Fase

En la primera fase, los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de *Trichoderma* y los testigos relativos dentro de cada fitopatógeno (tablas 3, 4, 5 y 6). Lo que indica que las cepas de *Trichoderma* T1A, T2F, T6B, T7A, T10A, T11A, T12A y T13A no mostraron efecto de control sobre los fitopatógenos *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium* sp. y *Rhizoctonia solani*. Resultados similares obtuvieron Avilés *et al.* (2017) al evaluar en invernadero el efecto de tres cepas nativas de *Trichoderma* en el control de *Fusarium solani*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Tabla 3. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Fusarium* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.00	A	0.00	6.02	0.13
5	T1A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
9	T2F vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
21	T10A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
29	T12A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
33	T13A vs. <i>Fusarium</i>	4	0.00	A	0.00		
13	T6B vs. <i>Fusarium</i>	4	8.25	A	16.50		
17	T7A vs. <i>Fusarium</i>	4	16.50	A	19.05		
25	T11A vs. <i>Fusarium</i>	4	25.00	A	32.03		
1	<i>Fusarium</i> (Testigo relativo)	4	25.00	A	32.03		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV= 59.62

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

En los tratamientos con *Phytophthora*, el análisis estadístico presentó diferencias significativas ($p=0.007$), sin embargo, las mismas fueron con respecto al testigo absoluto y no con respecto al tratamiento *Phytophthora* (Testigo relativo), con el cual los tratamientos con *Trichoderma* se comportaron estadísticamente iguales.

Tabla 4. Porcentaje de plantas muertas de ají (*C. annum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Phytophthora* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	12.9	0.007
6	T1A vs. <i>Phytophthora</i>	4	83.5	A B	19.1		
18	T7A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
26	T11A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
22	T10A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
34	T13A vs. <i>Phytophthora</i>	4	91.8	B	16.5		
30	T12A vs. <i>Phytophthora</i>	4	100.0	B	0.0		
2	<i>Phytophthora</i> (Testigo relativo)	4	100.0	B	0.0		
10	T2F vs. <i>Phytophthora</i>	4	100.0	B	0.0		
14	T6B vs. <i>Phytophthora</i>	4	100.0	B	0.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV= 14.17

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Tabla 5. Porcentaje de plantas muertas de ají (*C. annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Pythium* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.00	A	0.00	0.00	3.35	0.57
3	<i>Pythium</i> (Testigo relativo)	4	0.00	A	0.00	0.00		
7	T1A vs. <i>Pythium</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
31	T12A vs. <i>Pythium</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
15	T6B vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
23	T10A vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
27	T11A vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
35	T13A vs. <i>Pythium</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
19	T7A vs. <i>Pythium</i>	4	16.75	A	33.50	0.00		
11	T2F vs. <i>Pythium</i>	4	33.50	A	38.68	33.50		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV= 231.29

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Tabla 6. Porcentaje de plantas muertas de ají (*C. annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Rhizoctonia* en la primera fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.00	A	0.00	0.00	5.78	0.34
8	T1A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
32	T12A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
36	T13A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.00	A	0.00	0.00		
20	T7A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	8.25	A	16.50	0.00		
4	<i>Rhizoctonia</i> (Testigo relativo)	4	16.50	A	19.05	16.50		
24	T10A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.50	A	19.05	16.50		
12	T2F vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.75	A	33.50	0.00		
16	T6B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	25.00	A	32.03	16.50		
28	T11A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	25.00	A	32.03	16.50		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV= 189.14

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Segunda Fase

En la segunda fase, el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p=0.017$) entre los tratamientos de *Trichoderma* y el testigo relativo *Phytophthora* (Tabla 7). Las cepas de *Trichoderma* T19B, T22C, T25A y T28A se comportaron estadísticamente iguales entre sí, y tuvieron mortalidad de plantas de 16.7 % (T19B) y 25 % (T22C, T25A y T28A, respectivamente) contra un 83.3 % en el testigo relativo *Phytophthora*. Las demás cepas (T37B, T27A, T36A, T16B, T31C y T1D) tuvieron mortalidad de plantas entre 50.0 y 58.4 % y se comportaron estadísticamente iguales al testigo relativo *Phytophthora*.

Tabla 7. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Phytophthora* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0	21.3	0.017
18	T19B vs. <i>Phytophthora</i>	4	16.7	A B	19.2	16.7		
19	T22C vs. <i>Phytophthora</i>	4	25.0	A B	16.7	33.3		
20	T25A vs. <i>Phytophthora</i>	4	25.0	A B	16.7	33.3		
22	T28A vs. <i>Phytophthora</i>	4	25.0	A B	31.9	16.7		
25	T37B vs. <i>Phytophthora</i>	4	50.0	B C	43.0	50.0		
21	T27A vs. <i>Phytophthora</i>	4	50.0	B C	19.3	50.0		
24	T36A vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.3	B C	50.0	66.7		
17	T16B vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.4	B C	16.7	66.7		
23	T31C vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.4	B C	16.7	66.7		
16	T1D vs. <i>Phytophthora</i>	4	58.4	B C	16.7	66.7		
2	<i>Phytophthora</i> (Testigo relativo)	4	83.3	C	33.4	100.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV=63.26

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

El análisis estadístico, arrojó también, diferencias significativas ($p=0.047$) entre los tratamientos de *Trichoderma* con el fitopatógeno *Pythium* (Tabla 8). Sin embargo, estas diferencias no son atribuibles a efecto de control de alguna de las cepas de *Trichoderma* sobre el fitopatógeno, ya que el tratamiento *Pythium* (Testigo relativo) no presentó mortalidad de plantas. Tampoco presentaron plantas muertas los tratamientos con las cepas de *Trichoderma* T28A, T31C y T37B; mientras que, en los tratamientos con las demás cepas de *Trichoderma* (T36A, T16B, T22C, T19B, T27A, T25A y T1D) la mortalidad de plantas estuvo entre 16.7 y 66.7%. Estos resultados sugieren que estas últimas siete cepas de *Trichoderma* pueden haber favorecido los daños por *Pythium*. En este contexto, Menzies (1993) reportó que una cepa de *Trichoderma viride* fue patogénica en plántulas de pepino, ají y tomate en laboratorio e invernadero. Li Destri Nicosia *et al.* (2015) reportaron que aislados de *Trichoderma viride* causaron 30 a 80 % de mortalidad en plántulas de *Pinus nigra* de dos años de edad.

Tabla 8. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annuum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Pythium* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
33	T28A vs. <i>Pythium</i>	4	0.0	A	0.0	0.0	11.4	0.047
34	T31C vs. <i>Pythium</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
36	T37B vs. <i>Pythium</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0		
3	<i>Pythium</i> (Testigo relativo)	4	0.0	A	0.0	0.0		
35	T36A vs. <i>Pythium</i>	4	8.3	A B	16.7	0.0		
28	T16B vs. <i>Pythium</i>	4	8.3	A B	16.7	0.0		
30	T22C vs. <i>Pythium</i>	4	8.3	A B	16.7	0.0		
29	T19B vs. <i>Pythium</i>	4	16.7	A B	33.4	0.0		
32	T27A vs. <i>Pythium</i>	4	25.0	A B	31.9	16.7		
31	T25A vs. <i>Pythium</i>	4	33.3	A B	27.2	33.3		
27	T1D vs. <i>Pythium</i>	4	66.7	B	47.1	83.4		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV=160.03

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Los análisis estadísticos de los tratamientos con los fitopatógenos *Fusarium* y *Rhizoctonia* no arrojaron diferencias significativas (Tablas 9 y 10).

Tabla 9. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Fusarium* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0	13.1	0.224
1	<i>Fusarium</i> (Testigo relativo)	4	50.0	A	19.3	50.0		
5	T1D vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	38.5	66.7		
6	T16B vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
7	T19B vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	47.1	83.4		
8	T22C vs. <i>Fusarium</i>	4	50.0	A	43.0	50.0		
9	T25A vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
10	T27A vs. <i>Fusarium</i>	4	58.4	A	41.9	66.7		
11	T28A vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
12	T31C vs. <i>Fusarium</i>	4	83.3	A	33.4	100.0		
13	T36A vs. <i>Fusarium</i>	4	66.7	A	27.2	66.7		
14	T37B vs. <i>Fusarium</i>	4	41.7	A	31.9	50.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV= 57.32

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

Tabla 10. Porcentaje de plantas muertas de ají (*Capsicum annum* L.) en tratamientos *Trichoderma* vs. *Rhizoctonia* en la segunda fase del estudio

Trat.	Descripción	N	Medias		D.E.	Medianas	H	p
0	Testigo absoluto	4	0.0	A	0.0	0.0	6.18	0.269
4	<i>Rhizoctonia</i> (Testigo relativo)	4	8.3	A	16.7	0.0		
38	T1D vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.7	A	19.2	16.7		
39	T16B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
40	T19B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.7	A	33.4	0.0		
41	T22C vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
42	T25A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	16.7	A	19.2	16.7		
43	T27A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	41.7	A	50.0	33.4		
44	T28A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	8.3	A	16.7	0.0		
45	T31C vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
46	T36A vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		
47	T37B vs. <i>Rhizoctonia</i>	4	0.0	A	0.0	0.0		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) Kruskal Wallis. CV= 224.05

Leyenda: N=repetición, D.E.=desviación estándar, H=estadístico de la prueba, p=nivel de probabilidad

CONCLUSIONES

Las cepas de *Trichoderma* T19B, T22C, T25A y T28A fueron estadísticamente efectivas en el control de la mortalidad de plantas de ajíes causada por el fitopatógeno *Phytophthora capsici* bajo condiciones para la producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernaderos)

Varias cepas de *Trichoderma* probablemente pudieron haber contribuido con los daños causados por los fitopatógenos en las plantas de ajíes, al incrementarse la mortalidad de plantas en presencia de estas cepas

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de término de la carrera de agronomía de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Amaury J. Infante Balbi, Emmanuel de la Rosa Gómez y Manuela Tavares del Orbe, por su participación en la instalación del experimento y en las evaluaciones. Así como también, al señor Wellington Cuello Monegro por su contribución con las labores del cultivo y a la ingeniera agrónoma Nelsida Martínez Monegro por su colaboración en las evaluaciones.

LITERATURA CITADA

Avilés, E.; García, S.; Moya, J.; Núñez, P.; Andújar, F. 2017. Determinación de alternativas biológicas para el control de patógenos de suelo en la producción de vegetales en invernadero. *En*: Socialización de resultados de investigación en cultivos bajo ambiente controlado. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Volumen 6. Santo Domingo, DO. Pp. 94-138. (En línea). Revisado el 30 de mayo 2019. Disponible en: <https://coniaf.gob.do/index.php/documentos-digitales/category/74-diciembre?download=39:socializacion-de-resultados-de-investigacion-2011-vol-2>

Barnett H; Hunter, B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3 ed. Burgess Publishing Company. Minnesota, USA. 241 p.

García, R.; Riera, R.; Zambrano, C.; Gutiérrez, L. 2006. Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la región andina venezolana. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Fitosanidad 10 (2): 115-121. La Habana, Cu.

Göker, M.; García-Blázquez, G.; Voglmayr, H.; Tellería, M.; Martín, M. 2009. Molecular Taxonomy of Phytopathogenic Fungi: A Case Study in *Peronospora*. PLoS One 4(7): e6319.

Guigón-López, C.; González-González, P. 2004. Selección de cepas nativas de *Trichoderma* spp. Con actividad antagónica sobre *Phytophthora capsici* Leonian y promotoras de crecimiento en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L). Obregón, Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 22:117-124.

Harman, G. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96:190-194.

Harman, G.; Björkman, T.; Ondik, K.; Shores, M. 2008. *Trichoderma* spp. for biocontrol. Changing paradigms on the mode of action and uses of *Trichoderma* spp. for biocontrol. Outlooks on Pest Management 19(1): 24-29

- Hubert, R. 2008. Diagnóstico de manejo e identificación de microorganismos patógenos presentes en el cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.) bajo invernadero en San José de Ocoa, República Dominicana. Tesis para optar por el título de Máster en Ciencias Manejo Integrado de Plagas. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO. 70 p.
- Leslie, J; Summerell, BA. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing. 389 p.
- Li, D.; Nicosia, M.; Mosca, S.; Mercurio, R.; Schena, L. 2015. Dieback of *Pinus nigra* seedlings caused by a strain of *Trichoderma viride*. Plant Dis. 99:44-49.
- MA (Ministerio de Agricultura). 2019. Estadísticas agropecuarias. Exportación de vegetales. 2016-2018 (en línea). Santo Domingo, DO. (En línea). Consultado el 30 mayo 2019. Disponible en: <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/estadisticas-agropecuarias-anuales-de-otras-instituciones-del-sector-y-relacionadas-con-valor-agregado-del-ma-pib-exprt-import-financ-y-poblacion/2-exportaciones-agropecuarias-totales-y-por-producto/exportaciones-por-pais-de-destino/productos-agricolas/>
- Menzies, J. 1993. A strain of *Trichoderma viride* pathogenic to germinating seedling of cucumber, pepper, and tomato. Plant Pathology. (En línea). Consultado el 10 junio de 2021. Disponible en: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3059.1993.tb01565.x>
- Ramírez, J.; Pérez, Q. 2017. Calidad fitosanitaria del agua de riego en producción de ají (*Capsicum annuum* L.) en invernaderos de Jarabacoa, La Vega, República Dominicana. En: Socialización de resultados de investigación en cultivos bajo ambiente controlado. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Santo Domingo. p. 32-75. (En línea). Revisado el 30 de mayo 2019. Disponible en: <https://coniaf.gob.do/index.php/documentos-digitales/category/74-diciembre?download=39:socializacion-de-resultados-de-investigacion-2011-vol-2>
- Sallam, N.; Abo-Elyour, K.; Hassan, M. 2008. Evaluation of *Trichoderma* species as biocontrol agents for Damping-off and wilt diseases of *Phaseolus vulgaris* L. and efficacy of suggested formula. Egypt. J. Phytopathol. 36 (1-2): 81-93.
- Stefanova, M. 2007. Introducción y eficacia técnica del biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* spp. en Cuba. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, CU. Fitosanidad 11 (3): 75-79.
- Watanabe, T. 2002. Pictorial atlas of soil and seed fungi. Morphologies of cultured fungi and key to species. 2nd. ed. CRC press, Lewis Publishers. USA. 486 p.
- Weber, R. 2009. Recent Developments in the Molecular Taxonomy of Fungi. Physiology and Genetics, 1st ed. 410 p. Eds. Anke T. and Weber, D. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Weiland, J.; Sundsbak, J. 2000. Differentiation and detection of sugar beet fungal pathogens using PCR amplification of actin coding sequences and the ITS region of the rRNA gene. PlantDis. 84:475-482.

Caracterización bioquímica de cepas nativas de *Trichoderma* spp. endófitas en tomate con potencial de biocontrol de *Meloidogyne* spp.

Marisol Morel^{2*}, Socorro García², Yency Castillo², Marianela Conce², Juan de Dios Moya², Teófila Reinoso², Pedro Núñez² y Katherine Alonzo³

¹Investigación realizada en el marco del proyecto "Evaluación de cepas nativas del hongo endófito *Trichoderma* spp. en el control de *Meloidogyne* spp. en tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) bajo ambiente protegido", financiado por el FONDOCYT. ²Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). ³Alumno de término de Ingeniería Agronómica, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), *Autor para correspondencia: marisolmorel25@hotmail.com / solmarimorelr@gmail.com

RESUMEN

El hongo *Trichoderma* posee varios mecanismos de defensa contra los patógenos, entre los que se encuentran la producción de enzimas antifúngicas como son: la celulasa, quitinasa y pectinasa. Las enzimas producidas por *Trichoderma* actúan en la degradación de la pared celular de los patógenos, activan el proceso de micoparasitismo e inducen resistencia a las plantas. Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar bioquímicamente cepas de *Trichoderma* endófitas en el cultivo de tomate. Se instalaron tres experimentos con 18 cepas de *Trichoderma* para determinar la presencia de las enzimas quitinasa, celulasa y pectinasa en los laboratorios de protección vegetal y suelo de la Estación Experimental Mata Larga del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). En cada experimento se utilizaron las 18 cepas de *Trichoderma* con tres repeticiones más un control. Para determinar la enzima quitinasa se utilizó medio basal (MB) con quitina coloidal suplementado con bromocresol púrpura. La celulasa se determinó en medio agar de sal mineral Czapek suplementado con carboximetilcelulosa (CMC). La pectinasa, en medio agar pectinasa suplementado con bromuro de hexadeciltrimetilamonio (CTAB) al 1 %. A los cinco días se evaluó el color y diámetro formado por las cepas de *Trichoderma*. Las cepas de *Trichoderma* no presentaron actividad enzimática quitinasa a los 5 días de evaluadas. En el medio de cultivo suplementado con quitina coloidal para la detención de quitinasa se desarrolló la enzima proteasa. El 39 % de las cepas de *Trichoderma* presentó actividad enzimática celulasa y el 90 % de pectinasa, lo cual favorece el uso de esas cepas para el control biológico.

Palabras clave: Palabras claves: Hongos antagonistas, enzima, quitinasa, pectinasa, celulasa

ABSTRACT

The *Trichoderma* fungus has several defense mechanisms against pathogens, among which are the production of antifungal enzymes such as: cellulase, chitinase and pectinase. The enzymes produced by *Trichoderma* act in the degradation of the cell wall of pathogens, activate the process of mycoparasitism and induce resistance in plants. The objective of this research was to biochemically characterize endophytic *Trichoderma* strains in tomato crops. Three experiments with 18 *Trichoderma* strains were installed to determine the presence of chitinase, cellulase and pectinase enzymes in the plant protection and soil laboratories of the Mata Larga Experimental Station of the Dominican Institute of Agricultural and Forestry Research (Idiaf). In each experiment, the 18 *Trichoderma* strains were used with three repetitions plus a control. To determine the chitinase enzyme, basal medium (MB) was obtained with colloidal chitin supplemented with bromocresol purple. Cellulase is extended on Czapek mineral salt agar medium supplemented with carboxymethylcellulose (CMC). Pectinase, in

pectinase agar medium supplemented with 1% hexadecyltrimethylammonium bromide (CTAB). After five days, the color and diameter formed by the *Trichoderma* strains were evaluated. The *Trichoderma* strains did not present chitinase enzymatic activity 5 days after evaluation. In the culture medium supplemented with colloidal chitin for the arrest of chitinase, the protease enzyme was developed. 39 % of the biological strains of *Trichoderma* presented cellulase enzymatic activity and 90 % of pectinase, which favors the use of these strains for control.

Keywords: *Antagonist fungi, enzyme, chitinase, pectinase, cellulase*

INTRODUCCIÓN

Trichoderma spp. está considerado como un hongo antagonista, y las especies de este género se han caracterizado por su eficacia como agentes de biocontrol de diversas enfermedades de cultivos comerciales, Kamala & Indira 2011, León *et al.* 2018, Salazar *et al.* 2011, Villamil *et al.* 2014. Este género puede habitar en el suelo tanto de forma saprofita y/o parasitando otros hongos (Acurio y España 2017 y Chávez 2006), como de manera endófito en tejido vegetal, propiciándoles a los cultivos un aumento en el mecanismo de defensa contra los patógenos (Meneses 2003, León *et al.* 2018 y Waller *et al.* 2005). El hongo *Trichoderma* posee varios mecanismos de defensa contra los patógenos, entre los que se encuentran la producción de enzimas antifúngicas que sirven de señal para que los mecanismos de defensa de las plantas se activen, entre ellas se encuentran la celulasa, quitinasa y pectinasa, García-Espejo *et al.* 2016 y Medina 2016. Las enzimas producidas por *Trichoderma* actúan en la degradación de la pared celular de los patógenos, favorecen el desarrollo vegetativo de las plantas, activan el proceso de micoparasitismo y la inducción de resistencia en las plantas, González *et al.* 2012, Saba *et al.* 2012, Torres *et al.* 2008 y Zeilinger y Omann 2007.

Se ha caracterizado los componentes enzimáticos de *Trichoderma*, tanto de forma cualitativa como cuantitativa, mediante el uso del espectrofotómetro, García-Espejo *et al.* 2016, González *et al.* 2012 y Prasetyawan *et al.* 2018. González *et al.* (2010) evaluaron la inducción de la quitinasa de diez aislados de *Trichoderma* en tres medios de cultivo líquido, estos fueron: medio basal, medio basal suplementado con quitina y medio basal suplementado con gelatina; y determinaron que el medio suplementado con quitina resultó ser el más adecuado para estimular la inducción de quitinasa. Por otro lado, Prasetyawan *et al.* (2018), investigando la actividad de las enzimas glucanasa y quitinasa en algunos aislados de *Trichoderma* spp (L-1, L-2, Is-1, Is-2 e Is-7), reportaron que el aislado L-1 presentó la mayor actividad de quitinasa y glucanasa.

Conocer la actividad enzimática presente en las cepas nativas de *Trichoderma* spp. es importante, debido a que la presencia de enzimas como la quitinasa puede ayudar a reducir los huevos de nematodos y las agallas producidas por estos en las raíces, Hallmann *et al.* 1999 y Park *et al.* 2005. Las enzimas favorecen la capacidad de *Trichoderma* como agente de biocontrol.

En la literatura consultada sobre la caracterización bioquímicas de cepas de *Trichoderma* spp., no se encontró trabajos publicados en la República Dominicana, por lo que, este pudiera ser el primer reporte.

Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar bioquímicamente cepas nativas de *Trichoderma* spp. que mostraron capacidad de colonización endófitas en el cultivo de tomate en casa malla, por lo que tienen potencial de biocontrol de *Meloidogyne* spp.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El experimento fue realizado durante el período febrero a junio del año 2021 en los laboratorios de protección vegetal y suelo de la Estación Experimental Mata Larga del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), en San Francisco de Macorís, provincia Duarte, República Dominicana.

Cepas de *Trichoderma* spp. utilizadas

Se evaluó la actividad bioquímica de 18 cepas de *Trichoderma* spp. que resultaron endófitas en tomate en ensayos previos a esta actividad (Tabla 1). Estas cepas estuvieron conservadas a -4 °C en glicerol al 30 %. Para reactivarlas, fueron sembradas en medio de cultivo Papa-Dextrosa Agar (PDA) en plato Petri, y se incubaron por 8 días a 28± 2 °C. Luego de reactivadas, se hicieron purificaciones para instalar los experimentos.

Tabla1. Cepas nativas de *Trichoderma* spp. endófitas en tomate utilizadas en el experimento

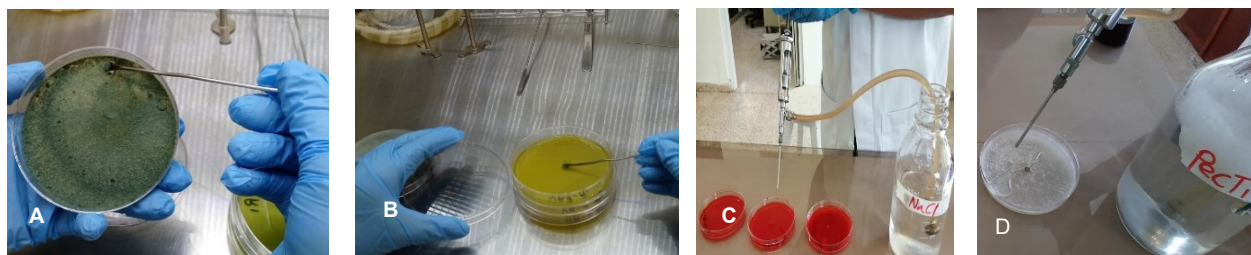
Código de la cepa	Especie	Procedencia
PJ-1	<i>T. afroharzianum</i>	
PJ-3	<i>T. harzianum</i>	
PJ-4	<i>T. harzianum</i>	
PJ-6	<i>T. cf. harzianum</i>	
PJ-7	<i>T. harzianum</i>	
VA-9	<i>T. asperellum</i>	Moca
VA-10	<i>T. asperellum</i>	
VA-11	<i>Trichoderma</i> sp.	
VA-12	<i>T. asperellum</i>	
VA-13	<i>T. asperellum</i>	
VA-14	<i>Trichoderma</i> sp.	
VA-15	<i>Trichoderma</i> sp.	
NT-16	<i>Trichoderma</i> sp.	Salcedo
NT-17	<i>Trichoderma</i> sp.	
AL-20	<i>T. harzianum</i>	Moca
MH-23	<i>T. asperellum</i>	La Vega
IV-24	<i>Trichoderma</i> sp.	Salcedo
FV-25	<i>Trichoderma</i> sp.	

Leyenda: PJ-1 a PJ-7 (Porfirio Jiménez), VA-9 a VA- 15 (Vicente Abreu), NT-16 y 17 (Nando Tejada),

AL-20 (Antonio López), MH- 23 (Mario Hidalgo), IV-24 y FV-25 (Ideli Veras).

Manejo de la investigación

Se instalaron tres experimentos para determinar la presencia de las enzimas quitinasa, celulasa y pectinasa en las 18 cepas endófitas de *Trichoderma* spp. En cada experimento se utilizaron tres repeticiones más un control, el cual correspondió al medio de cultivo empleado en cada prueba sin el inóculo de *Trichoderma*. El medio de cultivo específico para cada enzima se preparó en 1000 ml de agua destilada, se midió el pH y se esterilizó por 15 minutos en autoclave a 121 °C. Luego se colocó 10 ml en placas Petri desechables 100 x 15 mm. Gelificado el medio de cultivo, fue inoculado con un disco de micelio de 2 mm de diámetro de cada cepa de *Trichoderma* de 5 días de cultivada en medio PDA, y luego se incubó a 25 ± 2 °C durante 5 días. En la Figura 1, se muestran secuencias de los experimentos.



Determinación de la actividad enzimática:

Determinación de quitinasa

La presencia de la quitinasa se determinó según metodología descrita por Kamala & Indira (2011) modificada. Se utilizó medio basal (MB) con quitina coloidal suplementado con bromocresol púrpura. Al medio de cultivo se le colocó la mitad del reactivo acid citric anhydrous y el pH se bajó a 4.21 para que se tornara de color amarillento, Figura 2, según la metodología descrita por Kamala & Indira (2011).

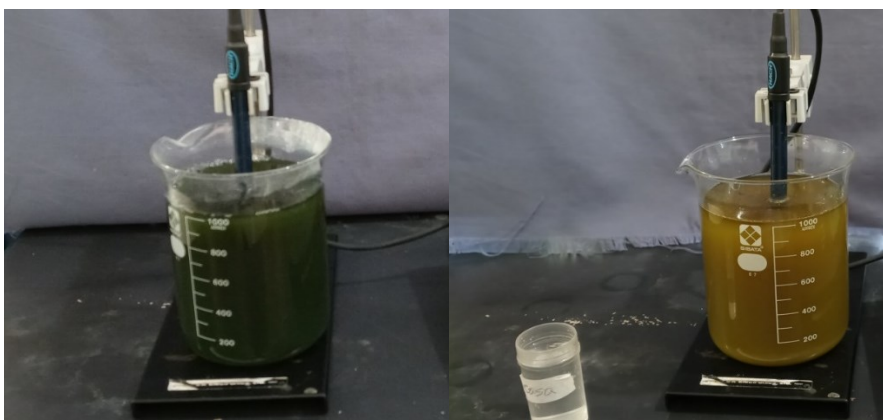


Figura 2. Determinación de pH del medio quitinasa: A) medio con pH 4.73; B) medio con pH 4.21

Determinación de celulasa

Para determinar la celulasa, las cepas de *Trichoderma* se sembraron en medio agar de sal mineral Czapek suplementado con carboximetilcelulosa (CMC), según metodología de Hankin y Anagnostakis (1975) citado por Cherkupally *et al.* (2017) modificada. El pH se ajustó a 5.01, las placas de Petri fueron incubadas por 5 días con el inóculo de las cepas de *Trichoderma*. Pasados los días de incubación, a cada placa Petri se le aplicó 6 ml de una solución de rojo Congo (al 0.1 %) durante 15 minutos, pasado este tiempo se descartó el rojo Congo de los platos y se le aplicó 6 ml del reactivo cloruro de sodio (NaCl a 1 M) durante 15 minutos.

Determinación de pectinasa

Para determinar la pectinasa, las cepas de *Trichoderma* se cultivaron en medio agar pectinasa, según metodología de Sudeep *et al.* (2020). El pH se ajustó en 5.10; las placas de Petri fueron incubadas por 5 días con el inóculo de las cepas de *Trichoderma*. Transcurridos los 5 días de incubación, cada placa Petri se cubrió con 6 ml del reactivo bromuro de hexadeciltrimetilamonio (CTAB) al 1 % y se incubaron por segunda vez en la oscuridad por 24 horas.

Variables evaluadas

Se evaluó el color como indicador para determinar la actividad enzimática quitinasa, pectinasa y celulasa de *Trichoderma* spp en medios de cultivos específicos. También, se evaluó el diámetro para medir el desarrollo enzimático formado alrededor de los discos de *Trichoderma* spp. inoculados en el medio de cultivo específico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad enzimática:

Determinación de quitinasa

Las 18 cepas de *Trichoderma* desarrollaron colonias de color azul alrededor del disco de *Trichoderma* (Figura 3). Ese color está presente por lo general en la actividad enzimática de la proteasa (Cherkupally *et al.*, 2017), enzima que según Delgado *et al.* (2001) participa en la degradación de los lípidos y proteínas que forman la cutícula de los insectos. En el medio con quitina coloidal debió desarrollarse el color violeta o morado alrededor del inóculo, el cual es el indicativo de la presencia de la actividad quitinasa (García-Espejo 2016), tal como lo reportado por Lunge y Patil (2012) en la caracterización de la enzima quitinolítica de tres especies de *Trichoderma*, en donde se presentó formación de la zona de color morado en las tres especies evaluadas; pero no ocurrió así. Por lo que, según estas referencias, en las cepas evaluadas en esta investigación no está presente la enzima quitinasa.

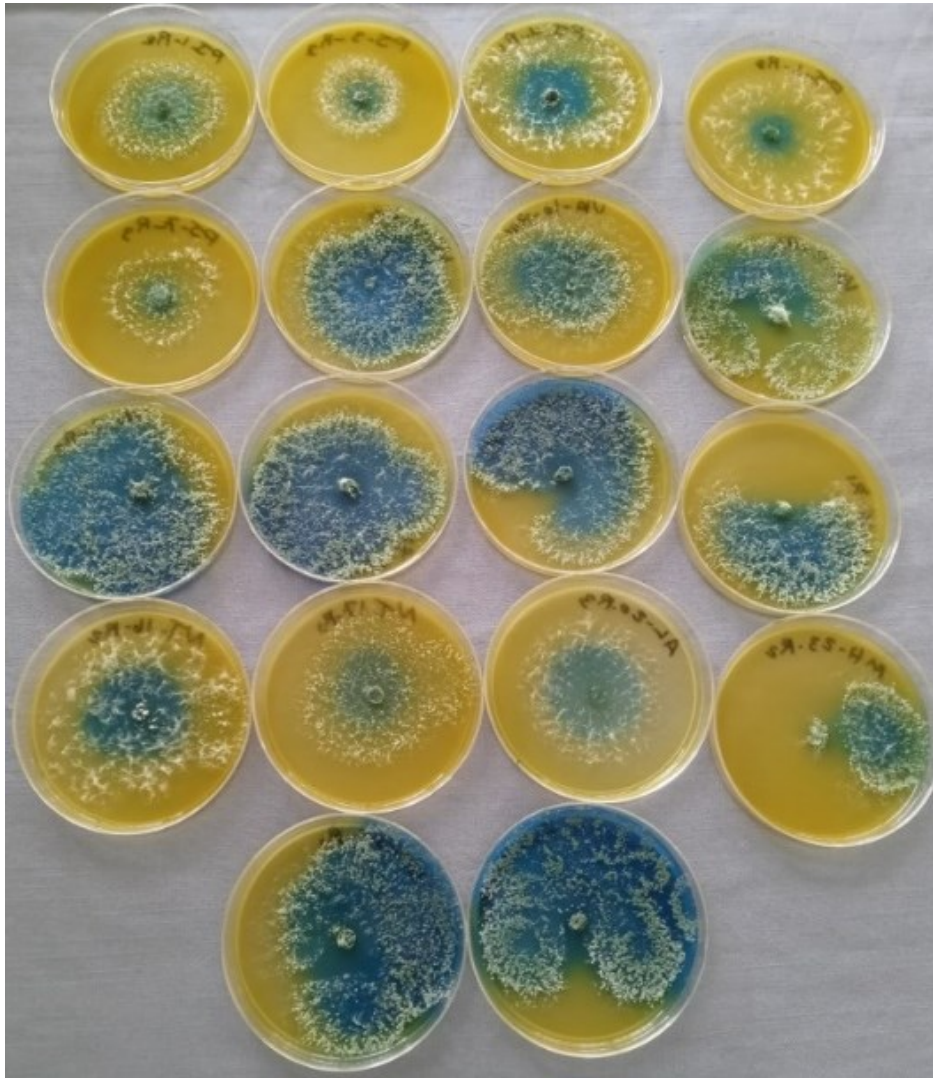


Figura 3. *Trichoderma* spp., en medio de cultivo quitinasa

Aunque en el medio con quitina coloidal no se desarrolló el color violeta característico de la quitinosa, si se pudo evidenciar la presencia de la actividad enzimática proteasa. El diámetro de crecimiento de las colonias de *Trichoderma* varió según la cepa. Tres cepas presentaron los promedios más altos: FV-25 (*Trichoderma* sp.), con 6.33 cm; VA-12 (*T. asperellum*) y VA-13 (*T. asperellum*), ambas con 5.03 cm, Tabla 2. Las demás cepas tuvieron diámetros entre 0.87 y 4.33 cm. Los resultados de la actividad enzimática encontrados en esta investigación son inferiores a lo reportado por Kamala & Indira (2011), en cuyos promedios del diámetro de la zona alrededor de la colonia rondaron los 8.13 cm.

Tabla 2. Promedio del diámetro de la colonia de *Trichoderma* spp formada en el medio quitinasa

Cepas evaluadas	Especie de <i>Trichoderma</i>	Diámetro colonia (cm)
PJ-1	<i>T. afroharzianum</i>	2.07
PJ-3	<i>T. harzianum</i>	0.87
PJ-4	<i>T. harzianum</i>	2.30
PJ-6	<i>T. cf. harzianum</i>	1.10
PJ-7	<i>T. harzianum</i>	0.90
VA-9	<i>T. asperellum</i>	4.33
VA-10	<i>T. asperellum</i>	3.30
VA-11	<i>Trichoderma</i> sp.	1.03
VA-12	<i>T. asperellum</i>	5.03
VA-13	<i>T. asperellum</i>	5.03
VA-14	<i>Trichoderma</i> sp.	1.30
VA-15	<i>Trichoderma</i> sp.	1.47
NT-16	<i>Trichoderma</i> sp.	2.93
NT-17	<i>Trichoderma</i> sp.	1.73
AL-20	<i>T. harzianum</i>	2.00
MH-23	<i>T. asperellum</i>	3.67
IV-24	<i>Trichoderma</i> sp.	3.27
FV-25	<i>Trichoderma</i> sp.	6.33
Control	Sin inóculo	0.00

Determinación de celulasa

De las 18 cepas de *Trichoderma* evaluadas, siete presentaron actividad enzimática de celulasa, visualizándose un área de color amarillo opaco, mientras que 11 cepas se comportaron similar al tratamiento control sin el inóculo de *Trichoderma*, Figura 4. De las siete cepas que resultaron con actividad enzimática, los promedios más altos del diámetro de las colonias se presentaron en las cepas (PJ-1) *T. afroharzianum*, con 7.57 cm; (PJ-7) *T. harzianum*, con 7.53 cm y (PJ-4) *T. harzianum*, con 7.33 cm (Tabla 3). Estos resultados fueron superiores a lo reportado por Guruk y Karaaslan (2020), en la caracterización bioquímica de la enzima celulasa de cinco cepas de *Trichoderma* aisladas del suelo, en donde el diámetro presentado en la actividad enzimática fue de 4.2 a 2.6 cm.

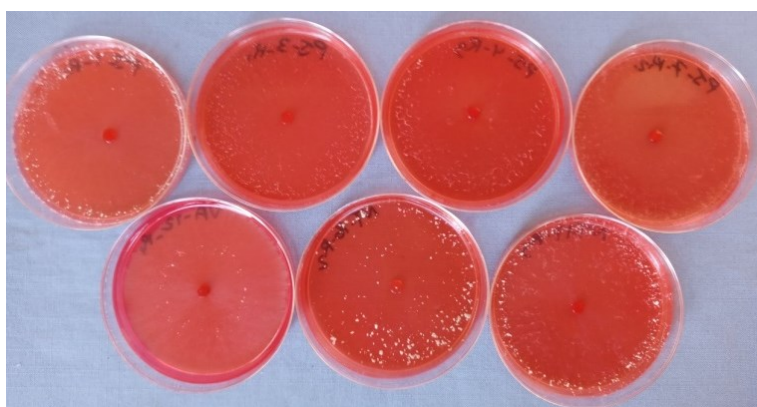
Figura 4. Cepas de *Trichoderma* con presencia enzimática en medio celulasa

Tabla 3. Promedio del diámetro de la colonia de *Trichoderma* spp formada en el medio celulasa

Cepas evaluadas	Especie de <i>Trichoderma</i>	Diámetro colonia (cm)
PJ-1	<i>T. afroharzianum</i>	7.57
PJ-3	<i>T. harzianum</i>	7.00
PJ-4	<i>T. harzianum</i>	7.33
PJ-6	<i>T. cf. harzianum</i>	0.00
PJ-7	<i>T. harzianum</i>	7.53
VA-9	<i>T. asperellum</i>	0.00
VA-10	<i>T. asperellum</i>	0.00
VA-11	<i>Trichoderma</i> sp.	0.00
VA-12	<i>T. asperellum</i>	1.67
VA-13	<i>T. asperellum</i>	0.00
VA-14	<i>Trichoderma</i> sp.	0.00
VA-15	<i>Trichoderma</i> sp.	0.00
NT-16	<i>Trichoderma</i> sp.	6.67
NT-17	<i>Trichoderma</i> sp.	7.00
AL-20	<i>T. harzianum</i>	0.00
MH-23	<i>T. asperellum</i>	0.00
IV-24	<i>Trichoderma</i> sp.	0.00
FV-25	<i>Trichoderma</i> sp.	0.00
Control	Sin inóculo	0.00

Determinación de pectinasa

De las 18 cepas de *Trichoderma* evaluadas, 17 presentaron formación de zona clara (hidrólisis) alrededor de las colonias a las 24 horas de tratadas con el reactivo CTAB (Figura 5). Resultados similares reportó Amilia *et al.* (2017) evaluando la actividad pectinolítica de 15 aislados de hongos entre ellos *Trichoderma*, en donde 8 aislados presentaron formación de zona clara alrededor de las colonias a las 48 horas de tratadas con el reactivo CTAB. En la presente investigación las cepas que presentaron los promedios más altos fueron (PJ-4) *T. harzianum*, con 6.93 cm; (PJ-3) *T. harzianum*, con 6.67 cm; (PJ-7) *T. harzianum* y (NT-16) *Trichoderma* sp. ambas con 6.50 cm. Mientras que la cepa (FV-25) *Trichoderma* sp. presentó el promedio más bajo, con 1.67 cm, y la cepa (AL-20) *T. harzianum* no presentó actividad pectinasa (Tabla 4).

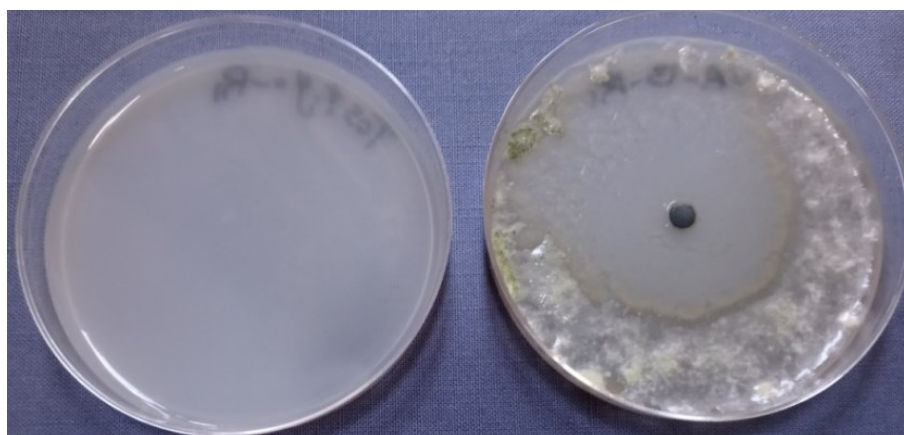


Figura 5. Ensayo pectinasa A) control sin inóculo: B) medio de cultivo inoculado con una de las cepas de *Trichoderma* spp.

Tabla 4. Promedio del diámetro de las colonias de *Trichoderma* spp., formada en el medio pectinasa

Cepas evaluadas	Especie de <i>Trichoderma</i>	Diámetro colonia (cm)
PJ-1	<i>T. afroharzianum</i>	4.33
PJ-3	<i>T. harzianum</i>	6.67
PJ-4	<i>T. harzianum</i>	6.93
PJ-6	<i>T. cf. harzianum</i>	2.17
PJ-7	<i>T. harzianum</i>	6.50
VA-9	<i>T. asperellum</i>	4.77
VA-10	<i>T. asperellum</i>	5.17
VA-11	<i>Trichoderma</i> sp.	5.50
VA-12	<i>T. asperellum</i>	4.17
VA-13	<i>T. asperellum</i>	3.50
VA-14	<i>Trichoderma</i> sp.	4.83
VA-15	<i>Trichoderma</i> sp.	4.97
NT-16	<i>Trichoderma</i> sp.	6.50
NT-17	<i>Trichoderma</i> sp.	4.50
AL-20	<i>T. harzianum</i>	0.00
MH-23	<i>T. asperellum</i>	3.37
IV-24	<i>Trichoderma</i> sp.	5.50
FV-25	<i>Trichoderma</i> sp.	1.67
Control	Sin inóculo	0.00

CONCLUSIONES

- Las cepas de *Trichoderma* no presentaron actividad enzimática quitinasa a los 5 días de evaluadas.
- En el medio de cultivo suplementado con quitina coloidal para la detención de quitinasa se desarrolló la enzima proteasa.
- El 39 % de las cepas de *Trichoderma* presentó actividad enzimática celulasa; y el 90 % de pectinasa, lo cual favorece el uso de esas cepas para el control biológico.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (Mescyt), a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt) por el financiamiento del proyecto “Evaluación de cepas nativas del hongo endófito *Trichoderma* spp. en el control de *Meloidogyne* spp. en tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) bajo ambiente protegido”

Al señor Welinton Cuello, por su colaboración en los análisis de pH realizados a los medios de cultivos en cada prueba.

A la ingeniero agrónomo Nelsida Martínez y a la estudiante de agronomía Altagracia Ureña, por su colaboración en las evaluaciones de los ensayos.

LITERATURA CITADA

- Acurio, R.; España, C. 2017. Aislamiento, caracterización y evaluación de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento vegetal en pasturas de raygrass (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 25(1):53-61.
- Amilia, K.; Sari, S.; Setyaningsih, R. 2017. Isolation and Screening of Pectinolytic Fungi from Orange (*Citrus nobilis* Tan.) and Banana (*Musa acuminata* L.) Fruit Peel. International Conference On Food Science and Engineering. IOP Publishing.
- Chávez, M. 2006. Producción de *Trichoderma* sp. y Evaluación de su efecto en cultivo de Crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) Tesis de grado en: Microbiología Industrial – Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, CO. 113 p.
- Cherkupally, R.; Amballa, H.; Narasimha, B. 2017. *In vitro* screening for enzymatic activity of *Trichoderma* species for biocontrol potential. Annals of Plant Sciences 6(11): 1784-1789.
- Delgado, B.; López, F.; Giraldo, C. 2001. Actividad enzimática de hongos y su patogenicidad sobre *Hypothenemus hampei*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 60: 43-49.
- García-Espejo, C.; Mamani-Mamani, M.; Chávez-Lizárraga, G.; Álvarez-Aliaga, M. 2016. Evaluación de la actividad enzimática del *Trichoderma inhamatum* (BOL-12 QD) como posible Biocontrolador. Journal of the Selva Andina Research Society 7(1):20-32.
- González, I.; Infante, D.; Peteira B.; Martínez B.; Arias, Y.; González, N.; Miranda, II. 2010. Caracterización Bioquímica de aislamientos de *Trichoderma* spp. Promisorios como agentes de control Biológico. I. Expresión de actividad quitinasa. Rev. Protección Veg. 25 (1): 58-63.
- González, I.; Infante, D.; Martínez, B.; Arias, Y.; González, N.; Miranda, II.; Peteira B. 2012. Inducción de quitinasas y glucanasas en cepas de *Trichoderma* spp. promisorias como agentes para el control biológico. Biotecnología Aplicada. 29 (1):7-11.

- Guruk, M.; Karaaslan, M. 2020. Production and Biochemical Characterization of Cellulase Enzyme by *Trichoderma* Strains from Harran Plain. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*. 3(3): 258-274.
- Hallmann, J., Rodríguez-Kábana R., Kloepper, J. 1999. Chitin-mediated changes in bacterial communities of the soil, rhizosphere and within roots of cotton in relation to nematode control. *Soil Biology and Biochemistry* 31(4): 551-560.
- Kamala, T.; Indira S. 2011. Evaluation of indigenous *Trichoderma* isolates from Manipur as biocontrol agent against *Pythium aphanidermatum* on common beans. *Springer, 3 Biotech* 1:217–225.
- León, T.; Ortiz, C.; Condori, T.; Chura, Y. 2018. Cepas de *Trichoderma* con capacidad endofítica sobre el control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) y mejora del rendimiento de quinua. *Revista de Investigaciones Altoandinas* 20(1): 19-30.
- Lunge, A.; Patil, A. 2012. Characterization of efficient chitinolytic enzyme producing *Trichoderma* species: a tool for better antagonistic approach. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 5(1): 377-385 p.
- Medina, F. 2016. Mecanismos de protección de *Trichoderma* sp. y patogenesis de *Fusarium oxysporum* en el Nardo (*Polianthes tuberosa*). Tesis: Maestro en Ciencias de la Floricultura. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco a. C. Guadalajara, Jalisco, MX. 97 p.
- Meneses, A. 2003. Utilización de hongos endofíticos provenientes de banano orgánico para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* Cobb, Thorne. Tesis para optar por el título de Master en ciencias. CATIE. Turrialba, CR. 89 p.
- Park, R.; Kim, K.; Kim, Y.; De Jin, R.; Krishnan, H.; Suh, J. 2005. Effect of chitin compost and broth on biological control of *Meloidogyne incognita* on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Nematology* 7(1): 125-132.
- Prasetyawan, S.; Sulistyowati, L. 2018. Glucanase and Chitinase from Some Isolates of Endophytic Fungus *Trichoderma* spp. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 7 p.
- Saba, H.; Vibhash, D.; Manisha, M.; Prashant, K.; Farhan, H.; Tauseef A. 2012. *Trichoderma* a promising plant growth stimulator and biocontrol agent. *Mycosphere* 3(4): 524-531.
- Salazar, L.; Sanabria, N.; Aponte, G.; Alcano, M.; Herrera, R.; Colmenares, D.; Espinoza, M.; Alemán, L.; Magaña, S. 2011. Efectividad de aislamientos de *Trichoderma* spp. en el control de la fusariosis del tomate en condiciones *in vitro* e *in vivo*. *Bioagro* 23(3): 185-190.
- Sudeep, K.; Upadhyaya, J.; Raj, D.; Lekhak, B.; Kumar, D.; Raj, B.; Raj, T.; Dhital, R.; Khanal, S.; Koirala N.; Raghavan, V. 2020. Production, Characterization, and Industrial Application of Pectinase Enzyme Isolated from Fungal Strains. *Article Fermentation* 6(59): 2-10.
- Torres, E.; Iannacone, J.; Gómez, H. 2008. Biocontrol del moho foliar del tomate *Cladosporium fulvum* empleando cuatro hongos antagonistas. *Bragantia Campinas*. 67(1): 169-178.
- Villamil, J.; Viteri, S.; Villegas, W. 2014. Aplicación de Antagonistas Microbianos para el Control Biológico de *Moniliophthora roreri* Cif & Par en *Theobroma cacao* L. Bajo Condiciones de Campo. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* 68(1): 7441-7450.
- Waller, F.; Achatz, B.; Baltruschat, H.; Fodor, J.; Becker, K.; Fischer, M.; Heier, T.; Hückelhoven, R.; Neumann, C.; Wettstein, D.; Franken, P.; Kogel, K. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. *PNAS* 102 (38): 13386-13391.
- Zeilinger, S.; Omann M. 2007. *Trichoderma* biocontrol: Signal transduction pathways involved in host sensing and mycoparasitism. *Gene Regulation and Systems Biology* (1): 227–234.

Eficacia de aceites esenciales de plantas de la familia Myrtaceae en el control de la Roya del café

Rosalba Rodríguez-Peña^{1,2,3}, Máximo Mejía^{2,4}, Rosina Taveras^{1,2} y Quisqueya Pérez^{1,5}

¹Investigadora de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, DO y ²Ministerio de Agricultura, Santo Domingo, DO. ³Departamento de Fitopatología, Nebraska Center for Virology, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, USA. ⁴Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria, Santo Domingo, DO. ⁵Instituto Dominicano del Café (Indocafe). Correo electrónico: rosalbarodriguezp@hotmail.com

RESUMEN

Hemileia vastatrix Berk. & Broom causa una de las royas más devastadora del mundo, afectando al cultivo del café en climas tropicales y subtropicales. Este hongo provoca lesiones foliares reduciendo la capacidad fotosintética, y como consecuencia, el rendimiento del fruto. El manejo de esta enfermedad está basado en fungicidas químicos sintéticos, los cuales son costosos y contaminan el medio ambiente. Además, la generación de razas de roya resistente a los fungicidas comerciales ha provocado epidemias económicamente importantes en Centro América y el Caribe. En esta investigación se evaluó la efectividad de los aceites esenciales de plantas de la familia Myrtaceae CA- *Myrcianthes montana*, CAN- *Pimenta haitiensis*, O- *Pimenta ozua*, OV- *Myrcianthes fragans*, PG- *Pimenta racemosa* var. *Grisea*, SI- *Eugenia lindahlia*, TA- Testigo absoluto (agua) y TQ- testigo químico (propiconazole), en el control de la Roya del café. Se evaluó la germinación de la uredosporas en medio de cultivo con aceites esenciales al 0.02 %, se encontró que en los aceites esenciales de CA, O y SI, la germinación de las uredosporas solo fue de 3-5 %, con diferencias significativas, al ser comparadas con TA (agua). Al evaluar la severidad *in vivo*, el número de lesiones y lesiones esporuladas, el aceite esencial de OV resultó ser el más promisorio en el control de la roya, encontrándose diferencias estadísticas significativa de $p < 0.05$. Estos son los primeros resultados en demostrar la efectividad de aceites esencial de plantas nativas y endémicas de la República Dominicana, para el control de la enfermedad Roya del café.

Palabras claves: germinación, severidad, plantas endémicas, Ozua de Oviedo, *Myrcianthes fragans*.

ABSTRACT

Hemileia vastatrix Berk. & Broom, causes one of the most devastating rusts in the world, affecting coffee cultivation in tropical and subtropical climates. This fungus causes foliar lesions, reducing the photosynthetic capacity, and consequently, the fruit yield. The disease 's management is based on synthetic chemical fungicides, which are expensive and polluted the environment. Besides, they are coffee rust's races already resistant to commercial fungicides that have caused economically significant epidemics in Central America and the Caribbean. In this research, the effectiveness of essential oils from plants of the Myrtaceae family CA- *Myrcianthes montana*, CAN- *Pimenta haitiensis*, O- *Pimenta ozua*, OV- *Myrcianthes fragans*, PG- *Pimenta racemosa* var. *Grisea*, SI- *Eugenia lindahlia*, TA- Absolute control (water) and TQ- chemical control (propiconazole), in the control of coffee rust. The germination of the uredospores in culture medium with essential oils at 0.02% was evaluated, it was found that in the essential oils of CA, O and SI, the germination of the uredospores was only 3-5%, with significant differences, when be compared with TA (water). When evaluating the severity *in vivo*, the number of lesions and sporulated lesions, the essential oil of OV turned out to be the

most promising in the control of rust, finding significant statistical differences of $p < 0.05$. These are the first results to demonstrate the effectiveness of essential oils from native and endemic plants of the Dominican Republic, for the control of coffee rust disease.

Key words: germination, severity, endemic plants, Ozua de Oviedo, Myrcianthes fragan.

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es un producto básico importante en la economía mundial, con aproximadamente 70 países dedicados a este cultivo, dentro de los que se encuentran: Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia, Cafeverde (2017). A pesar de que la República Dominicana es el 27^{vo} productor de esta baya, y que en el 2019 consumió 340,000 quintales (qq), el país solo produjo 140,000 qq. (Reyes, 2019). Lo que, en comparación con 400,000 quintales en el año 2000, fue una reducción significativa en la producción, Peñaló y Ramírez (2017). El decremento de la producción se estima estar relacionada con los efectos del cambio climático, escasez de recursos económicos de los productores, afectando su competitividad, y el aumento de la incidencia y severidad de plagas en el cultivo, FAO (2014). El número de productores pasó de 70,000 en el año 1981 a 50,000 en el año 2007, Diario Libre (2012).

El café es un arbusto susceptible al ataque principalmente de la Broca del café (*Hypothenemus hampei*, Coleóptero: Curculionidae) y la Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* – fungi: Pucciniales). Siendo la roya la principal enfermedad del cultivo debido a la reducción de la capacidad fotosintética, afectando la producción de granos, que provoca pérdidas de hasta un 100%, cuando no se implementa ningún manejo (Garçon *et al.* 2004, Zambolim *et al.* 2000, Godoy *et al.* 2011, Chaves 1985 y Carvalho *et al.* 2011).

En los últimos años, la roya se ha extendido drásticamente y a finales del año 2010 una raza más agresiva provocó epidemias considerables, no solo en la República Dominicana, sino también en el mundo, causando reducción del 53% de las áreas cultivadas de Centroamérica y dejando sin sustento a familias vulnerables en la República Dominicana (OIC 2014 y FAO 2014).

Como medios alternativos para el manejo de la Roya del cafeto, se emplea el manejo genético y los controles químico, biológico y cultural. El manejo genético se realiza mediante el uso de variedades tolerantes y/o resistentes, es el más factible, sin embargo, en la mayoría de los casos, no es accesible al productor promedio. El control químico, a través de la utilización de fungicidas, es el método con más aceptación y más utilizado, Manchego *et al.* (1995). Sin embargo, algunos plaguicidas químicos tienen restricciones de uso en muchos países, por razones toxicológicas y ambientales, debido a los residuos en el suelo, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas y, además, a que eliminan organismos benéficos, Del Puerto (2014).

Una de las estrategias promisorias utilizadas para el manejo de enfermedades es el uso de plaguicidas botánicos, Bolívar *et al.* (2009). Los plaguicidas botánicos, además de reducir las pérdidas económicas por plagas, disminuyen los problemas de contaminación en el ambiente, en los animales y en la salud humana (Staufer *et al.* 2000, Rodríguez y Montilla 2002, Zapata *et al.* 2003, Araujo *et al.* 2008, Rodríguez y Sanabria 2005 y Henríquez *et al.* 2005).

Los plaguicidas botánicos pueden ser preparados en forma acuosa, alcohólica y etérea, entre la más comunes. Los extractos de las plantas pueden contener: flavonoides, fenoles, terpenos, aceites

esenciales, alcaloides, lecitinas y polipéptidos, los cuales han sido reportado poseer efectos antimicóticos (Cowan 1999, Hernández *et al.* 2007 y Chávez *et al.* 2012).

Como una respuesta a la necesidad de alternativas no química/sintéticas para el control de la Roya del cafeto, en esta investigación se estudiaron los efectos de los aceites esenciales de plantas de la familia Myrtaceae para su control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Control Biológico de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), en el período 2016 al 2017.

Prueba *in vitro*

Preparación de los aceites esenciales

La extracción de los aceites esenciales fue realizada de hojas de las diferentes especies de la familia Myrtaceae, descritas en los tratamientos. Las hojas fueron secadas a la sombra hasta deshidratarse. Las hojas fueron trituradas usando el molino tipo Thomas –Wiley, modelo 4, con un screen de 3mm, se extrajeron los aceites esenciales utilizando el método de arrastre de vapor, en laboratorios de la Escuela de Farmacia, Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo UASD), en Santo Domingo, DO.

Aislamientos fúngicos

Las uredosporas del hongo se obtuvieron de plantas de café, variedad 'Caturra'. Las pústulas fueron colectadas y transportadas en neveras portátil llevándose al laboratorio. Las uredosporas fueron desprendidas mediante el uso de un cepillo de cerdas suaves, depositándose en microtubos con Tween- 80 hasta su uso, Pereira *et al.* (2012).

Preparación de los medios

Los medios de cultivo fueron preparados en base a agar/agua (2.0 g/L). Una vez esterilizado a 121 °C por 15 minutos, se esperó que la temperatura descendiera a menos de 40 °C, agregándose penicilina (0.04 g/L) y estreptomycinina (0.22 g/L), para la inhibición de crecimiento bacteriano. Los aceites fueron agregados durante la agitación continua a una concentración de aceites al 15 %, Figura 1.

Inoculación

Se inocularon platos de Petri con 300 microlitros (ul) de solución de uredosporas al 0.02%, incubándose por 32 horas en la oscuridad a una temperatura de 23 °C. (Mejía 2017 y Subramani 2012).

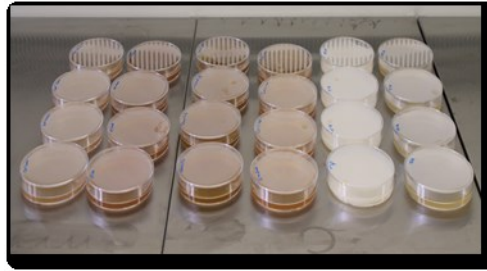


Figura 1. Medios de cultivos preparados y solidificados

Variable evaluada

Germinación

Se realizó el conteo de 25 esporas por cada repetición (100 uredosporas por tratamiento), determinándose el porcentaje de germinación mediante la siguiente fórmula:

$$F: \frac{\text{Número de esporas germinadas}}{\text{Número de esporas contadas}} \times 100$$

Plantas utilizadas

Los tratamientos fueron de naturaleza sin estructura y cualitativos, empleándose un diseño completo al azar con cuatro (4) repeticiones y ocho (8) tratamientos. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: CA- *Myrcianthes montana*, CAN- *Pimenta haitiensis*, O- *Pimenta ozua*, OV- *Myrcianthes fragans*, PG- *Pimenta racemosa* var. *Grisea*, SI- *Eugenia lindahlia*, TA-testigo absoluto (agua) y TQ-testigo químico (propiconazole).

Análisis estadístico

Para homogenizar los datos obtenidos en este experimento, los mismos fueron transformados por medio del arcoseno. Además, se utilizó análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el programa estadístico Infostat, versión 2019.

Prueba *in vivo* – campo

Localización geográfica

El ensayo se instaló en una finca comercial de café, localizada en Arroyo Grande de la sección Santana, Municipio Los Cacaos, provincia San Cristóbal en el sur de la República Dominicana, con una altitud de 950 msnm, en la latitud norte 18.5929, temperatura de 22.5 °C, con 1,050 a 1,400 mm de precipitación de lluvias distribuidos durante todo el año.

Manejo del experimento

Se utilizaron plantas de la variedad comercial 'Caturra', susceptible al hongo causante de la enfermedad Roya del cafeto y de importancia comercial, las cuales fueron obtenidas por semillas. Las plantas fueron germinadas en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinaria (FCAV), de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), en Engombe, Santo Domingo Oeste. Las plantas fueron llevadas a ser inoculadas de manera natural a los 6 meses de edad.

Aplicación de los tratamientos

Los aceites esenciales fueron aplicados empleando un atomizador manual a una concentración de 1 %, aplicándose hasta el punto de goteo.

Número de lesiones

Se tomaron dos hojas por plantas, en las cuales se contabilizaron semanalmente la cantidad de lesiones, Cenicafe (1998).

Severidad

Se utilizó la escala de grados (Figura 2) para cuantificación del área afectada, midiendo el porcentaje de daño, Díaz (2013).

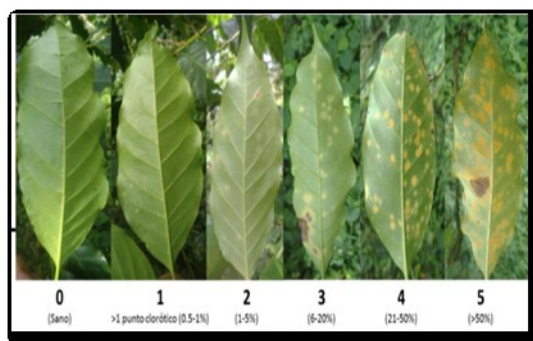


Figura 2. Escala del área afectada en grados por la roya del café según Díaz (2013)

Lesiones esporulantes

Se realizaron evaluaciones visuales, contabilizándose el número de lesiones que presentaban signos de esporulación.

Tratamientos

Se utilizaron las plantas descritas anteriormente en la prueba *in vitro*, con un diseño de bloques al azar con ocho (8) tratamientos y con cuatro repeticiones.

Análisis estadísticos

Los datos de las variables número de lesiones y lesiones esporuladas fueron transformadas mediante el $\sqrt{x+1}$, y para la variable severidad, se utilizó el Log^{10} . Se realizaron los análisis de varianzas y las pruebas de comparación de medias según Tukey (cuando $P < 0.05$), utilizando el programa estadístico Infostat, versión 2019.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La identificación de alternativas eco amigables para el control de plagas en la agricultura es cada vez más necesaria.

Germinación de las uredosporas *in vitro*

En el caso de hongos foliares, los aceites agrícolas son usados como barrera física entre las esporas y las hojas, evitando así la penetración, Bayer (2017). Evaluando el efecto de los aceites esenciales de plantas Myrtaceas sobre la germinación de las uredosporas de Roya del caféto (Figura 3), se encontró que las plantas CA, O y SI, tuvieron una germinación de 3 a 5 %, con diferencias significativas, al ser comparadas con TA (agua), la cual se encontró alrededor de un 40 % de germinación, Figura 4.

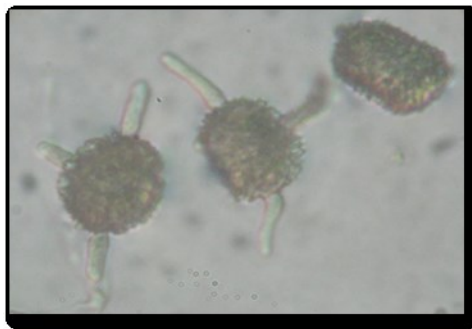
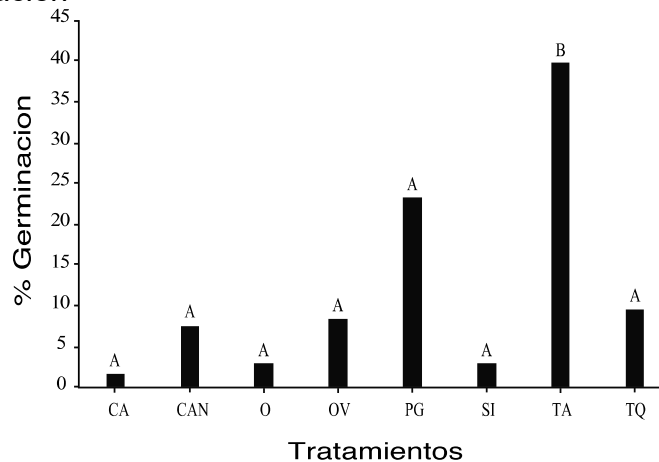


Figura 3. Uredosporas germinadas de la roya del café después de 32 horas en la oscuridad a 23 °C

Resultados similares fueron encontrados por Pereira *et al.* (2012), evaluando aceites de *Melaleuca alternifolia* Cheel, *Cinnamon zeylanicum*, *Cymbopogon citratus* Stapf, *Citronella nardus* (L.) Rendle., *Syzygium aromaticum*, *Corymbia citriodora*, *Azadirachta indica* y *Thyme vulgaris*, determinaron que todas las plantas ejercían cierto control en la germinación del hongo que causa la Roya del caféto, especialmente *C. nardus* y *T. vulgaris*, afectando la vacuolización celular de las uredosporas.

Porcentaje (%) de germinación



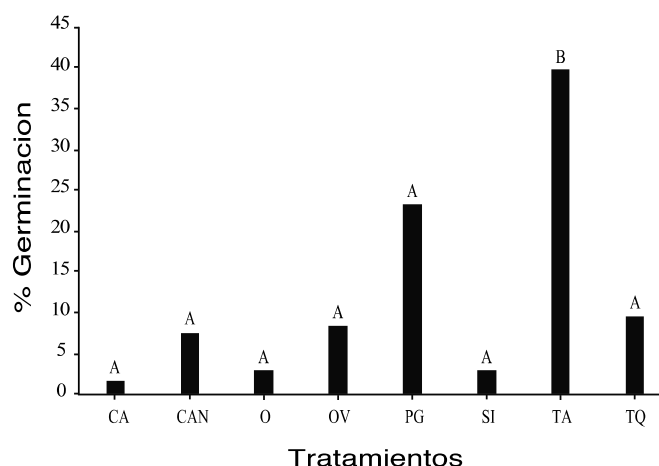


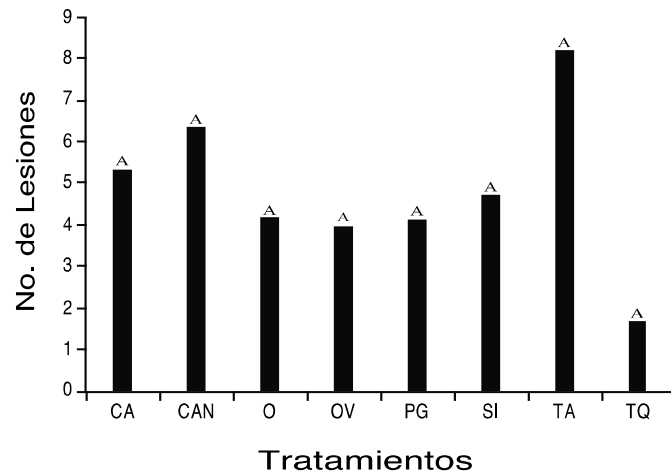
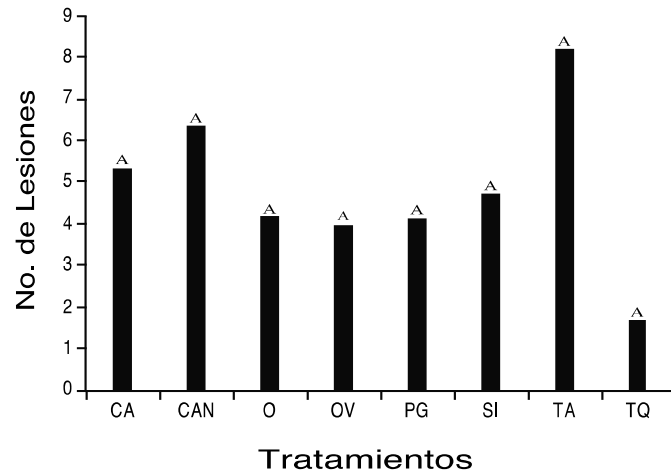
Figura 4. Evaluación del efecto de los aceites esenciales sobre la germinación de uredosporas de la Roya del café, a las 32 horas en la oscuridad a 23 °C

Por otro lado, utilizando aceites esenciales de plantas aromáticas de *Ocimum basilicum* y *O. vulgare* al 2%, Filotheou y Thomidis (2016) demostraron que la germinación del hongo fue reducida hasta un 100 %. En comparación con estos resultados, basados en una dosis de 0.02 %, resalta la necesidad de evaluar los aceites esenciales utilizados en esta investigación a diferentes concentraciones, para determinar el efecto dosis-germinación, así como la fitotoxicidad en las plantas de café. No obstante, tomando los resultados obtenidos, se demostró el efecto negativo que ejercen las plantas de canelilla, Oza y Simirú en la germinación del hongo de la roya.

Severidad y la esporulación de las uredosporas *in vivo*

La evaluación de la incidencia, el área bajo la curva, periodo de incubación y periodo de latencia son comúnmente utilizadas como indicativo de la efectividad en el control de una enfermedad fúngica. Debido a las condiciones agroclimáticas y logística durante esta investigación, se evaluaron las variables, número de lesiones, severidad y lesiones esporuladas de la roya del café. En el número de lesiones, se encontró que a pesar de que no existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, las plantas OV y PG (Figura 5), presentaron menor número, tratamientos 3 y 4, respectivamente, comparados con TA (8).

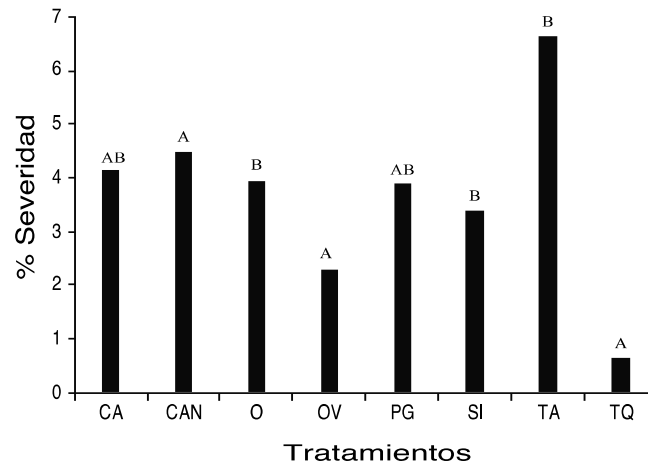
Al evaluarse la severidad de la enfermedad (Figura 6), se observó que la planta OV, nuevamente resultó tener el menor porcentaje, al ser comparado con TA, no habiendo diferencias estadísticas significativas entre OV y TQ. Pereira *et al.* (2012) demostraron que el aceite esencial de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson para controlar o reducir la germinación de la roya del café, no tuvo diferencias significativas al ser comparado con el control químico.



No. de lesiones

Figura 5. Número de lesiones de la roya del café contabilizadas en la localidad de Arroyo grande de la sección Santana, municipio Los Cacaos, provincia San Cristóbal, periodo 2016 al 2017

Porcentaje (%) de severidad



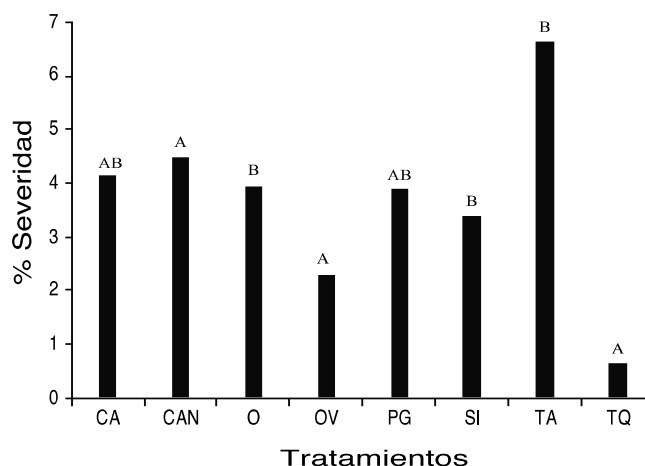


Figura 6. Porcentaje de la severidad de la Roya del cafeto evaluada en la localidad de Arroyo Grande de la sección Santana, municipio Los Cacaos, provincia San Cristóbal, período 2016 al 2017

Por otro lado, Amini *et al.* (2016) evaluando la efectividad de aceites esenciales de *Cymbopogon citratus* para el control de *Phytophthora capsici*, encontraron que el testigo químico superó al tratamiento botánico, reduciendo la severidad al 84 %, versus un 47 %. Los resultados obtenidos en este estudio, sugieren que el uso del aceite esencial de OV, puede ser utilizado para la reducción de la severidad de la roya, no obstante, es necesario validar los resultados en diferentes zonas geográficas.

Durante las evaluaciones, se observó que a pesar que la roya producía lesiones en las plantas tratadas con los aceites, en algunos tratamientos la esporulación resultaba diferente, según el aceites esencial aplicado. Para comprobar el efecto como protectantes o de control, se evaluó el número de lesiones esporulantes, donde el aceite esencial de la planta OV (Figura 8) resultó ser el mejor tratamiento con diferencias estadística significativas con el TA.



Figura 7. Hoja de café de la variedad caturra con pústulas de roya colectadas en la localidad de Arroyo Grande de la sección Santana, municipio Los Cacaos, provincia San Cristóbal, período 2016 al 2017

No. de lesiones esporulantes

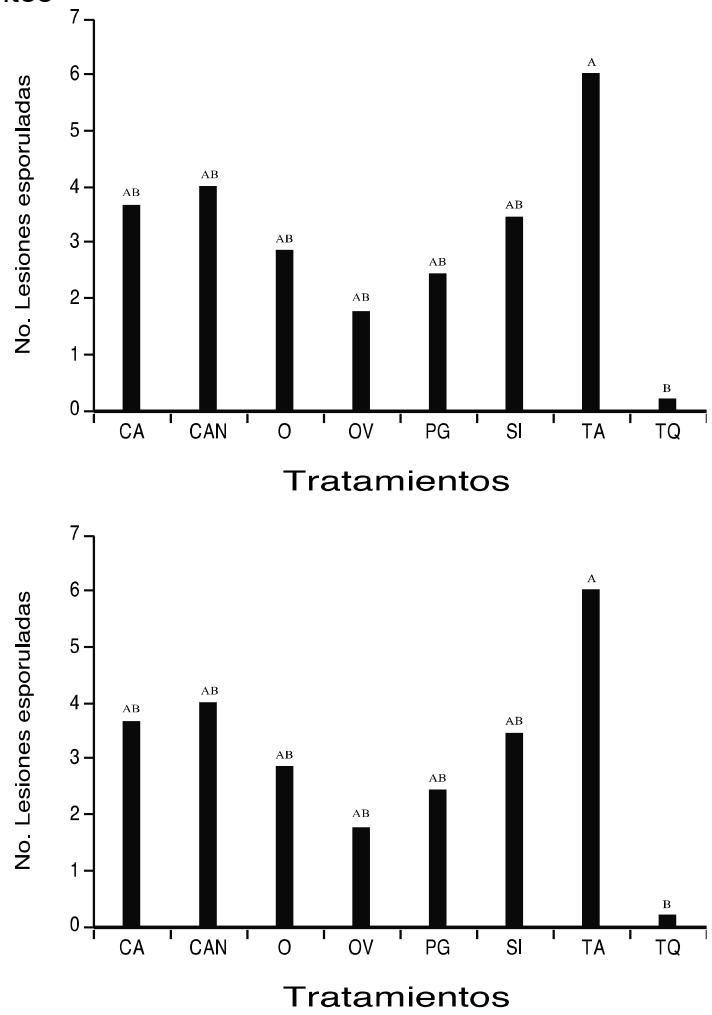


Figura 8. Nivel de esporulación de la roya en la localidad de Arroyo Grande de la sección Santana, municipio Los Cacaos, provincia San Cristóbal, período 2016 al 2017

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La búsqueda de alternativas eco amigables para el control de plagas agrícolas es una necesidad mundial. Estudios sobre el uso de aceites esenciales trae consigo desventajas, como son: disponibilidad de material, efectividad en diferentes condiciones climáticas, toxicidad del producto, así como la disponibilidad en el mercado. A pesar de las desventajas, el uso de productos químicos sintético es rechazado cada vez más debido al impacto en el medio ambiente, así como a la salud humana y animal. Como alternativa, en este estudio se evaluaron plantas principalmente endémicas, y nativas, para el control de la enfermedad Roya del café. Se encontró que de las plantas evaluadas la OV (*Myrcianthes fragans*), posee las mejores características para ser utilizada en el control de la roya. También, las plantas de PG (*Pimenta racemosa* var. *grisea*) y O (*Pimenta ozua*), ofrecieron cierto control de la roya.

Se recomienda evaluar los productos botánicos en diferentes condiciones agroclimáticas para determinar la efectividad en el control de la Roya del cafeto en diferentes condiciones climática. Además, es necesario determinar la dosis óptima para OV, PG y O. Este es el primer estudio realizado en la República Dominicana que demuestra el efecto de los aceites esenciales de plantas endémicas y nativas en el control de patógenos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue económicamente apoyada por el Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt) del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt), y la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), mediante el proyecto de investigación *Utilización de plantas endémicas de la flora aromática de la familia Myrtaceae para desarrollar formulaciones de bioproductos para el control de plagas en cultivos de plantas de interés agrícola en la República Dominicana.*

LITERATURA CITADA

Amini, J.; Farhang, V.; Javadi, T.; Nazemi, J. 2016. Antifungal Effect of Plant Essential Oils on Controlling Phytophthora Species. The Plant Pathology Journal 32(1): 16–24. (En línea). Revisado el 31 de octubre 2017. Disponible en:

<https://doi.10.5423/PPJ.OA.05.2015.0091>

Araujo, D.; Rodríguez, D.; Abria, M. 2008. Respuesta del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, causante del Mal de Panamá, a algunos extractos y fungicidas. Fitopatología Venezolana 21: 2-8.

Bayer. 2017. La batalla contra los hongos tiene un aliado. (En línea). Revisado el 28 de agosto del 2018. Disponible en:

<https://www.redagricola.com/pe/la-batalla-los-hongos-aliado/#:~:text=El%20O%20ADdium%20y%20la%20Botrytis,o%20inhibici%C3%B3n%20de%20estos%20hongos.>

Bolívar, K.; Sanabria, M.; Rodríguez, D.; de Camacaro, M.; Ulacio, D.; Cumana, L.; Crecente, O. 2009. Potencial efecto fungicida de extractos vegetales en el desarrollo in vitro del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. y de la Antracnosis en frutos de mango. (En línea). Revisado el 18 de diciembre 2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3293940.pdf>

Carvalho, L.; Da Cuna, L.; Naves, S. 2011. Alternativas de Controle de Doenças do Cafeeiro. (En línea). Revisado el 28 de agosto 2014. Disponible en: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7886/Coffee%20Science_v7_n1_p42-49_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chávez, A.; Aquino, S. 2012. Control de los hongos del suelo *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y *Sclerotium* sp. con extractos vegetales. Investig. Agrar. 14(1):17-23. (En línea). Revisado el 20 de marzo 2015. Disponible en:

<https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/242/228>

Cowan, M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. Clin. Microbiol. Rev.10: 564-582. (En línea). Revisado el 28 de agosto 2014.

Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/reader/10.1128/CMR.12.4.564>

Cafeverde. 2017. Los 10 Mayores Productores De Café Del Mundo. (En línea). Revisado el 20 de mayo 2018. Disponible en:

<https://comprarcafeverde.es/2017/09/los-10-mayores-productores-cafe-del-mundo/>

Cristancho, M. 2012. El impacto de la roya del café en la caficultura regional. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafe). (En línea). Consultado el 7 de noviembre 2014. Disponible en:

<http://infocafes.com/descargas/biblioteca/152.pdf>

Del Puerto, A.; Tamayo, S.; Estrada, D. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Rev Cubana Hig Epidemiol. 52(3): (En línea). Revisado el 07 de noviembre 2014. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>

Diario Libre. 2013. La producción de café en la República Dominicana sería un 33% menos en esta cosecha. (En línea). Revisado el 08 de abril 2015. Disponible en: <https://www.diariolibre.com/economia/la-produccion-de-cafe-en-la-republica-dominicana-sera-un-33-menos-en-esta-cosecha-ANDL414004#:~:text=SANTO%20DOMINGO..gran%20parte%20de%20las%20plantaciones>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014. Agro noticias. América Latina y el Caribe. La roya del Café Sigue Haciendo Estragos en Centroamérica. (En línea). Revisado el 18 de febrero 2014. Disponible en:

<https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/514105/>

Garçon, C.; Zambolim, L.; Mizubuti, E.; Vale, F.; Costa, H. 2004. Controle da ferrugem do cafeeiro com base no valor de severidade. (En línea). Fitopatologia Brasileira 29:486-491. (En línea). Revisado el 28 de agosto 2014. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/fb/a/kS57TNHQRCykdL6VWx5WW3G/?lang=pt>

Godoy, H.; Oliveira, J.; Thibes, A.; Godoy, L. 2011. Produtos Alternativos no Controle da *Hemileia vastatrix* (Berkeley & Broome) E *Cercospora coffeicola* (Berkeley & Cooke) (En línea). Revisado el 28 de septiembre 2014. Disponible en:

http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7915/Coffee%20Science_v7_n2_p187-197_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Henriques, L.; D. Rodríguez, M.; Sanabria, E.; Crescente, O. 2005. Inhibición del crecimiento micelial in vitro de *Fusarium oxysporum* f sp lycopersici con extractos de *Opuntia* sp.; *Lippia origanoides* y *Croton rhamnifolius*. (En línea). SABER. 17: 133-134. Revisado el 28 de septiembre 2014. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/612/61223212.pdf>

Hernández, A.; Bautista, S.; Velázquez, M. 2007. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. (En línea). Revista Fitotecnia Mexicana 30(2). Revisado el 20 de julio 2010. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/610/61030202.pdf>

Krishnan, S. 2017. Sustainable Coffee Production. Environmental Science - Oxford Research Encyclopedias. (En línea). Revisado el 20 de julio 2020. Disponible en: <https://oxfordre.com/environmentalscience/view/10.1093/acrefore/9780199389414.001.0001/acrefore-9780199389414-e-224>

Mejía, M. 2017. Evaluación de la Efectividad de Extractos Botánicos y aceites esenciales de la Familia Myrtaceae Frente a la Roya del Café (*Hemileia vastatrix* Berk. and Br) en la República Dominicana. Tesis. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO.

OIC (Organización Internacional del Café, UK). 2014. La roya afecta 74 % de café en ES. (En línea). Revisado el 31 de octubre 2014. Disponible en: <https://www.ico.org/clr/elsalvador-22may.pdf>

Pereira, R.; Borges, L.; Gilvaine, P. Fabiano, J. Alves, E. 2012. Essential oils for rust control on coffee plants. *Ciência e Agrotecnologia*, 36(1), 16-24. (En línea). Revisado el 31 de octubre 2014. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/cagro/a/VkBJQm9Csy6HP75YGCJsdWF/?lang=en#:~:text=The%20oils%20of%20thyme%2C%20clove%20and%20citronella%20are%20promising%20for,control%20of%20rust%20in%20coffee.>

Rebolledo, M.; Lid, A.; Peralta, A.; Díaz, P. 2013. Control de Fumagina (*Capnodium mangifera* Cooke & Brown). Con biofungicidas en hojas y frutos de mango “manila”. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 16: 355 – 362. (En línea). Revisado el 04 de diciembre 2014. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93929595007.pdf>

Reyes, F. 2019. Agricultura busca reducir déficit de 200 mil quintales de café fomentando su producción. (En línea). Revisado el 03 de octubre 2020. Disponible en: <https://listindiario.com/economia/2019/10/10/586245/agricultura-busca-reducir-deficit-de-200-mil-quintales-de-cafe-fomentando-su-produccion>

Rodríguez, D.; Montilla, J. 2002. Disminución de la marchitez causada por Fusarium en tomate con extracto de Citrus paradise. (En línea). *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 63: 46-50. Revisado el 04 de diciembre 2014. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228550091_Disminucion_de_la_marchitez_causada_por_Fusarium_en_tomate_con_extracto_de_Citrus_paradisi

Rodríguez, D.; Sanabria, M. 2005. Efecto del extracto de tres plantas silvestres sobre la rizoctoniosis, la mancha sureña del maíz y los patógenos que la causan. *Interciencia* 30 (12): 739- 744. (En línea). Revisado el 04 de diciembre 2016. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911104.pdf>

Stauffer, A.; Orrego, A.; Aquino, A. 2000. Selección de extractos vegetales con efecto fungicida y/o bactericida. *Revista de Ciencia y Tecnología, Dirección de Investigaciones (UNA)* 1 (2): 29-33.

Subramani, D.; Kariyanakatte, K.; Singh, S.; Puthenveetil, K.; Subray, S. 2012. Comparative efficacy of plant products on the spore germination and disease incidence of coffee leaf rust pathogen. *Acta Biologica Indica* 1(1):69-75.

Thomidis, T.; Filotheou, A. 2016. Evaluation of five essential oils as bio-fungicides on the control of *Pilidiella granati* rot in pomegranate. (En línea). *Crop Protection*; (89) 66-71. Revisado el 04 de diciembre 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219416301582>

Zambolim, L.; Vale, F. 2000. Perdas Na Produtividade Qualidade Do Cafeeiro Causadas Por Doenças Bióticas Abióticas. (En línea). Revisado el 04 de diciembre 2016. Disponible en: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/27897/1/texto%20completo.pdf>

Zapata, R.; Sanabria, M.; Rodríguez, D. 2003. Reducción del desarrollo de hongos fitopatógenos con extractos de *Cardón lefaria* (*Cereus Deficiens* Otto & Diert). (En línea). Revisado el 04 de diciembre 2016. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000500011

Estudio sobre la prolificidad de ovejas mestizas y ovejas con el gen FecB (Booroola) en la República Dominicana

Helmut Bethancourt y Héctor Valerio-Mena. Investigadores en producción animal Universidad Nacional Evangélica, Santo Domingo, DO. Para correspondencia: helmutbio@yahoo.com

RESUMEN

Debido a reportes de que los niveles de prolificidad de ovejas mestizas y los manejados informalmente por criadores son relativamente altos y no se correspondían con la productividad del sector, se realizó un estudio con un grupo de ovejas mestizas de tres regiones de la República Dominicana, las cuales fueron llevadas a una finca localizada en la región norcentral del país. Se registró los niveles de prolificidad de tres partos consecutivos de ovejas mestizas de pelo (OML) en un período de tres años. Adicionalmente, se evaluó la prolificidad en primer parto de ovejas mestizas sin el gen FecB (SFB) y con el gen FecB (CFB), hijas o nietas de un carnero mestizo importado de razas Dorset x Ille de France y de las ovejas mestizas locales (OML). La prolificidad promedio registrada de las ovejas locales fue 1.17 crías por parto. Las SFB y las CFB tuvieron 1.00 y 1.86 crías por parto en primer parto, respectivamente, con evidente diferencia significativa ($p < 0.0001$). Se sugiere que el promedio de prolificidad 1.17 se ajusta más a generalidad de las ovejas locales en el país. Y se corrobora que con el gen FecB se puede incrementar significativamente la prolificidad en ovejas mestizas de pelo corto.

Palabras Claves: Ovejas, Prolificidad, Gen FecB, Booroola, Trópico

ABSTRACT

Due to reports that the levels of prolificacy of mestizo sheep and those managed informally by breeders are relatively high and did not correspond to the productivity of the sector, a study was carried out with a group of mestizo sheep from three regions of the Dominican Republic, which They were taken to a farm located in the north-central region of the country. The prolificacy levels of three consecutive lambings of crossbred hair ewes (OML) in a three-year period were recorded. Additionally, the prolificacy at first calving of crossbred ewes without the FecB gene (SFB) and with the FecB gene (CFB), daughters or granddaughters of imported crossbred ram of the Dorset x Ille de France breeds and of local crossbred sheep (OML). The average recorded prolificacy of local sheep was 1.17 pups per lambing. The SFB and the CFB had 1.00 and 1.86 pups per parturition in the first parturition, respectively, with an evident significant difference ($p < 0.0001$). It is suggested that the average prolificacy of 1.17 is more in line with the generality of local sheep in the country. And it is corroborated that the FecB gene can significantly increase prolificacy in crossbred short-haired sheep.

Keywords: Sheep, Prolificacy, FecB gene, Booroola, Tropics

INTRODUCCIÓN

En la República Dominicana se producen ovinos y caprinos desde tiempos coloniales. Actualmente, se tiene experiencia en la crianza con animales de las razas Katahdin, Pelibuey, Barriga Negra y Dorper, que son las que predominan en el país, junto con diversos mestizajes entre estas. No obstante, aun los ovinos locales de mejor rendimiento poseen reducidos índices de crías por parto (Wagner y Peguero 2010). Sin embargo, criadores locales reportan niveles altos de prolificidad de 1.5 crías por parto en ovejas mestizas locales.

República Dominicana no es autosuficiente en la producción de carne de ovinos y caprinos, Vásquez, (2009). Parte de la demanda local, se suple con carne de cordero importada de varios países y con animales vivos introducidos desde Haití para suplir parcialmente la demanda local del mercado de la carne. El incremento del consumo local de carne de ovinos y caprinos demanda el mejoramiento de los sistemas de producción con tecnologías que mejoren la eficiencia en la producción y la prolificidad de las ovejas locales.

Animales de la raza Barriga Negra se considera una de las razas de ovejas de pelo corto más prolíficas, pero los animales no logran relativamente pesadas altas. Los corderos de raza Barriga Negra tienen ganancias de peso y crecimiento inferior a los corderos de la raza Katahdin, independientemente de la dieta utilizada en varias investigaciones (Wildeus *et al.* 2005 y Whitley y Wildeus 2005). Debido a lo anterior, los productores locales prefieren producir animales de la Katahdin, aun si esto conlleva niveles bajos de prolificidad de las ovejas.

El gen FecB, también llamado "Booroola" por la finca de origen de los animales de raza Merino donde se identificó, es un gen único que está asociado a un incremento de 1.5 ovulaciones por celo, lo que se traduce en un incremento de 0.4 a 0.7 crías por parto (Davis 2004 y McNally 2009). La introducción de este gen, en una raza tropical de buena condición para producción de carne, puede aumentar significativamente el número de crías totales por hembra por año, Arora *et al.* (2009).

Contrario a otros genes que interactúan para conferir alta prolificidad a razas como Finnsheep, Romanov y otras razas prolíficas, FecB es un solo gen cuyo locus está en el cromosoma 6q23-31. Por lo tanto, cuando se añade mediante cruces con razas no prolíficas, su efecto en la prolificidad no se diluye como en los casos de prolificidad causada por la interacción de varios genes, McNally (2009).

La mutación FecB fue identificada en ovejas de la raza Merino en Australia, pero el uso de tecnologías de marcadores moleculares revela que su origen puede trazarse hasta ovejas de Asia. Las razas Booroola Merino (Australia), Garole (India), Hu y Han de cola corta (China) son las que contienen este gen de forma nativa, y se asume que viene de una línea común probablemente originaria de la India. A la fecha, se estima que el gen se ha dispersado a 48 razas y tipos en 19 países, sobre todo mediante la raza Booroola Merino (Davis 2009). Recientemente, se ha reportado la presencia del genotipo FecB⁺ en ovejas de pelo en Colombia, Hernández *et al.* (2019).

El gen FecB se comporta como un gen autosómico dominante. El incremento de la prolificidad causado por esta mutación no se debe a un incremento en las concentraciones de la hormona foliculo

estimulante (FSH), sino a un incremento en la sensibilidad a la FSH mediante la acción de factores intrafoliculares. Sin embargo, la identidad de estos factores todavía no se conoce bien, Campbell *et al.* (2009). Luego de dos décadas de conocer el efecto del gen FecB en ovejas, mediante la tecnología molecular se demostró que se debe a una mutación en el gen BMPR-1B localizado en el cromosoma 6, Wilson *et al.* (2001).

El gen FecB se introdujo exitosamente en Israel para aumentar la prolificidad de una raza productora de leche de oveja que es muy demandada en el Medio Oriente, donde la prolificidad aumentó en ovejas de la raza Awassi de 1.3 a 1.9 y en la raza Assaf de 1.7 a 2.4. Muchos productores en Israel, tanto intensivos como extensivos, se han beneficiado de la disponibilidad de sementales homocigotos para el gen FecB, Gootwine (2009).

En la India y en Tailandia se realizaron cruzamientos con ovejas que contienen el gen FecB con el objetivo de beneficiar a pequeños productores. En un período de tres años, se reportó que pequeños productores en la India obtuvieron un incremento de 37% a 50% en sus ganancias después de incorporar el gen en la raza Decanni, Nimbkar *et al.* (2009).

En cuanto a cruzamientos realizados en Europa, se reportó que en la raza francesa Merinos D'Arles se elevó la cantidad de crías vivas a los 70 días después del parto de 1.14 y 1.16 a 1.72 y 1.56, respectivamente, Teyssier *et al.* (2009).

Este estudio tomó en cuenta los posibles incrementos en la mortalidad de los corderitos cuando hay más ovulación y crías múltiples. Un aumento de entre 0.4 y 0.58 crías llevadas al destete por parto como se describe en este estudio, es bastante significativo para cualquier criador.

Se ha reportado poca diferencia entre ovejas heterocigotas (FecB⁺/FecB⁻) y homocigotas (FecB⁺/FecB⁺) para el gen FecB (Gootwine, 2009), o que hubo mayor peso de crías al destete en las FecB⁺/FecB⁻ como fue el caso en la raza Malpura de la India, Arora *et al.* (2009). Hay suficiente evidencia para apuntar que las ovejas FecB⁺/FecB⁻ ofrecieron mayores ingresos a sus criadores cuando fue suplementada su alimentación, Inounu y Priyanti (2009).

Este estudio tiene por objetivo determinar los niveles de prolificidad de ovejas mestizas de tres regiones de la República Dominicana y ovejas con el gen FecB (Booroola) en la República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se adquirieron 41 ovejas mestizas de razas locales de pelo corto (OML), las cuales fueron traídas desde 3 zonas del país a la finca experimental de la UNEV, localizada en la sección Manga Larga de la provincia La Vega, República Dominicana. Más del 50% llegaron a la finca experimental previo a su primer parto, lo que permitió que la mayoría fueran primerizas en el primer parto registrado. Dichas ovejas fueron cruzadas con el carnero Gedeón 5034, mestizo de las razas Ile de France x Dorset, el cual es heterocigoto (FecB⁺/FecB⁻) para el gen FecB (Booroola).

Se verificó la presencia del gen FecB en las crías resultantes de este cruzamiento mediante muestras de sangre o tejido, las cuales fueron enviados al laboratorio GenomNZ (AgResearch, Nueva Zelanda). Las ovejas nacidas en la finca experimental durante ese período, hijas de las OML y descendientes (hijas o nietas) del carnero Gedeón 5034, se denominaron CFB y SFB. Las CFB contenían el gen FecB en forma heterocigota (FecB⁺/FecB⁻), mientras que las SFB no lo tenían (FecB⁻/FecB⁻).

Todas las ovejas en el estudio fueron mantenidas a libre pastoreo con rotación de potreros donde predominaba como pasto la estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y esporádicamente forrajes diversos incluyendo Guácima (*Guazuma ulmifolia*). Adicionalmente, fueron suplementadas en horas de la tarde con 227 gr (0.5 lb) de alimento concentrado por oveja por día.

Se registraron tres partos consecutivos de las OML en la finca experimental entre el 3 diciembre 2016 hasta 17 de febrero 2020. Se estima que el 50% de las OML eran primerizas en el primer parto registrado. Para el presente estudio no se ha considerado el efecto que podrían tener los machos que preñaron a las ovejas en cuanto a su prolificidad. Se registró también el primer parto de las CFB y las SFB, lo cual ocurrió desde el 26 de marzo 2018 hasta 14 de enero 2020.

Para comparar los grupos se hizo un análisis de varianzas para dos grupos (SFB y CFB), lo cual mostró diferencia significativa ($p < 0.0001$), debido a que no se pudo hacer una prueba T para muestras independientes porque no hubo varianza en el grupo SFB. Esto se debe a que todas las ovejas del grupo SFB parieron una cría en primer parto por lo que el resultado presentó una constante.

También se procedió a comparar los promedios de los datos registrados de las OML con los datos de las CFB y SFB. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey) para un error alfa de 0.05. Se utilizó Infostat (versión libre, 2011) para todos los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de prolificidad para cada uno de los partos registrados de las ovejas OML se presenta en la Tabla 1. Se nota que el valor más alto de prolificidad registrado fue 1.27 crías por parto. Y el promedio general de tres partos consecutivos fue 1.17. Debido a que se utilizó un suplemento de alimento concentrado para ovejas durante todo el estudio, se considera que todos los grupos de ovejas bajo estudio tuvieron una alimentación igual o relativamente superior a la ofrecida típicamente a los rebaños de ovejas en varias zonas del país.

Tabla 1. Promedios de prolificidad de ovejas mestizas locales mantenidas en la Finca Experimental de la UNEV.

Grupo	Número de parto registrado	<i>n</i>	Prolificidad
OML	1	41	1.27
OML	2	41	1.12
OML	3	41	1.12
Promedio general			1.17

Nota: $n=41$. Las letras iguales muestran que no hubo diferencias significativas ($P=0.05$).

Los resultados de las ovejas de los grupos SFB y CFB, las cuales estaban emparentadas por ser hijas o nietas del mismo carnero, se muestran en la Tabla 2. Todas las ovejas del grupo SFB tuvieron una sola cría en su primer parto, por lo que se generó una constante sin varianza. En el caso de las CFB el promedio de prolificidad fue 1.86 crías por parto.

Tabla 2. Resultados de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) entre grupos de ovejas emparentadas que contienen o no el gen FecB Booroola.

Grupos	Media # crías por parto	N	E.E.	
SFB	1.00	16	0.06	A
CFB	1.86	14	0.07	B

Nota: Las letras iguales muestran que no hubo diferencias significativas ($P=0.05$).

SFB= ovejas mestizas sin FecB, CFB= ovejas mestizas con FecB.

El análisis de varianzas entre los grupos SFB y CFB mostró diferencia altamente significativa ($P<0.0001$). La comparación de medias (Tukey) para un error alfa de 0.05, también mostró diferencias significativas entre ambos grupos. Al comparar los tres grupos, no hubo diferencia significativa entre las ovejas OML y las SFB, pero sí con las CFB, ver Tabla 3. O sea que ambos grupos que no poseían el gen FecB expresaron una prolificidad inferior.

Tabla 3. Resultados de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) entre grupos de ovejas mestizas con y sin el gen FecB Booroola.

Grupo	Media # crías por parto	<i>n</i>	E.E.	
OML	1.17	41	0.04	A
SFB	1.00	16	0.07	A
CFB	1.86	14	0.07	B

Nota: Las letras iguales muestran que no hubo diferencias significativas ($P=0.05$).

OML=ovejas mestizas de pelo corto sin el gen FecB, SFB= ovejas mestizas sin FecB, CFB= ovejas mestizas con FecB.

Al comparar los datos de las OML con los datos de las CFB y SFB mediante análisis de varianza y comparación de medias (Tukey) para un alfa de 0.05, no se encontró diferencia significativa entre las OML y las SFB, pero sí entre las OML con las CFB.

Esto confirma que las hijas y nietas de las OML que tienen el gen FecB efectivamente tuvieron una mayor prolificidad desde su primer parto. Esto es interesante, pues el régimen de alimentación se manejó igual para todas las ovejas bajo estudio, por lo que es indicativo de que se puede lograr un incremento en la prolificidad en una generación introduciendo el gen FecB.

Los resultados de este estudio coinciden con Hua y Yang (2009), quienes reportan que el gen FecB está asociado con la alta prolificidad, y que su introducción en razas de ovejas de baja prolificidad puede mejorar económicamente las características reproductivas.

Luego de revisar 45 reportes sobre introgresión del gen FecB en razas de distintos países, se encontró que el efecto promedio de tener dicho gen en la prolificidad cuando se porta en forma heterocigota como las ovejas en este estudio fue +0.7 (rango +0.4 a +1.3), sin embargo, cuando hubo pobre supervivencia de corderos y lento crecimiento esta ventaja se redujo a +0.4 corderos destetados y +1.5 Kg de peso total de corderos destetados por oveja, Fogarty (2009).

El efecto del gen FecB entre los grupos estudiados en el presente reporte, CFB comparado con SFB y OML, fue +0.86 y +0.69, respectivamente. Este obvio incremento en la prolificidad debe ser acompañado de una estrategia que asegure la supervivencia de corderos y una tasa de crecimiento rápida para obtener el máximo de beneficios luego de introgresar el gen FecB.

CONCLUSIONES

Como estudio base sobre prolificidad, se considera que el promedio de prolificidad (1.17) encontrado en las ovejas locales de la Finca Experimental de la UNEV se acerca a la realidad general nacional de las ovejas de pelo en la República Dominicana. Se corrobora también lo encontrado en la literatura científica que indica que con el gen FecB se puede incrementar significativamente la prolificidad, incluyendo en ovejas mestizas de pelo corto, lo que puede contribuir a una mayor rentabilidad en los sistemas de crianza.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt) del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt) de la República Dominicana y al ingeniero Smerlin Paulino por su contribución.

LITERATURA CITADA

Arora, A.; Mishra, A.; Prince, L. 2009. Consequences of introgression of the FecB gene into Malpura sheep in Rajasthan. Use of the FecB (Booroola) gene in sheep-breeding programs, Ed.: S. Walkden-Brown, J. van der Werf, C. Nimbkar y V. Gupta, ACIAR.

Davis, G. 2004. Fecundity genes in sheep. *Animal Reproduction Science* 82: 247-253.

Davis, G., 2009. The Booroola gene: origin, distribution, use and management of the FecB mutation. In: Proceedings of the Helen Newton Turner Memorial International Workshop, Pune, Maharashtra, India. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra, Australia; 2008. Pp. 22-31

Fogarty, N. 2009. A review of the effects of the Booroola gene (FecB) on sheep production. *Small Ruminant Research* 85: 75-84.

Gootwine, E. 2009. Biological and economic consequences of introgressing the B allele of the FecB (Booroola) gene into Awassi and Assaf sheep. Use of the FecB (Booroola) gene in sheep-breeding programs, Ed.: S. Walkden-Brown, J. van der Werf, C. Nimbkar y V. Gupta, ACIAR.

Hernández, D.; Montes, D.; De la Ossa, J. 2019. Asociación del polimorfismo FecB con la prolificidad natural del Ovino de Pelo Colombiano. Córdoba, CO. Revista MVZ Córdoba 25(1): e1771.

Hua, G.; Yang, L. 2009. Biological and economic consequences of the FecB mutation in Chinese breeds of sheep. Use of the FecB (Booroola) gene in sheep-breeding programs, Ed.: S. Walkden-Brown, J. van der Werf, C. Nimbkar y V. Gupta, ACIAR.

Inounu, I.; Priyanti, A. 2009. Biological and economic consequences of the FecB mutation in Indonesian Thin Tail sheep. Use of the FecB (Booroola) gene in sheep-breeding programs, Ed.: S. Walkden-Brown, J. van der Werf, C. Nimbkar y V. Gupta, ACIAR.

Nimbkar, C.; Ghalsasi, P.; Nimbkar, B.; Ghalsasi, P.; Gupta, V.; Pardeshi, V.; Maddox, J.; Van der Werf, J.; Gray, G.; S. Walkden-Brown, S. 2009. Biological and economic consequences of introgression of the FecB (Booroola) gene into Deccani sheep. Use of the FecB (Booroola) gene in shep-breeding programs, ACIAR.

Teyssier, J.; Bodin, L.; Maton, C.; Bouquet, P.; Elsen, J. 2009. Biological and economic consequences of introgression of the FecB gene into the French Mérinos d'Arles sheep. Use of the FecB (Booroola) gene in sheep-breeding programs, Ed.: S. Walkden-Brown, J. van der Werf, C. Nimbkar y V. Gupta, ACIAR.

Vásquez, A. 2009. Diagnóstico Ovicaprinos. Junta Agroempresarial Dominicana (JAD). Santo Domingo, DO.

Wagner, B.; Peguero, M., 2010. Ganado ovino y caprino. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (Cedaf). Santo Domingo, DO. (En línea). Revisado el 2 de febrero 2021. Disponible en: <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/chivos.pdf>

Whitley, N.; Wildeus, S. 2005. Hair Sheep Production in Eastern Farm Flocks. Hair Sheep Workshop. VSU, NSIIC y NCERA-190 RRP. (En línea). Revisado el 1 de junio de 2021. Disponible en: <http://www.sheepandgoat.com/HairSheepWorkshop/eastern.html>

Wildeus, S.; Turner, K.; Collins, J. 2005. Growth Performance of Barbados Blackbelly, Katahdin and St. Croix Hair Sheep Lambs Fed Pasture- or Hay-based Diets. Sheep & Goat Research Journal 20: 37-41. (En línea). Revisado el 1 de junio de 2021. Disponible en: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1463&context=usdaarsfacpub>

Wilson, T.; Wu, Y.; Juengel, J.; Ross, I.; Lumsden, J.; Lord, E.; Dodds, K.; Walling, G.; McEwan, J.; O'Connell, A.; McNatty, K.; Montgomery, G. 2001. Highly prolific Booroola sheep have a mutation in the intracellular kinase domain of bone morphogenetic protein IB receptor (ALK-6) that is expressed in both oocytes and granulosa cells. Biol Reprod. 64(4): 1225-35.

Influencia de la aplicación de estiércol, micorriza y fertilizante granulado en la producción y calidad del forraje de tres especies arbóreas

Pedro Núñez^{1,2*}, Birmania Wagner^{2,3}, Jean Jignore⁴, Arcule Donatin⁴ y Eligene Paul⁴

¹Docente Cátedra de Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD) e Investigador titular, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf).

²Investigador y docente Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y Escuela Zootenia Facultad de Ciencias Veterinarias y Agronómicas de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). ⁴Graduados de Ingenieros Agrónomos, Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Veterinarias y Agronómicas, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). *Autor para correspondencia: pnunez25@uasd.edu.do

RESUMEN

Los elevados costos de alimentos concentrados en la alimentación animal, requieren de la utilización de fuentes alternativas económicas y altos rendimientos y calidad nutricional. Se estudió el efecto de la aplicación de estiércol, micorriza y fertilizante granulado en el rendimiento y calidad del forraje de *Leucaena leucocephala* Lam., *Tithonia diversifolia* Lam. y *Moringa oleifera* Lam., en suelo. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas en diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se usaron las dosis de 100 g/m² para el estiércol, 80 g/m² para el fertilizante mineral, y 36 g/m² para la micorriza, con corte a los 40 días después del brote de las especies, además se usó un testigo sin la aplicación de fertilizantes. Los resultados de los análisis de varianza difieren significativamente en los tres cortes. La media superior para la altura fue 130 cm, para el rendimiento de biomasa fresca fue superior con 8591.67 kg/m² y para la calidad nutritiva fue 22.25 % de proteína cruda. Para el segundo corte hubo diferencia significativa en altura, y en el rendimiento de materia verde, la media superior para la altura fue de 132.78 kg/m² y la media para la materia verde fue 16,975.00 kg/m². Para el tercer corte, hubo diferencia significativa en altura con 130 cm, en materia verde con 8,591.00 kg/m² en calidad nutritiva, la media superior fue de 22.25 %.

Palabras clave: Arbóreas, forrajeras, biomasa, altura, nutrientes.

ABSTRACT

The high costs of food concentrated in animal feed require the use of alternative economic sources and high yields and nutritional quality. The effect of the application of manure, mycorrhiza and granulated fertilizer on the yield and forage quality of *Leucaena leucocephala* Lam., *Tithonia diversifolia* Lam. and *Moringa oleifera* Lam., in soil. A split plot arrangement was drawn in a randomized block design with three replications. The doses of 100 g/m² were used for the manure, 80 g/m² for the mineral fertilizer, and 36 g/m² for the mycorrhiza, with a cut 40 days after the outbreak of the species, in addition, a control without the application of fertilizers. The results of the analysis of variance differ significantly in the three cuts. The highest mean for height was 130 cm, for fresh biomass yield it was higher with 8591.67 kg/m² and for nutritional quality it was 22.25% of crude protein. For the second cut there was a significant difference in height, and in the green matter yield, the upper mean for height was 132.78 kg/m² and the mean for green matter was 16,975.00 kg/m². For the third cut, there was a significant difference in height with 130 cm, in green matter with 8,591.00 kg/m² in nutritional quality, the upper average was 22.25%.

Keywords: Arboreal, forage, biomass, height, nutrients

INTRODUCCIÓN

La ganadería en la República Dominicana ha experimentado un crecimiento importante. Siendo una limitante la disponibilidad de especies forrajeras, ya que han sido poco estudiadas, por lo que se requiere del establecimiento de gramíneas forrajeras con potencial para zona seca, las cuales deben ser evaluadas en relación a su adaptabilidad bajo condiciones de suelos con baja fertilidad e incidencia de escasa precipitación, Valerio *et al.* (2013). En ese sentido, nuevas técnicas y tecnologías son aportadas como la liberación de nuevas variedades o descubrimiento de nuevas especies vegetales. Las plantas arbóreas y arbustivas tienen un rol importante por su elevado valor nutritivo y naturaleza multipropósito. En ese sentido, los árboles y los arbustos asociados proporcionan múltiples beneficios a la ganadería, Ruiz *et al.* (2006).

Entre estas especies forrajeras abundan las leguminosas y leñosas perennes, Wilber (2010). En ese sentido, Fernández (2017), plantea el aprovechamiento de especies arbóreas, arbustivas y forrajeras (gramíneas y leguminosas perennes) de clima templado-frío, tropical y subtropical en la alimentación del ganado. Asimismo, Wagner (2005) plantea la importancia de las especies arbóreas y arbustivas; como suplemento dietético para animales en pastoreo, por su alto contenido de proteína y energía y otros elementos indispensables para los animales. Es decir, que los sistemas con leguminosas, ya sean arbustivas o rastreras asociadas con gramíneas, pueden desempeñar un papel destacado en el logro de sistemas sostenibles con el medio ambiente, Cordón (2014).

El uso de plantas forrajeras en la dieta de diferentes especies animales es una de las opciones para la producción eficiente y rentable en sistemas agropecuarios. Estas aportan nutrientes y mejoran la calidad de los suelos como es el caso de las gramíneas. El uso de fuentes alternativas orgánicas de fertilización en la producción y calidad de biomasa forrajera contribuye a la conservación de la biodiversidad al disminuir la utilización excesiva de fertilizantes químicos, Hernández y Cuevas (1999).

Existe un interés creciente en la búsqueda de recursos alimenticios que sustituyan parcialmente el uso del alimento balanceado o que sirvan para recuperar los suelos degradados, disminuyendo costos, principalmente, para pequeños productores. El uso del follaje de árboles y arbustos en la alimentación de rumiantes, es una práctica conocida por los productores (Benavides 2000). En tanto que los pastos por si solos no cubren los requerimientos nutricionales de los rumiantes y constituyen malas opciones para alimentar animales monogástricos.

Quiroz-Martínez (2017), plantea un sin número de alternativas de suplementación alimenticia para el ganado a través de entrenamientos a productores. En ese sentido, alternativas de suplementación alimenticia no convencionales para bovinos. *Tithonia diversifolia* se está usando como alternativa forrajera en Cuba, Ruiz *et al.* (2014), con excelentes resultados. Alimentar al ganado bovino de carne y leche con recursos propios es una necesidad y debe ser parte de los programas de investigación y de la política nacional de la República Dominicana.

En ese sentido, el uso de biofertilizante es una de las técnicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente. En este sentido, el uso de micorrizas ha sido usadas para mejorar las condiciones de los suelos, por la solubilización de nutrientes y por lo tanto mejoran las posibilidades de obtener un mejor pasto, Ivana (2006).

Generalmente las condiciones climáticas predominantes en la República Dominicana, caracterizadas por la distribuciones irregular da las lluvias, la variación de la temperatura y la radiación solar, provocan la disminución drástica de los rendimientos de materia seca y la calidad de los pastos, cuando esto sucede la ganadería Dominicana es afectada por muchos problemas tales como: mala calidad de las pasturas, alto costo de la materia prima para los alimentos concentrados, alto costos de los fertilizantes, la inexistencia de un programa de fertilización de pastura. Esto sucede, de forma muy marcada en la región ocasionando una escasez de alimentos para los animales, lo que limita la producción de leche en el periodo seco, Fernández (2003).

Noda *et al.* (2013), evaluaron el efecto de la fertilización química nitrogenada, la micorriza vesículo arbuscular (MVA) *Glomus fasciculatum* y la fitohormona brasinoesteroide Biocep-6, en las características morfoagronómicas de *Morus alba* var. Acorazonada, estos reportan que la sinergia entre los fertilizantes biológicos y los químicos fue notable para todas las variables morfo agronómicas evaluadas en la especie. Es decir, que este tipo de especies responden bien a la fertilización, e incluso las combinaciones biológicas y químicas de estos fertilizantes. En ese sentido, Lok y Suárez (2014) en estudio en *Moringa oleifera*, reportan que la aplicación de 25 t ha⁻¹ de estiércol vacuno y EcoMic mostraron el mayor rendimiento de moringa y la mejor contribución a los contenidos de nutrientes del suelo. En *L. leucocephala*, Pedroza (2017), aplicó varios tratamientos con lombricomposta y esto favoreció el establecimiento de la especie en el desarrollo de su cobertura aérea, desarrollo brotes y presento incremento de altura a través de la evaluación.

En la actualidad la actividad ganadera amerita un nuevo enfoque productivo que revalorice los recursos arbóreos y arbustivos, como elementos fundamentales para el diseño de sistemas productivos eficientes y sostenibles, Mc-Caughey-Espinoza *et al.* (2019). Al considerar los altos costos de los alimentos concentrados, es necesario promover la utilización de fuentes alimenticias económicas y de alto valor nutritivo que ayuden a disminuir los costos de alimentación. Tal es el caso, de un estudio en *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* y su efecto en la producción de forrajes y calidad nutritiva, De Souza y Gualberto (2007). En ese sentido, se realizó la investigación con el objetivo de evaluar el efecto de dos fertilizantes (químico y estiércol de bovino) y una micorriza en la producción y calidad del forraje de tres especies arbóreas (*Leucaena leucocephala* Lam., *Tithonia diversifolia* Lam. y *Moringa oleifera* Lam.) en la finca experimental de Engombe, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del área experimental

Esta investigación se realizó en la Estación Experimental Engombe, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), en el año 2017. En la zona predomina una pluviometría promedio anual de 1,444.1 mm, evapotranspiración en tanque A de 99.9 mm, temperatura y humedad relativa promedio mensual de 26.2°C y 78.4%, respectivamente, Martínez (1972). El suelo dominante es un molisol Fluventic Aplustols, aluvional, relieve relativamente plano con 0.1%, textura franco arcilloso y color oscuro. El suelo es ligeramente ácido, capacidad de intercambio catiónico apropiada, materia orgánica baja, deficiencia de fósforo y presencia de micronutrientes en el rango deseado, Tabla 1.

Tabla 1. Características químicas del suelo utilizado, Estación Experimental Engombe, UASD.

Elementos analizados	Unidad	Concentraciones	Valores deseables
pH 1.2 H ₂ O	-	6.2	5.8 – 6.2
CE 1.2 H ₂ O	Mmho/cm	0.28	<1.00
CaCO ₃	Presencia	-	Presente
Calcio (Ca ²⁺)	Meq/100 g	12.39	>5.00
Magnesio (Mg ²⁺)	Meq/100 g	6.83	>1.50
Potasio (K ⁺)	Meq/100 g	0.15	>0.45
Sodio (Na ²⁺)	Meq/100 g	0.28	<1.25
CIC	Meq/100 g	19.65	10-40
Ca/Mg	-	1.8	2-10
Mg/K	-	45.1	2-12
Ca Mg/k	-	126.8	15-60
PS-Al	%	0.0	<15%
PS-Na	%	1.4	<5%
Fe ²⁺	mg/kg ss	82.0	10-100
Mn ²⁺	mg/kg ss	11.8	10-50
Ca ²⁺	mg/kg ss	10.1	3-15
Zn ²⁺	mg/kg ss	1.8	3-15
P	mg/kg ss	1.3	>28
Materia Orgánica	%	2.7	3.5-6.5

Fuente: Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA). Símbolos: mayor que (>) o menor que (<). Prueba: Analizado por Mehlich-3: Ca-Mg-K-Na usando acetato de amonio 1N pH 7.0.

Preparación y marcado

Para el establecimiento de las especies, se preparó el suelo convencionalmente, incluyendo las labores de arado, cruce y rastra. Para el diseño y marcado de las parcelas, se usaron estacas para marcar los puntos de referencias de cada parcela y hilo para ubicar las hileras y material de siembra.

Material de siembra

Se usaron semillas sexuales de *L. leucocephala* Lam. y *M. oleifera* Lam., y estacas de *T. diversifolia* Lam. de 8 cm de largo. Las semillas se escarificaron en agua por 12 horas para facilitar la germinación y establecimiento. Para la siembra se colocaron las semillas y las estacas manualmente en las hileras según los tratamientos. El área útil fue (15 m * 12 m) = 180 m², con un marco de plantación 0.5 m * 0.5 m. Se utilizaron 2 semillas/golpe a una profundidad de 2 a 3 cm, posteriormente fueron cubiertos con suelo. *T. diversifolia* Lam. fue sembrada por estacas de forma inclinada usando la misma densidad de siembra.

Diseño experimental

Se utilizó un arreglo de parcelas divididas en diseño de bloques al azar. La parcela principal estaba compuesta por cuatro tratamientos: dos fertilizantes (20-5-10 y estiércol de bovino), una micorriza comercial introducida desde Cuba (EcoMic®), procedentes del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), a dosis de 80 g/m² (170 kg/ha), 100 g/m² (5000 kg/ha) y 36 g/m² (15 kg/ha), respectivamente y un testigo sin fertilizantes, ni micorrizas. Mientras las parcelas pequeñas eran tres especies arbóreas (*Leucaena leucocephala* Lam., *Tithonia diversifolia* Lam. y *Moringa oleifera* Lam.) y se usaron tres repeticiones.

Variables evaluadas

a. Altura de corte (cm). Se tomaron tres alturas en plantas/parcela y luego se calculó la media. La altura se midió desde la base de la planta hasta el ápice, usando cinta métrica. Este procedimiento se repitió en cada unidad experimental en cada corte, ósea a los 45 días, en ese sentido Ledea-Rodríguez *et al.* (2017) recomienda una frecuencia de corte entre 45 y 60 días en *Moringa oleifera* y especies similares.

b. Biomasa fresca (Peso fresco o materia verde): Se cosecho un (1) m² dentro de cada unidad experimental de manera separada, se pesó la muestra con una balanza de precisión (g), modelo LS 3200 C, marca Precisa, luego, se registraron los datos en un formulario/corte.

c. Peso seco o materia seca: se cosechó un (1) m² de cada unidad experimental, y llevadas a laboratorio para su pesado con una balanza digital (g), modelo LS 3200 C, secadas a 70 °C/24 horas en estufa forzada al horno. Posteriormente, se tomó la masa de las muestras y se determinó el porcentaje de materia seca (%MS) de cada muestra. Estos valores fueron usados en el cálculo de los contenidos de calcio, fósforo, nitrógeno, fibra cruda y proteína cruda (Sadzawka *et al.* 2001).

d. Calidad nutritiva forrajeras (Ca, N, P, fibra cruda y proteína cruda)

Nitrógeno (%): Se utilizó el método Kjeldahl para determinar el contenido de proteína calculándose el contenido nitrógeno por la siguiente fórmula, Sadzawka *et al.* (2001):

$$\% N = \text{volumen gastado de H}_2\text{SO}_4 * 0.14088/\text{peso de la muestra}$$

Donde:

N = es nitrógeno

H₂SO₄ = ácido sulfúrico

Proteína cruda (%): Se utilizó el método de Micro Kjeldahl, el cual permite obtener el porcentaje de nitrógeno total de la muestra, y en base al factor de conversión 6.25 se convierte a porcentaje de proteína cruda (Hiriart 1994), según la siguiente ecuación:

$$PC (\%) = N (\%) * 6.25.$$

Donde:

PC = proteína cruda

N = nitrógeno

Calcio (%): Para la determinación del contenido de calcio (Ca) se realizó a partir de las cenizas por calcinación, donde se precipite en forma de oxalato de calcio por neutralización con Amoníaco (Sadzawka *et al.*, 2001) y determinación por espectrofotometría.

Fósforo (%): el fósforo en tejido foliar fue determinado por calcinación y determinación por colorimetría del fosfo-vanadomolibdato, de acuerdo a metodología reportada por Sadzawka *et al.* (2001).

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el Paquete Estadístico InfoStat 2020. Se realizó análisis de varianza, separación de media por Duncan al 5 % error alfa (Di Rienzo 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alturas de las especies/corte

En la Tabla 2, se aprecia que no hubo un efecto de los tratamientos en las alturas promedio de los tres pastos en el corte 1, mientras que en el corte 2, el tratamiento químico fue estadísticamente superior con 132.78 cm y el resto de tratamientos fueron idénticos ($p > 0.05$). En el corte 3 tratamiento químico produjo la mayor altura con 130 cm, muy similar al corte 2, mientras fueron muy similares en los tratamientos a base de estiércol y micorrizas, e inferiores al control ($p > 0.05$).

Tabla 2. Prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias para las alturas según tratamiento en los tres cortes de las especies (n =9).

Tratamientos	Alturas promedio en las tres especies por cortes* (cm)		
	Corte* 1 (45 días)	Corte 2 (90 días)	Corte 3 (135 días)
Testigo	105.00 a	116.56 a	119.22 b
Micorrizas	134.78 a	118.78 a	114.89 ab
Químico	110.22 a	132.78 b	130.00 c
Estiércol	103.22 a	120.00 a	113.73 a
Error estándar	14.10	1.48	1.58
CV%	37.32	3.64	3.97
P	0.37-043	0.0001	0.0001-0.36

Medias con una letra común entre tratamientos/corte no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Prueba Duncan Alfa=0.05. *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días).

Los resultados del primer y tercer corte no coinciden con lo reportado por (Wagner y Colón 2007) donde reportan que al comparar los diferentes tratamientos representados por la altura de corte se comprobó que existe diferencias significativas entre los tratamientos. Díaz-López (2013) en Juticalpa, Nicaragua, en *Moringa oleifera* Lam., reporta diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno aplicado y la altura de la planta a los 90 días, esto coincide con las alturas obtenidas en este experimento en el segundo corte (90 días). Lok y Suárez (2014) evaluando *Moringa oleifera* Lam. en Cuba, reportan que a los 60 días no se reportan diferencia significativa, estos resultados difieren con los obtenidos en la investigación. Según Mishra *et al.* (1991) la altura de la planta es un componente del rendimiento que permite conocer cuándo puede ser cosechada la planta. Esta permite medir el crecimiento del cultivo. Sin embargo, existen algunos factores que afectan la altura como luz, calor, humedad y nutrientes (Reyes, 1990). Arauz-Calero y Romero-Pérez (2009) reportan que la altura es afectada positivamente por los fertilizantes aplicados.

Las alturas promedio por corte y especies, no mostraron diferencias estadísticas entre las especies para los cortes 1 y 3, en el corte 2 la mayor altura se produjo en la especie *T. diversifolia* con 133.50 cm, siendo superior estadísticamente a las otras especies ($p > 0.05$), según Tabla 3. Estos resultados

coinciden con los reportados por Botero *et al.* (2019) encontrando diferencias significativas entre las especie, siendo *T. diversifolia* superior en altura con plántulas fertilizadas.

Tabla 3. Prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias para las alturas/corte (n =12).

Especies	Alturas promedios/especie/cortes (cm)		
	Corte* 1 (45 d)	Corte 2 (90 d)	Corte 3 (135 d)
<i>Leucaena leucocephala</i> Lam.	122.75 a	118.82 b	120.80 a
<i>Tithonia diversifolia</i> Lam.	108.67 a	133.50 c	119.58 a
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	108.50 a	113.67 a	118.00 a

Medias con una letra común entre tratamientos/corte no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Prueba Duncan Alfa=0.05. El error estándar fue de 12.21, 1.28 y 1.77 para el corte 1, corte 2 y corte 3, respectivamente. d = días; *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días).

En el corte 1, la mayor interacción se produjo con *L. leucocephala** micorrizas con 187.3 cm, aunque no superior a las demás interacciones ($p > 0.05$), según Tabla 4.

Tabla 4. Prueba de rangos múltiples de Duncan para las interacciones especie por tratamiento para alturas promedios (cm)/corte (n =3).

Especie	Tratamiento	Altura promedio (cm)
		Corte* 1 (45 días)
Leucaena	Estiércol	99.33 a
Leucaena	Químico	100.33 a
Moringa	Testigo	103.67 a
Leucaena	Testigo	104.00 a
Moringa	Estiércol	104.00 a
Moringa	Micorriza	106.00 a
Titonia	Estiércol	106.33 a
Titonia	Testigo	107.33 a
Titonia	Químico	110.00 ab
Titonia	Micorriza	111.00 ab
Moringa	Químico	120.33 ab
Leucaena	Micorriza	187.33 b
		Corte* 2 (90 días)
Moringa	Micorriza	105.67 a
Moringa	Estiércol	106.00 a
Moringa	Testigo	108.00 a
Leucaena	Micorriza	113.00 ab
Leucaena	Testigo	113.33 ab
Leucaena	Estiércol	117.00 b

Titonia	Testigo	128.33	c
Leucaena	Químico	131.33	cd
Titonia	Químico	132.00	cd
Moringa	Químico	135.00	cd
Titonia	Estiércol	136.00	cd
Titonia	Micorriza	137.67	d
Corte* 3 (135 días)			
Titonia	Estiércol	112.00	a
Moringa	Testigo	113.33	ab
Leucaena	Micorriza	113.33	ab
Moringa	Estiércol	113.67	ab
Moringa	Micorriza	114.33	abc
Leucaena	Estiércol	115.52	abc
Titonia	Micorriza	117.00	abc
Titonia	Testigo	121.67	bcd
Leucaena	Testigo	122.67	cd
Titonia	Químico	127.67	d
Moringa	Químico	130.67	f
Leucaena	Químico	131.67	f

Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam.), *Titonia* (*Tithonia diversifolia* Lam.) y *moringa* (*Moringa oleifera* Lam.). Medias con una letra común entre interacciones especie*tratamientos/corte no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Prueba Duncan Alfa=0.05. EE = error estándar de 24.41 en corte 1, 2.57 en corte 2 y 2.74 en el tercer corte. *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días).

Mientras que en el corte dos la combinación *T. diversifolia* con micorrizas fue superior a las demás combinaciones con 137.67 cm ($p > 0.05$), caso contrario al corte 3, donde la combinación de *M. oleifera* y *L. leucocephala* con el fertilizante químico produjo las mayores alturas con 130.67 y 131.67 cm, respectivamente, siendo superiores a las demás combinaciones.

Peso fresco de las especies/corte

En la Tabla 5, se aprecia que no hubo un efecto de los tratamientos en la producción de biomasa fresca de las tres especies en los tres cortes ($p > 0.05$). En el corte 3 tratamiento químico produjo la mayor altura con 130 cm, muy similar al corte 2, mientras fueron muy similares en los tratamientos a base de estiércol y micorrizas, e inferiores al control ($p > 0.05$). Siendo el tratamiento químico el de mayor producción en el corte 2 con 12,744 g/m² (127,440 kg/ha), pero no estadísticamente diferente a los demás tratamientos.

Tabla 5. Prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias para la producción de biomasa fresca de las especies según tratamientos en los tres cortes (n =9).

Tratamientos	Producción promedios de biomasa fresca de las tres especies/cortes* (g/m ²)		
	Corte 1 (45 d)	Corte 2 (90 d)	Corte 3 (135 d)
Testigo	6,822 a	10,944 a	6,822 a
Micorrizas	6,889 a	11,167 a	6,889 a
Químico	6,611 a	12,744 a	6,611 a
Estiércol	7,735 a	11,063 a	7,735 a

Medias con una letra común entre tratamientos/corte no son significativamente diferentes (p > 0.05). Prueba Duncan Alfa=0.05. El error estándar fue de 818.07, 2,356.90 y 818.87 para el corte 1, corte 2 y corte 3, respectivamente. La conversión de gramos/m²/1000 g*10000 m²= kg/ha. *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días); d = días.

La producción total de biomasa fresca promedios por corte y especies, mostró diferencias en los tres cortes, siendo *T. Diversifolia* la de mayor producción de biomasa producida con 22,775, 16,975 y 8,592 g/m² (227,750, 169,750 y 85,920 kg/ha) en los cortes 1, 2 y 3, respectivamente, siendo estadísticamente superior a las demás especies (p > 0.05), según Tabla 6.

Tabla 6. Prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias para para la producción de biomasa fresca /corte (n =12).

Especies	Producción promedio de biomasa fresca/especie/cortes* (g/m ²)		
	Corte 1 (45 d)	Corte 2 (90 d)	Corte 3 (135 d)
<i>Leucaena leucocephala</i> Lam.	7,675 a	6,882 a	8,168 b
<i>Tithonia diversifolia</i> Lam.	22,775 b	16,975 b	8,592 b
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	21,275 b	10,233 a	4,283 a

Medias con una letra común entre tratamientos/corte no son significativamente diferentes (p > 0.05). Prueba Duncan Alfa=0.05. El error estándar fue de 708.47, 2041.18 y 1770.27 para el corte 1, corte 2 y corte 3, respectivamente. La conversión de gramos/m²/1000 g*10000 m²= kg/ha. *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días); d = días.

El uso de hongo micorrízico arbuscular (M) como el *Glomus intraradices*, propicia una relación simbiótica con la mayoría de las plantas terrestres y beneficiar la producción de un sistema. Jiménez-Ortiz *et al.* (2019). Estos autores, concluyen que el uso de prácticas agroecológicas como la fertilización orgánica y el uso de *Glomus intraradices*, pueden beneficiar los sistemas de producción agropecuarios. La producción. Sin embargo, en el corte 2, la fertilización química incrementó la producción, siendo muy diferente a los cortes 1 y 3, donde el estiércol incremento los gramos de materia seca/m². Arauz-Calero y Romero-Pérez (2009), reportan que a medida que suplimos las necesidades nutritivas de las plantas, los rendimientos son mayores.

En el corte 2, la mayor interacción para la producción de biomasa fresca se produjo con *T. Diversifolia** con el testigo con 33,000 g/m² (330,000 kg/ha), siendo superior a las demás interacciones ($p > 0.05$), según Tabla 7. Mientras que en el corte dos la combinación *T. Diversifolia* con fertilizante comercial fue la más productiva, pero no estadísticamente diferente con 20,400 g/m² (204,000 kg/ha) y solo supero la combinación *L. Leucocephala* por testigo con 5,867 g/m² (58,670 kg/ha, $p > 0.05$) y en corte 3 la interacción *T. Diversifolia* por fertilizante comercial tuvo la mayor producción con 9,500 g/m² (95,000 kg/ha), pero no estadísticamente diferente a la mayoría de las combinaciones y solo superando a las combinaciones de *Moringa oleifera* Lam con estiércol y el testigo ($p > 0.05$).

Tabla 7. Prueba de rangos múltiples de Duncan para las interacciones especie por tratamiento para la producción de biomasa fresca (cm)/corte (n =3).

Especie	Tratamiento	Biomasa fresca promedio (g/m ²)	
		Corte* 1 (45 d)	
Leucaena	Testigo	3,541	a
Leucaena	Estiércol	6,666	a
Leucaena	Micorriza	6,800	a
Leucaena	Químico	11,333	ab
Titonia	Químico	11,333	ab
Moringa	Testigo	16,167	abc
Moringa	Estiércol	19,100	bc
Titonia	Estiércol	22,600	bc
Titonia	Micorriza	24,167	c
Moringa	Micorriza	24,167	c
Moringa	Químico	25,666	c
Titonia	Testigo	33,000	d
		Corte* 2 (90 d)	
Leucaena	Testigo	5,867	a
Leucaena	Micorriza	6,833	ab
Leucaena	Químico	7,500	ab
Leucaena	Estiércol	7,550	ab
Moringa	Estiércol	9,500	ab
Moringa	Micorriza	9,933	ab
Moringa	Químico	10,333	ab
Moringa	Testigo	11,167	ab
Titonia	Estiércol	14,967	ab
Titonia	Testigo	15,800	ab
Titonia	Micorriza	16,733	ab
Titonia	Químico	20,400	b

		Corte* 3 (135 d)	
Moringa	Estiércol	2000	a
Moringa	Testigo	3467	a
Moringa	Micorriza	5167	ab
Leucaena	Estiércol	6500	ab
Moringa	Micorriza	6500	ab
Titonia	Estiércol	8167	b
Titonia	Micorriza	8333	b
Titonia	Testigo	8367	b
Leucaena	Testigo	8372	b
Leucaena	Químico	8833	b
Leucaena	Químico	8967	b
Titonia	Químico	9500	b

Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam.), *Titonia* (*Tithonia diversifolia* Lam.) y *moringa* (*Moringa oleifera* Lam.). Medias con una letra común entre interacciones especie*tratamientos/corte no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Prueba Duncan Alfa=0.05. EE = error estándar de 3540.54 en corte 1, 4082.35 en corte 2 y 1416.93 en el tercer corte. La conversión de gramos/m²/1000 g*10000 m²= kg/ha. *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días).

Contenidos de calcio, fósforo, nitrógeno, fibra cruda y proteína cruda en las especies/corte (%)

Los contenidos de calcio no mostraron diferencias estadísticas en el segundo y tercer corte para las tres especies. En el primer corte solo *T. diversifolia* fue superior con 2.75 % de Ca ($p > 0.05$), según Tabla 8. Este elemento no mostró diferencias estadísticas en el segundo y tercer corte en ninguno de los tratamientos (Tabla 9).

Tabla 8. Prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias para los contenidos de calcio, fósforo, nitrógeno y proteína cruda en el forraje/corte (n =4).

Especies	Contenidos promedios de nutrientes /especie/cortes y PC			
	Ca	P	N	Proteína cruda
	%			
	Corte* 1 (45 días)			
<i>Leucaena leucocephala</i> Lam.	2.00 a	11.00 a	4.65 a	29.05 a
<i>Tithonia diversifolia</i> Lam.	2.75 b	10.00 a	4.38 a	29.89 a
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	2.00 a	10.67 a	4.57 a	28.56 a
	Corte* 2 (90 días)			

<i>Leucaena leucocephala</i> Lam.	2.13 a	11.74 b	3.50 a	21.50 a
<i>Tithonia diversifolia</i> Lam.	2.51 a	10.05 a	3.75 a	21.50 a
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	2.19 a	10.27 a	2.50 a	21.70 a
Corte* 3 (135 días)				
<i>Leucaena leucocephala</i> Lam.	2.15 a	11.18 c	3.40 a	21.25 c
<i>Tithonia diversifolia</i> Lam.	2.23 a	10.11 b	3.55 a	22.19 a
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	2.41 a	8.24 a	2.40 a	15.00 b

Ca = calcio, P = fósforo, N = nitrógeno, FC = fibra cruda, PC = proteína cruda. Medias con una letra común entre tratamientos/corte no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Prueba Duncan Alfa=0.05. El error estándar fue de 0.19, 0.13 y 0.17 para el corte 1, corte 2 y corte 3, respectivamente para el Ca. El error estándar fue de 1.43, 0.81 y 0.93 para el corte 1, corte 2 y corte 3, respectivamente para el P. El error estándar fue de 0.28, 0.46 y 0.50 para el corte 1, corte 2 y corte 3, respectivamente para el N. El error estándar fue de 2.87, 2.07 y 2.47 para el corte 1, corte 2 y corte 3, respectivamente para la PC. *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días).

Tabla 9. Prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias para los contenidos de calcio, fósforo, nitrógeno, fibra cruda y proteína cruda en el forraje/tratamiento/corte (n =3).

Tratamientos	Contenidos promedios de nutrientes /tratamiento/cortes y PC			
	Ca	P	N	Proteína cruda
%				
Corte* 1 4(45 días)				
Testigo	3,00 b	11.00 a	4.19 a	31.20 a
Micorrizas	2.33 a	10.33 a	4.46 a	27.90 b
Químico	2.33 a	11.67 a	5.15 b	32.18 a
Estiércol	2.00 a	9.33 a	4.21 a	26.27 b
Corte* 2 (90 días)				
Testigo	2.16 a	12.22 c	3.67 a	20.33 a
Micorrizas	2.43 a	9.67 a	3.33 a	21.33 a
Químico	2.27 a	11.00 b	3.33 a	20.33 a
Estiércol	2.23 a	9.85 a	2.67 a	15.67 a
Corte* 3 (135 días)				
Testigo	2.20 a	11.03 c	3.50 a	21.88 a
Micorrizas	2.51 a	8.47 a	3.40 a	21.25 a
Químico	2.08 a	9.97 b	3.45 a	21.56 a
Estiércol	2.25 a	9.90 b	2.80 a	17.50 a

Ca = calcio, P = fósforo, N = nitrógeno, PC = proteína cruda Medias con una letra común entre tratamientos/corte no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Prueba Duncan Alfa=0.05. El error estándar fue de 0.19, 0.15 y 0.20 para el corte 1, corte 2 y corte 3 para el Ca, respectivamente. El error estándar fue de 1.73, 0.94 y 1.08 para el corte 1, corte 2 y corte 3 para el P, respectivamente. El error estándar fue de 0.28, 0.54 y 0.41 para el corte 1, corte 2 y corte 3 para el N, respectivamente. El error estándar fue de 3.34, 2.39 y 2.87 para el corte 1, corte 2 y corte 3 para la PC, respectivamente. *La frecuencia de corte es de 45 días pos siembra (45, 90 y 135 días).

Los contenidos de P no mostraron diferencias estadísticas en el primer corte entre las especies. En la Tabla 8, se observa que *L. Leucocephala* Lam., fue superior en el segundo y tercer corte con 11.74 y 11.18 % de P, respectivamente ($p > 0.05$). Los contenidos promedios de P/tratamiento fueron superiores estadísticamente en el control ($p > 0.05$), para los cortes dos y tres, ya que en el corte uno fueron similares, Tabla 9.

En relación a los contenidos de N y PC en los tres pastos, se observa que solo existe diferencias estadísticas en el tercer corte, siendo idénticos en los cortes 1 y 2 ($p > 0.05$, Tabla 8). Caso contrario, ocurre con los contenidos promedios de N y PC/tratamiento, donde solo se producen diferencias en el corte uno ($p > 0.05$, Tabla 9).

CONCLUSIONES

La altura de las plantas fue influenciada por el efecto de la fertilización química en los tres cortes. Las alturas de las tres especies arbóreas variaron con el número de corte, sin embargo, sin presentar diferencias estadísticas para los cortes 1 y 3. La mayor altura se produjo en la especie *Tithonia diversifolia* Lam., siendo superior estadísticamente a las otras especies. Esto evidencia la capacidad de crecimiento de esta especie como respuesta al corte y la fertilización.

Las interacciones especie/tratamiento fue diferente en los tres cortes, siendo las combinaciones *Leucaena Leucocephala* Lam. - micorriza mayor en el corte 1, *T. Diversifolia* Lam. - micorriza en el corte 2 y *L. Leucocephala* - químico en el 3 corte, pero no diferentes estadísticamente a otras combinaciones en los diferentes cortes evaluados.

Se concluye que no existe un efecto de los tratamientos en la producción de biomasa fresca de las tres especies en los tres cortes, esto puede explicarse en función del tipo de especies, las cuales son arbóreas y se comportan muy similares. Sin embargo, la *T. Diversifolia* Lam. tuvo mayor producción de biomasa fresca en los tres cortes, aunque no superior estadísticamente. En ese sentido, las interacciones *T. Diversifolia* Lam. – testigo en el corte 1, *T. Diversifolia* Lam. – químico en el corte 2 y *T. Diversifolia* Lam. – químico en el corte 3 produjeron la mayor cantidad de biomasa fresca, pero no diferentes estadísticamente a otras combinaciones.

Los contenidos de Ca no variaron con el tipo de especie y cortes, siendo solo diferente en el corte 1. En relación al P, este fue similar entre especie y diferente sólo en el corte 1. Los contenidos de N fueron similares en los tres cortes para las tres especies y los contenidos de PC solo variaron al final del corte 3. Los contenidos de Ca, P, N y PC fueron muy variables entre los tratamientos, pero con gran similitud entre los cortes, esto podría ser importante al momento de manejar las especies para suplementación animal en términos de corte en diferentes etapas del año. Esto favorecería a los ganaderos con material de calidad y no depender de la suplementación comercial y a un alto costo.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), por facilitar las instalaciones y laboratorios para realizar la investigación. Agradecer al doctor Ramiro Eleazar Ruíz Najera de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas en México, por la revisión del manuscrito.

LITERATURA CITADA

Arauz-Calero, D.; Romero-Pérez, Z. 2009. Efecto de diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de *Moringa oleifera* Lam. Tesis. Ing. en Zootecnia, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal Managua, NI 41 p.

Benavides, J. 2000. Investigación de árboles forrajeros. Producción y Sanidad Animal. págs. 449-473. Guatemala.

Botero-Londoño, J.; Gómez-Carabali, A.; Botero-Londoño, M. 2019. Rendimiento, parámetros agronómicos y calidad nutricional de la *Tithonia diversifolia* con base en diferentes niveles de fertilización. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 10(3): 789-800.

Cordón, M. 2014. Plantas útiles para la implementación de sistemas ganaderos sostenibles. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogota, CO. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2734/1049372078.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De Souza, J.; Gualberto, R. 2007. Influência de espaçamentos e da época de corte na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray: Tesis de maestría, Universidade de Marília —UNIMAR—, Faculdade de Ciências Agrárias, São Paulo, BR.

Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2020. InfoStat versión 2020 [Computer software]. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>

Díaz-López, C. 2013. Efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de biomasa y composición química del Marango (*Moringa Oleifera*) en suelo arcilloso de Juigalpa, Chontales. (Tesis Doctoral disertación, Universidad Nacional Agraria, UNA). Doi: <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>

Fernández, L. 2003. Establecimiento de la autosuficiencia alimentaria en finas ganaderas de la provincia Ganma. Proyecto Territorial de Innovación Tecnológica. Informe técnico. Instituto de Investigación Agropecuarias < Jorge Dimitrov>. Ganma, Cuba.

Fernández, M. 2017. Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles: aprovechamiento de especies arbóreas, arbustivas y forrajeras (gramíneas y leguminosas perennes) de clima templado-frío, tropical y subtropical. Ediciones INTA. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/335290758.pdf>

Hernández, M.; Cuevas, F. 1999. Evaluación de diferentes cepas de micorrizas arbuscular en el cultivo de arroz en condiciones de inundación. Cultivos Tropicales 20(4): 19-22.

Hiriart, M. 1994. Manual de métodos analíticos em nutrición animal. INIA Carillanca. Temuco - Chile. 31 p. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/37606/NR14214.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ivana, A. 2006. Micorrización en gramíneas perennes expuestas a distintos regímenes hídricos del suelo. Tesis de magister en ciencia agrarias. Universidad Nacional del sur. Bahía Blanca, AR.

- Jiménez-Ortiz, M.; Gómez, R.; Oliva, J.; Granados, L.; Pat, J.; Aranda, E. 2019. Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova scientia* 11 (23). (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052019000200009
- Ledeá, J.; Rosell, G.; Benítez, D.; Arias, R.; Ray, J.; Nuviola, Y. 2017. Efecto del ecotipo y la frecuencia de corte en el rendimiento forrajero de *Moringa oleifera* Lam, en el Valle del Cauto. *Revista de Producción Animal*, 29(3): 12-17.
- Lok, S.; Suárez, Y. 2014. Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *Moringa oleifera* y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4): 399-403.
- Martínez, J. 1972. Contribución a los estudios de riego y drenaje en la Estación Engombe. Tesis densidades de población y dosis de gallinaza sobre la producción intensiva de forraje de *Moringa oleifera* Lam.) en la estación experimental de Engombe, Santo Domingo, DO.
- Mc-Caughey-Espinoza, D.; Reyes-Olivas, Á.; Ayala-Astorga, G.; Lugo-García, G.; Ochoa-Meza, A.; Pacheco-Olvera, A. 2019. Análisis químico proximal de *Krameria erecta* del Estado de Sonora. *Abanico veterinario*, 9: 1-12. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.21929/abavet2019.923>
- Mishra, U.; Katiyar, D.; Knmar, A. 1991. Character association and path analysis in buffel grass. *Annals of aridzone* 30(3): 241-245 p.
- Noda, Y.; Martín, G.; Matos, W.; Pentón, G. 2013. Efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento morfoagronómico de *Morus alba*. *Pastos y forrajes*, 36(2): 190-196.
- Pedroza-González, P. 2017. Efecto de la fertilización con lombricomposta en el desarrollo de *Leucaena leucocephala* var. cunningham en un sistema silvopastoril en el sur del estado de México. *Avances en investigación agropecuaria*. Universidad de Colima, MX. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/837/83757427008/83757427008.pdf>
- Quiroz-Martínez, C. 2017. Capacitación a pequeños y medianos productores ganaderos del municipio de Chiriguana Cesar, en alternativas de suplementación alimenticia para el ganado y apoyo al desarrollo de la campaña de vacunación contra la fiebre aftosa y brucelosis bovina (Doctoral dissertation). Universidad Francisco de Paula, Santander, CO. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/2652/1/30954.pdf>
- Reyes, C. P. 1990. El Maíz y su cultivo. AGT. Editorial México. Tercera Edición. México D F. pp 320-350.
- Ruiz, T. E.; Febles, G. J.; Galindo, J. L.; Savón, L. L.; Chongo, B. B.; Torres, V.; Zamora, A. (2014). *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1): 79-82.
- Ruiz, T. E.; Castillo, E.; Alonso, J.; Febles, G. 2006. Factores del manejo para estabilizar la producción de biomasa con leguminosas en el trópico. *Avances en investigaciones agropecuarias*. 10(1): 3-20. (En línea). Consultado en línea el 17 de agosto de 2021. Disponible en: <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2006/enero/1.pdf>.
- Sadzawka, A.; Grez, Z.; Mora, M.; Saavedra, R.; Carrasco, C. 2001. Métodos de análisis de tejidos vegetales. Comisión de normalización y acreditación (CNA), Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo: 35 p. (En línea). Revisado el 17 de agosto 2021. Disponible en: <http://www.schcs.cl/doc/libros/An%C3%A1lisis%20de%20tejidos%20vegetales.pdf>

Valerio, D.; Soto, Y.; Matos, F. 2013. Evaluación y selección de cinco gramíneas forrajeras en la localidad de las Caobas, Santiago Rodríguez.

Wagner J. 2005. Árboles forrajeros como alternativa alimenticia de ovinos y caprinos en República Dominicana. IV Congreso Iberoamericano. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO.

Wagner, J.; Colon, R. 2007. Alturas y frecuencias de corte en la relación hojas/tallos y rendimiento de *Guazuma ulmifolia*, guásuma; *Gliricidia sepium*, Piñón y *Albizia lebeck* Chacha. Caribbean Food Crops Society 2005.

Wilber, J.; Rodríguez, I. 2010. Evaluación de bloques multinutricionales con tres niveles de follaje de terebinto (*Moringa oleifera*) como fuente proteica, sobre el consumo y el rendimiento en canal de conejos en fase de engorde.

Índices de sitio (IS) para la selección y fomento de especies forestales en República Dominicana

José Mercedes^{1*}, Isidro Almonte² y Pedro Núñez³

¹Investigador Asociado, Centro Norte, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Calle Rafael Augusto Sánchez #89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana.

²Investigador Asociado, Centro Norte, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

³Investigador Titular, Centro Norte, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Docente Cátedra de Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).

*Autor de correspondencia: jmercedes@idiaf.gov.do, josmer_ur@yahoo.com

RESUMEN

El bosque dominicano ha sido degradado principalmente por actividades antrópicas. En su recuperación, se han plantado, con éxitos y fracasos, diferentes especies sin considerar factores determinantes claves como calidad de sitio que afectan la plasticidad y rango de distribución de las especies. El productor forestal dominicano tiene pocas herramientas técnicas para la selección de especies, por lo que el objetivo de la investigación fue la determinación de los índices de sitio (IS) como herramienta de selección para el uso y fomento de dos especies forestales en tres provincias de República Dominicana. En base a un listado de plantaciones establecidas en la República Dominicana, se escogieron 255 plantaciones de pino caribea (*Pinus caribaea* Morelet) y pino criollo (*Pinus occidentalis* Swartz), establecidas en las provincias La Vega, Santiago de los Caballeros y Santiago Rodríguez, con edades entre 5 a 40 años. Se descartaron las plantaciones con signos de deterioro y las que recibieron raleo superior. Con esas informaciones se desarrollaron curvas anamórficas de IS. Los IS determinados se relacionaron con variables físicas y químicas del suelo, condiciones topográficas y factores ambientales. La provincia La Vega mostró las mejores condiciones para el fomento de las especies. Los IS encontrados muestran una relación esperada entre crecimiento (IS) y edad, así como potenciales productivos comparables con los reportados por la literatura internacional. La información sobre IS de las plantaciones recolectada, evidencian que la República Dominicana requieren estudios más específicos para las especies forestales establecidas en diversas provincias del país.

Palabras claves: Reforestación, foresta, *Pinus*, especie, suelo.

ABSTRACT

The Dominican forest has been degraded mainly by anthropic activities. In their recovery, different species have been planted, with successes and failures, without considering key determining factors such as site quality affecting the plasticity and range of distribution of the species. The Dominican forest producer has few technical tools for species selection, so the objective of the research was to determine site indexes (SI) as a selection tool for the use and promotion of two forest species in three provinces of Dominican Republic. Based on a list of plantations established in the Dominican Republic, 255 plantations of Caribbean pine (*Pinus caribaea* Morelet) and native pine (*Pinus occidentalis* Swartz) were chosen, established in La Vega, Santiago de los Caballeros and Santiago Rodríguez provinces and with ages range between 5 to 40 years. Plantations with signs of deterioration and those that received superior thinning were discarded. With this information, SI anamorphic

curves were developed. The determined SI was related to soil's physical and chemical variables, topographic conditions and environmental factors. La Vega province showed the best conditions for the promotion of species. The SI found, show a expected relationship between growth (SI) and age, as well as productive potentials comparable to those reported by the international literature. The IS information for plantations collected shows that the Dominican Republic requires more specific studies for forest species established in the country.

Keywords: Reforestation, forest, Pinus, specie, soil.

INTRODUCCIÓN

La productividad de los bosques y plantaciones requiere ser incrementada mediante el uso de técnicas y herramientas que los mejoren, pues la condición natural de un suelo, no es garantía para las especies a considerar como potenciales para una alta productividad y calidad comercial. Por esto, determinar su índice de sitio (IS), permite conocer las potencialidades de los suelos y permitiría desarrollar un plan para el fomento y manejo forestal, asegurando la biodiversidad de los recursos naturales y sostenibilidad de la producción y productividad de los bosques y plantaciones, Martínez-Zurimendi *et al.* (2015).

El IS indica la altura media de árboles dominantes a una edad determinada y se utiliza a menudo para estimar la productividad potencial de los sitios boscosos, constituyendo una herramienta esencial de soporte para el manejo apropiado de los bosques, Bueno y Bevilacqua (2012b). Este se relaciona con la calidad de la estación, en un área determinada asociada al crecimiento de árboles o la respuesta de desarrollo de una determinada especie a la totalidad de las condiciones ambientales existentes en un determinado lugar, Prodan *et al.* (1997). De acuerdo con Martínez-Salvador *et al.* (2013) la calidad de estación o sitio se refiere a la capacidad inherente de un territorio para hacer crecer los árboles que sostiene. Para expresar y calificar esa capacidad usualmente se utilizan modelos que relacionan edad-altura de árboles dominantes.

El IS es una herramienta que permite evaluar la productividad del bosque; al conjugar los objetivos y potencialidades productivas de los terrenos boscosos mediante la interacción de múltiples variables, para favorecer las condiciones propias de un determinado lugar o zona en la que podría establecerse o se ha establecido una especie forestal. Este índice brinda información para orientar la toma de decisiones en la silvicultura, que sean aplicables al presente o al futuro. También, permite analizar opciones de uso de la tierra, simular prácticas silviculturales, analizar o sintetizar hipótesis, conocimientos y datos experimentales a una expresión entendible del compartimiento de la especie o rodal, entre otros, Dykstra (1984).

La herramienta de IS, utiliza variables como: el crecimiento del árbol o de una masa forestal, su rendimiento en volumen de madera (Klepac 1983) y variables edafológicas, como la topografía, propiedades físicas y propiedades químicas. Prodan *et al.* (1997), indican, que las curvas de IS presentan una mayor relación con la evolución real de la altura. Los datos de altura sobre edad, se derivan por el principio de proporcionalidad constante. Khouri *et al.* (2010), muestran que el suelo, con su pH y las relaciones que existen entre micro y macro nutrientes son de alta influencia en el desarrollo de las especies *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* y que definen el desarrollo de las plantaciones.

Los análisis de suelo, indican que su utilidad demuestra todo su potencial para el diseño de recomendaciones de fertilización y manejo de nutrientes que busquen alcanzar rendimientos y alta rentabilidad cuando se les usa conjuntamente con otra información disponible (Molina, 2002; Molina, 2007).

Dobler y Torres (1999), realizaron trabajos de interpretación y análisis de crecimiento en República Dominicana para *Pinus occidentalis* Swartz, obteniendo los IS para la especie bajo diversas condiciones y edades. Bueno-López *et al.* (2015), en un estudio relacionando los factores edáficos-fisiográficos y la calidad de sitio para el Pino criollo, *P. occidentalis* Swartz, obtuvieron una correlación significativa entre el índice de sitio, altura sobre el nivel del mar y exposición. También hallaron una correlación significativa entre el índice de sitio y el contenido de materia orgánica, sodio y potasio. Se indica en el estudio que las variables elevación sobre el nivel del mar y azimut resultaron estadísticamente significativas y que pueden utilizarse para predecir el potencial productivo de lugares donde no existen árboles. González *et al.* (2013) evaluaron la calidad de sitio en función de variables edáficas, reportando que el modelo explicaba el 30 % de su variación.

Es evidente una limitada disponibilidad de IS calculados en plantaciones de pino caribea *Pinus caribaea* Morelet, y pino criollo, *P. occidentalis* Swartz para las provincias La Vega, Santiago de los Caballeros y Santiago Rodríguez. Por lo tanto, existe la necesidad de generar IS para diversas especies forestales de la República Dominicana y por tales razones se realizó la investigación con el objetivo de determinar los IS de estas dos especies forestales en la República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN DEL ESTUDIO

En la investigación se realizó una medición de altura y diámetro de las plantas en los rodales con edades mayores de cinco años en las provincias La Vega, Santiago de los Caballeros y Santiago Rodríguez, Figura 1.

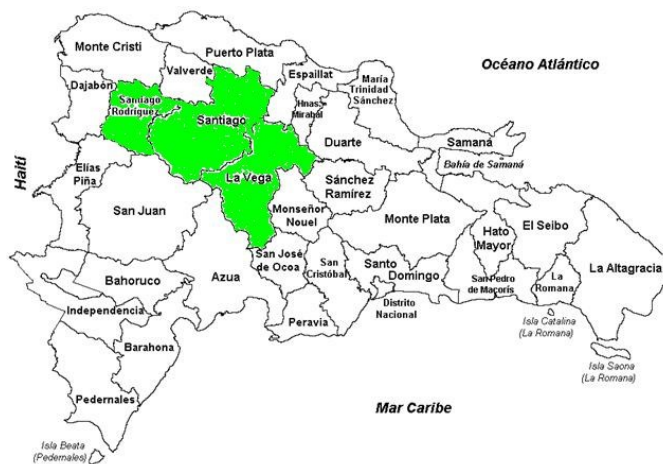


Figura 1. Mapa resaltando en verde la ubicación de la zona de estudio. Fuente: Elaborado a partir de: <https://jmarcano.com/mipais/geografia/province/>

Metodología de medición

Se escogieron los seis árboles de mayor diámetro para medir su altura. Si uno de éstos, tenía la parte superior dañada o su altura no superaba la media visual de altura de los demás árboles, se descartaba y era sustituido por otro que, aunque fuera de menor diámetro, tuviera mayor altura. Se registraban los datos en la hoja de campo. Se seleccionó al azar un grupo representativo de fincas para tomar muestras de suelo, de acuerdo a lo descrito por Núñez *et al.* (2011).

Selección de especies

En base a los registros de plantaciones se preseleccionaron seis especies, pero sólo se obtuvo data suficiente para las especies de pino caribea (*Pinus caribaea* Morelet) y pino criollo (*Pinus occidentalis* Swartz).

Selección de parcelas

Se emplearon 255 parcelas de 600 m² (13.82 m de radio). Las parcelas fueron seleccionadas a partir de un listado de plantaciones provisto por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana, que fue ampliado con los datos suministrados por organizaciones no lucrativas que operaban en las zonas de estudio.

Variables consideradas

Para las variables edáficas, se hizo una lectura del perfil del suelo, determinando el color húmedo empleando la tabla de colores Munsell, espesor, textura al tacto, estructura por observación de agregados, contenido de MO y observación de actividad biológica, presencia de raíces, pedregosidad, presencia de concreciones y cútanos, carbonatos e informaciones generales sobre cada sitio como: relieve, material geológico, erosión, pendiente, usos del suelo, vegetación natural, hidrología y resistencia a la penetración. Los análisis de laboratorio se realizaron con procedimientos estandarizados Bouyoucos (Page, *et al.* 1982).

Para las variables dasonómicas se escogió un árbol como centro numerado "1", a partir del cual se continuó enumerando y midiendo los demás árboles. Luego, se registraban los datos en la hoja de campo y posteriormente en el ordenador.

Análisis de datos

Para el análisis e interpretación de las interrelaciones entre las diferentes variables se hizo uso de las herramientas SAS y Excel.

- a. Se realizó un análisis de regresión, en base a los elementos: a) clasificación de zonas de vida (Holdridge 1978) y b) diferencia altitudinal en metros sobre nivel del mar (msnm), considerando en ambos casos, el efecto de estas sobre el crecimiento de las especies. Se consultó a Ibáñez

(2007), Pavón (2003) y Molina (2002) para conocer los rangos aceptables para los resultados de suelo y realizar los análisis.

- b. Se categorizaron los factores del suelo que resultaron significativos en un análisis de correspondencia múltiple o multifactorial con el programa estadístico SAS, para correlacionarlos con los IS obtenidos.
- c. Una vez determinados los IS, se los relacionó con las variables de campo y laboratorio, previamente sometidas a un análisis multifactorial para identificar las de mayor influencia sobre el crecimiento de cada especie.
- d. Por último, se relacionaron los IS regionales obtenidos para cada especie con las variables edafo-climáticas.

Descripción del modelo estadístico usado

Se utilizaron modelos matemáticos regresivos para estimar el índice de sitio en plantaciones con rango de edades comprendidos entre 5 y 45 años. La fórmula utilizada para ajustar el modelo de IS, conforme a los datos levantados y obtener así la estimación del coeficiente de la pendiente que acompaña a la variable independiente inverso de la edad fue:

$$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{A}\right) \quad (1)$$

Donde:

- β_0 = Coeficiente de pendiente a ser estimado.
- β_1 = Coeficiente de intercepto a ser estimado.
- A = Edad índice.
- H = Altura.
- ln = logaritmo natural.

El índice de sitio (IS) se obtuvo empleando el modelo de Schumacher (1939), tal como lo describe Clutter *et al.* (1983):

$$\ln(S) = \ln(H) - \beta_1(A_2^{-1} - A_0^{-1}) \quad (2)$$

Donde:

- S = índice de sitio a determinar.
- H = Altura (metros).
- A₂ = edad actual o asumida.
- A₀ = edad índice o base.
- ln = logaritmo natural.
- β_1 = coeficiente de pendiente a ser estimado.

Cuando la edad actual (A_2) coincide con la edad índice (A_0) la solución de la ecuación produce un valor para el índice de sitio de un rodal en particular, en que la edad índice ideal se aproxima a la edad de rotación (momento de corte) de la especie bajo estudio. De la curva guía, ajustada mediante la ecuación (1) se derivó un conjunto de cinco (5) curvas anamórficas, para edades base de 5, 10, 15, 20, 35 y 40 años.

Para cada índice de sitio (IS), el coeficiente β_0 se re-calculó mediante la ecuación:

$$b_0 = \ln(S) - b_1 * \frac{1}{A_2} \quad (3)$$

Una vez re-calculado β_0 se procedió a concebir la arquitectura de las curvas anamórficas de IS. Se asumieron edades entre 5 y 50 años para cada familia. La altura alcanzada en cada una de estas edades se calculó re-transformando desde la escala logarítmica mediante la ecuación:

$$H = e^{b_0} * e^{\left(b_1 * \frac{1}{A_2}\right)} \quad (4)$$

Donde:

H = Altura (metros).

e = Edad índice o base.

b_0 = Intercepto o estimador del parámetro B_0 .

b_1 = Pendiente o estimador del parámetro B_1 .

A_2 = edad actual o asumida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índices de sitio por especie

Pinus caribaea Morelet. Los índices de sitio obtenidos, no presentan variaciones significativas al analizarlos localmente a escala de provincias ni a la escala del conjunto de las tres provincias, a diferentes edades. Esto probablemente se deba a la cantidad apropiada de muestras y la buena distribución de las edades en las áreas de estudio como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados Índice de Sitio (IS) de *Pinus caribaea* para La Vega, Santiago y Santiago Rodríguez. República Dominicana.

Edad	IS=10	IS=15	IS=20	IS=25	IS=30
10	7.95	11.92	15.90	19.87	23.84
20	11.22	16.83	22.43	28.04	33.65
30	12.58	18.87	25.16	31.45	37.75
40	13.33	19.99	26.65	33.31	39.98
50	13.79	20.69	27.59	34.48	41.38
60	14.11	21.17	28.23	35.28	42.34
70	14.35	21.52	28.69	35.87	43.04
80	14.52	21.79	29.05	36.31	43.57
90	14.66	22.00	29.33	36.66	43.99

La Figura 2 muestra el comportamiento gráfico de las curvas obtenidas para las plantaciones medidas. Las curvas IS = 15 e IS = 25 representan los límites para una tasa de crecimiento baja y alta respectivamente. Si una plantación de *P. caribaea* Morelet se ubica en esta región, y se le registra un incremento entre los 11.0 y 20.0 m de altura, a la edad de 10 años altura (IS = 15), ese sitio se encuentra en el rango de IS Medio para esta especie. Los registros superiores o inferiores a los límites (IS10 e IS25), representan los otros dos extremos de los IS para la especie en la zona.

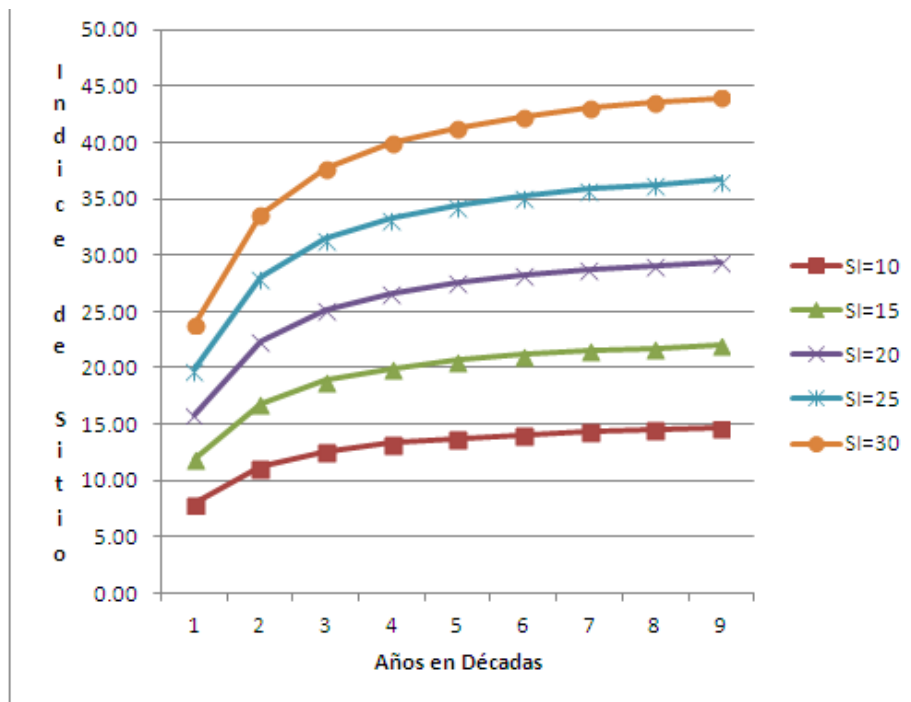


Figura 2. Curvas de Índice de Sitio para *Pinus caribaea* para Santiago, La Vega y Santiago Rodríguez, República Dominicana.

En Guatemala, Groothusen y Álvaro (2000) realizaron estudios de calidad de sitio en plantaciones sometidas a raleos, para *P. caribaea*, var. *hondurensis*. Ellos refieren haber encontrado un grado de correlación aceptable entre el modelo y las variables independientes subtipo de suelo y erosión. Posteriormente, Barrero-Mendel *et al.* (2011), realizaron diferentes estudios para *P. caribaea* Morelet, en Cuba, reportando resultados similares a Groothusen y Álvaro (2000). Hernández-Ramos *et al.* (2014), reportan datos sobre el comportamiento de la especie *Pinus greggii* Engelm en Metztlán, Hidalgo, México que muestran similitud con lo reportado por los autores antes mencionados. Los resultados de este estudio son similares a los antes citados para *P. caribaea* Morelet, en especial para los IS inferiores a la curva IS25. Un estudio más reciente realizado en plantaciones de hasta 25 años, publicado por el Instituto Nacional de Bosques en Guatemala (INAB, 2017), muestra un comportamiento similar hasta la edad considerada (Figura 3). Barrero-Medel *et al.* (2011), desarrolló curvas anamórficas de índice de sitio para plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari de la empresa Forestal Integral Macurije (EFI) en la provincia de Pinar del Río, Cuba, obteniendo resultados similares a los reportados en este estudio.

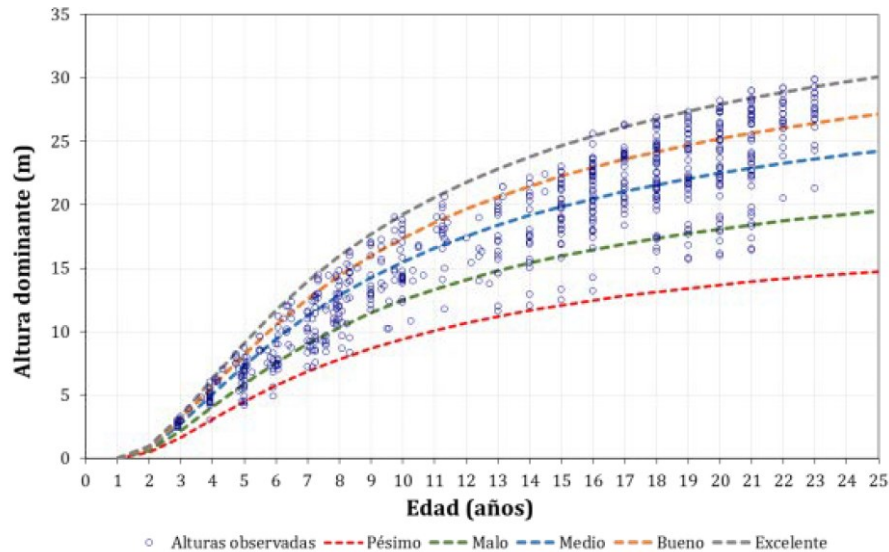


Figura 3. Familia de curvas de crecimiento en altura dominante [m] para plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.), según INAB (2017).

Estudios realizados por Castillo y Aguirre (2018) en Cuba, con el propósito de modelar el raleo en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, utilizando la programación lineal como herramienta matemática, demostraron que el modelo ordena los rodales que deben recibir el tratamiento silvícola, mostrando el tipo de raleo y el tiempo de aplicación de los mismos. Es decir, que combinado herramientas como IS para modelación de la especie, se dispone de información para predecir el momento de corte y ordenamiento de los rodales.

Hernández-Cuevas *et al.* (2018), trabajando con *Pinus ayacahuite* Ehren en México, encontraron que en los modelos no lineales se realizaron los ajustes adecuados para determinar los IS, generando curvas construidas a partir de modelos con ajustes similares, que sugieren patrones de crecimiento diferentes. En su análisis, indican que los mejores ajustes se consiguieron en la edad de 40 años. Esto es explicado en función de que algunos modelos subestiman en las primeras edades y otros sobreestiman con edades avanzadas y viceversa.

***Pinus occidentalis* Swartz.** En la Tabla 2 y la Figura 4, muestran los resultados obtenidos para la especie *Pinus occidentalis* Swartz, estos IS son los de la región de estudio que, en comparación con los de cada provincia, muestran un comportamiento muy homogéneo. Se entiende que este comportamiento se explique en base a dos factores: a) la buena distribución en edad de las muestras y b) un número suficiente de muestras para cada rango de edad. Sin embargo, aunque no se presentan los detalles, los índices por provincia muestran tasas de crecimiento diferentes en el tiempo. Esto podría ser atribuible a la dispersión en los rangos de edad en las plantaciones evaluadas por localidad.

La Figura 4, muestra los resultados obtenidos en el estudio. El *P. occidentalis* Swartz es una especie endémica de República Dominicana y tal vez por esa razón existen pocos estudios recientes. Bueno *et al.* (2012a), publicaron un estudio relativo a la predicción de distribución diamétrica para la especie. Al comparar ambos resultados, se observa que muestran una alta consistencia. Se observa también que la edad de los rodales guarda una estrecha relación con los IS calculados, coincidiendo con lo reportado por Hernández-Cuevas *et al.* (2018).

Tabla 2. Índice de sitio para *Pinus occidentalis* en las provincias La Vega, Santiago y Santiago Rodríguez, República Dominicana.

Edad	IS=10	IS=15	IS=20	IS=25	IS=30
10	6.03	12.07	18.10	24.13	30.17
20	8.45	16.90	25.35	33.80	42.25
30	9.45	18.91	28.36	37.82	47.27
40	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
50	10.34	20.69	31.03	41.37	51.71
60	10.58	21.15	31.73	42.31	52.89
70	10.75	21.50	32.25	42.99	53.74
80	10.88	21.76	32.64	43.51	54.39
90	10.98	21.96	32.94	43.92	54.90

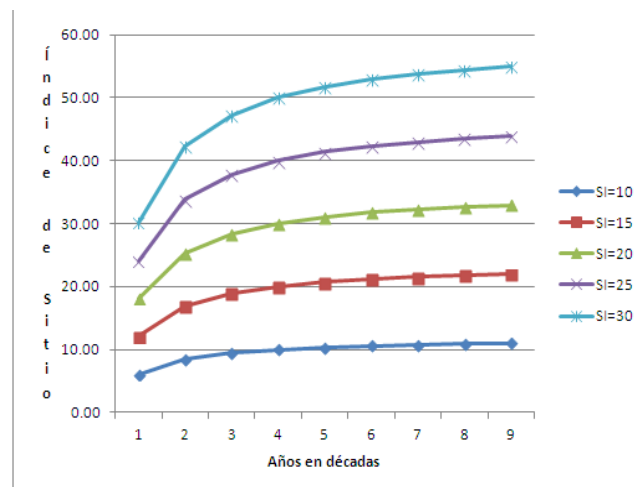


Figura 4. Curvas de Índice de sitio para *P. occidentalis* en las provincias La Vega, Santiago y Santiago Rodríguez, República Dominicana.

El estudio realizado por Bueno y Bevilacqua (2011) en distribuciones diamétricas de varias masas coetáneas de *Pinus occidentalis*, en tres diferentes zonas ecológicas dentro de la región de La Sierra en República Dominicana, no presentan los IS de los rodales, impidiendo la comparación entre las plantaciones.

Bueno y Bevilacqua (2012b), correlacionaron el volumen de madera de *Pinus occidentalis* producido en la Cordillera Central (tres zonas ecológicas diferentes), usando dos modelos no lineales de predicción, en dicho estudio tampoco se calculan los IS para la especie, pero sí concluyen que la especie crece en sitios con suelos pocos profundos e infértiles.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la tendencia del crecimiento representada en las curvas desarrolladas, es similar o consistente con los encontrados para ambas especies, en otras investigaciones, lo cual también justifica el modelo escogido y avala el resultado obtenido. Igual y propiamente, los IS para las especies evaluadas muestran un comportamiento similar al reportado por la literatura nacional e internacional.

En función de los IS, se concluye que los turnos de aprovechamiento para *P. caribaea* sean de 20 a 30 y para *P. occidentalis* entre 40 a 50 años. De igual forma, se aconseja fomentar la plantación para los lugares o estaciones con IS20 o superiores.

Dado que los primeros años de crecimiento de las plantas son determinantes como indicadores del futuro comportamiento de las plantaciones, se recomienda realizar estudios focalizados en los primeros 5 años de establecimiento para las especies evaluadas y fortalecer los estudios relativos a IS en República Dominicana. Igualmente se recomienda utilizar este sistema de ecuaciones expresando la calidad de sitio en valores absolutos de altura dominante, lo que permite realizar la comparación con otras especies y la misma especie en otras regiones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente al doctor Santiago Bueno López, de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM), por haber participado en la selección del modelo estadístico del estudio. Al Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Coniaf), por el Financiamiento del proyecto “Determinación de los índices de sitio como herramienta de selección para el uso y fomento de seis especies forestales en tres provincias de República Dominicana,” en especial al ingeniero José Antonio Nova por el seguimiento a los trabajos de campo. Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por las facilidades otorgadas en especial los listados de las plantaciones establecidas. Al ingeniero Ángel Pimentel, del Idiaf, por el apoyo en los análisis estadísticos. A los 255 productores forestales de las tres provincias muestreadas, por facilitar el acceso a sus plantaciones. Así como al Comité Técnico del Centro Norte del Idiaf por sus aportes y revisión de la publicación.

LITERATURA CITADA

- Barrero-Medel, H.; Mothe, F.; Nepveu, G.; Álvarez-Lazo, D.; García-Corona, I.; Guera, M. 2011. Curvas anamórficas de índice de sitio para plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari de la Empresa Dorestal Integral Macurije (EFI) en la provincia de Pinar del Río, Cuba. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(2): 245-252. doi: <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.035>.
- Bueno, L.; Bevilacqua, E. 2011. Desarrollando un sistema de predicción de distribuciones diamétricas para *Pinus occidentalis*, Sw. en la sierra, República Dominicana. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1): 115-132. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.05.029. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/revistas>.
- Bueno, L.; Bevilacqua, E. 2012a. Predicción de distribuciones diamétricas para *Pinus occidentalis*. Editorial Académica Española – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH and Co. Alemania. Consultado en enero de 2021. Disponible en: <https://www.amazon.com/Predicci%C3%B3n-Distribuciones-Diam%C3%A9tricas-Pinus-occidentalis/dp/3848475073>.
- Bueno, L.; Bevilacqua, E. 2012b. Nonlinear mixed model approaches to estimating merchantable bole volume for *Pinus occidentalis*. *Forest Biogeosciences and Forestry*, 5(5): 247-254. Available electronically from: <https://doi.org/10.3832/for0630-005>.
- Bueno, S.; Torres Herrera, J.; García, M. 2015. Factores edáficos-fisiográficos y calidad de sitio del *Pinus occidentalis* Sw. *Madera y Bosques*, 21(3): 83-93. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n3/v21n3a6.pdf>.
- Castillo, E.; Aguirre, M. 2018. Modelación del raleo mediante el uso de la Programación Lineal en plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet de la Empresa Agroforestal Pinar del Río, Cuba. *Arnaldoa*, 25(2): 597-614. Consultado en febrero 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n2/a15v25n2.pdf>.
- Clutter, J.; Fortson, J.; Pienaar, L.; Brister, G.; Bailey, R. 1983. *Timber management: A quantitative approach*. John Wiley and Sons, Inc. US. 333 p.
- Dobler, G.; Torres, J. 1999. *Manejo y Tablas de Rendimiento de Pinus occidentalis*. Sw, Plan Sierra. San José de Las Matas, Santiago, República Dominicana. 120 p.
- Dykstra, D. 1984. *Mathematical programming for natural resource management*. McGraw Hill Book Co. New York. 318 p.
- González, I.; Medel, H.; Rodríguez, Y. 2013. Evaluación de las clases de calidad de sitio de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la Empresa Forestal Integral Macurije (Pinar del Río, Cuba). *Revista Ecosistemas*, 22(3): 46-51. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/874>.
- Groothousen, C.; Alvarado, C. 2000. Las parcelas de muestreo permanente: bases para estudios de crecimiento y rendimiento en bosques de pino en Honduras. Administración Forestal del Estado, AFE – COHDEFOR y Escuela Nacional de Ciencias Forestales, ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. Consultado en marzo de 2021. Disponible en: http://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Las%20Parcelas%20Permanentes%20de%20Muestreo.pdf.
- Hernández-Cuevas, M.; Santiago-García, W.; Santos-Posadas, H.; Martínez-Antúnez, P.; Ruiz-Aquino, F. 2018. Modelos de crecimiento en altura dominante e índices de sitio para *Pinus ayacahuite* Ehren. *Agrociencia*, 52(3): 437-453. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000300437.
- Hernández-Ramos, J.; García-Magaña, J.; Olvera-Delgadillo, E.; Velarde-Ramírez, J.; García-Cuevas, X.; Muñoz-Flores, H. 2014. Índice de sitio para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm en Metztlán, Hidalgo, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. México. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182014000200003.
- Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Centro Científico Tropical, Ed. IICA, San José, Costa Rica.

- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2017. Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari). Paquete Tecnológico Forestal. Guatemala, INAB. 37 p. Disponible en: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2802/Technical/PINO%20CARIBE.pdf
- Khouri, E.; Canga Líbano, E.; Oliveira Prendes, J.; Gorgoso, J.; Cámara, M. 2010. Crecimiento en volumen y estado nutricional de *Eucalyptus globulus* Labill y *Pinus radiata* D. Don en Asturias, España. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(1): 47-54. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322010000100006.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 365 p.
- Martínez-Salvador, M.; Valdez-Cepeda, R.; Pompa García, M. 2013. Influencia de variables físicas en la productividad de *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii* en el sur de Chihuahua, México. *Madera y Bosques*, 19(3): 35-49. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712013000300004.
- Martínez-Zurimendi, P.; Domínguez-Domínguez, M.; Juárez-García, A.; López-López, L.; de-la-Cruz-Arias, V.; Álvarez-Martínez, J. 2015. Índice de sitio y producción maderable en plantaciones forestales de *Gmelina arborea* en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4): 415-425. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000400010.
- Molina, E. 2002. Análisis de suelos y su interpretación. Amino grow internacional Centro de Investigaciones Agronómicas Universidad de Costa Rica. Disponible en: <http://www.aminogrowinternacional.com>.
- Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. San José, CR, CIA-UCR-Amino Grow International.
- Núñez, P.; Pimentel, A.; Almonte, I.; Sotomayor-Ramírez, D.; Martínez, N.; Pérez, A.; Céspedes, C. M. 2011. Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea* spp.) production systems and management recommendations for the Barahona Province, Dominican Republic. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11(1): 127-140. Available electronically from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162011000100010
- Page, A.; Miller, R.; Keeny, D. (Eds). 1982. Method of soil analysis, part 2, Chemical and microbiological properties. Second edition. American Society of Agronomy Soil Science. Society of American Madison.
- Pavón, C. 2003. Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz. Anejo III: Análisis de suelo. Universidad Ciudad Real. Ciudad Real, España.
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. Mensura forestal. 586 p. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.

Evaluación de aislados de *Verticillium lecanii* y *Trichoderma* sp y dos formulaciones comerciales para control de la Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) bajo condiciones de campo

Máximo Halpay ¹Lucia Silverio, ¹Ana Mateo ¹Ángel Pimentel y ¹Juan Cueto

¹Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Correo electrónico: mhalpay@idiaf.gov.do

RESUMEN

El café es un cultivo de importancia económica en la República Dominicana, la principal limitante de su producción es la enfermedad Roya del cafeto, la cual se maneja y controla con productos sintéticos. El hongo es un patógeno de mucha variabilidad por lo que muchas veces genera resistencia a los productos, además de contaminación. Una alternativa de control es el uso de mico parásitos obtenidos en las mismas plantaciones los cuales pueden ser una alternativa para la realización de control biológico. En esta investigación se evaluaron dos aislados obtenidos en la zona de Arroyo Cano provincia San Juan, Republica Dominicana y dos productos comerciales a base de *Pseudomonas fluorescen* y *Bacillus subtilis* Los tratamientos se evaluaron bajo un diseño de clasificación simple teniendo en cuenta las siguientes variables: grado de infección por Roya medida mediante la escala de Eskes que correlaciona el número de lesiones con el porcentaje de área enferma en hojas individuales e incluye grados de 0 a 9. En cada periodo de lectura se aplicó la estadística descriptiva (media, desviación estándar y coeficiente de variación). Así mismo, se realizó un análisis de varianza y se comparó la diferencia entre tratamientos mediante prueba de rangos múltiples de Duncan con un alfa =0,05. Los productos evaluados y los dos aislados mostraron control sobre la enfermedad.

Palabras clave: biocontroladores, control biológico, aislados

ABSTRACT

Coffee is a crop of economic importance in the Dominican Republic, the main limitation of its production is the coffee rust disease, which is managed and controlled with synthetic products. The fungus is a pathogen of great quantity, which is why it often generates resistance to products, in addition to contamination. A control alternative is the use of mycoparasites obtained in the same plantations, which can be an alternative for carrying out biological control. In this investigation, two isolates obtained in the area of Arroyo Cano, San Juan province, Dominican Republic, and two commercial products based on *Pseudomonas fluorescen* and *Bacillus subtilis* were evaluated. The treatments were evaluated under a simple classification design, taking into account the following variables: degree of rust infection measured by the Eskes scale that correlates the number of lesions with the percentage of diseased area in individual leaves and includes grades from 0 to 9. Descriptive statistics (mean, standard deviation and coefficient 2) were applied in each reading period. of variation). Likewise, an analysis of variance was performed and the difference between treatments was compared using Duncan's multiple range test with an alpha = 0.05. The evaluated products and the two isolates showed control over the disease.

Keywords: biocontrollers, biological control, isolated

INTRODUCCIÓN

En la República Dominicana, la enfermedad Roya del cafeto causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome es la de mayor importancia, con más de un 90 % de afectaciones a nivel nacional, Codocafe 2013, afectando los índices productivos y ocasionando pérdidas económicas que han afectado directamente a la economía dominicana.

Debido a los problemas que causa la Roya, tanto en la fitosanidad del café en su producción y en la economía del productor, es necesario encontrar una solución sostenible que no afecte el medio ambiente y que controle la incidencia de esta enfermedad, para elevar los índices productivos del cultivo en el país.

Los niveles de Roya del cafeto se deben a múltiples factores y están asociados a prácticas agrícolas inadecuadas, sumadas a eventos climáticos y a los bajos precios del café. Muchos agricultores no han invertido en el manejo de sombra, fertilización, monitoreo o fumigación, además de que no se han renovado antiguas plantaciones y algunas con variedades altamente susceptibles a la Roya. A lo anterior se suma la variabilidad climática y el aumento de la temperatura media durante los últimos años, factores que han generado condiciones favorables para el brote del patógeno, García (2013).

La provincia de San Juan representa un porcentaje importante del área cafetalera del país, y es de las zonas más afectadas económicamente, debido a que el rubro del café es una de las bases económicas de esta provincia por tanto el daño causado por la afectación de Roya en las plantaciones de café en esta zona ha traído reducción en la producción de café.

Es importante que las fincas cafetaleras del sur del país tengan un buen plan de manejo contra esta enfermedad, para asegurar los bajos índices de incidencia y evitar problemas que puedan afectar financieramente a los productores. Un buen manejo en las plantaciones tendrá plantas sanas o de baja afectación de enfermedades, por tanto, mayor fecundación de frutos y mayor índice productivo al final de la cosecha.

La agricultura orgánica constituye una parte cada vez más importante del sector agrícola por sus ventajas ambientales y económicas, lo cual nos lleva a pensar que día a día más personas se dan cuenta de lo importante que es consumir alimentos sanos, libres de residuos que la agricultura convencional no les proporciona.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un aislado de *Trichoderma* sp, uno de *Lecanicillium lecanii* y los aislados y dos bioproductos sobre hojas de café afectadas por Roya mediante observaciones de la incidencia y severidad de la enfermedad a nivel de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de material vegetativo

Doce localidades con altitud superior a los 1265 msnm, temperatura media anual de 22 °C y 1200 mm de lluvia fueron muestreadas plantas con síntomas de Roya y con signos de posibles micoparásitos en las pústulas. Se realizaron pruebas in vitro en medio Agar-Agar para evaluar el micoparasitismo en hojas de café de la variedad típica con síntomas y signos de Roya, se colectaron en campo y se conservaron en bolsas de plásticos para su análisis en laboratorio. Bajo microscopio estereoscópico se analizaron las pústulas para seleccionar sólo aquellas que no presentaron microorganismos micoparásitos. Cinco discos foliares de 2 cm de diámetro, con la presencia de pústula de Roya, se colocaron en una incubadora.

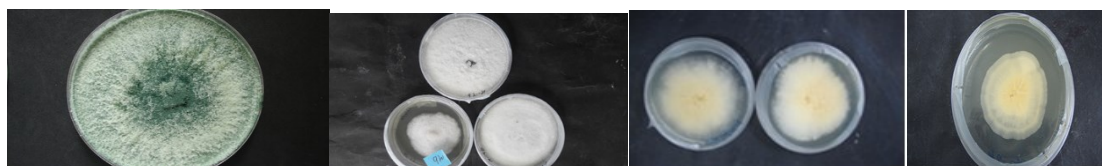
Sitios de colecta.

En localidades de la Zona de Arroyo Cano en la provincia de San Juan, se realizaron muestreos en plantaciones de café para obtener distintos hongos y determinar su posible acción antagónica contra el agente causal. Se seleccionaron e14 localidades productoras de café.

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

El procedimiento consistió en colocar sobre platos Petri cortes de hojas infectadas. Las secciones obtenidas, se colocaron sobre los platos. En la cámara se utilizaron platos Petri con el medio agar-agar y sobre él se colocaron dos porciones d las hojas y dos discos de los patógenos aislados.

Aislado de Trichoderma



Aislados de *Lecanicillium lecanii*



Trichoderma



Lecanicillium

Confrontación en Agar-Agar a los 10 días

Preparación de la solución para aplicación en campo

La preparación de la suspensión se realizó tomando un cultivo puro previamente aislado de las hojas parasitadas en el campo en medio Agar Sabouraud a una concentración de 1×10^6 con agua destilada. Se determinó la concentración UFC por ml mediante diluciones sucesivas de la toma de partes del cultivo en el medio agar sabouraud. 36 árboles se seleccionaron de un cafetal de la variedad *typica* localizado en Arroyo Cano, San Juan, la evaluación se hizo cada 10 días durante dos meses y medio.

Se determinó la infección inicial en el área de ensayo mediante la escala de Eskes que correlaciona el número de lesiones con el porcentaje de área enferma. para cada árbol se asperjó una solución licuada de *Lecanicillium* y *Trichoderma*

Para evaluar la severidad de la Roya en las hojas de café, se utilizó el procedimiento recomendado por Eskes (2013) (cuadro 1) el cual consiste en emplear una escala donde se presenta un porcentaje de daño desde el grado cero, que representa la hoja completamente sana, hasta grado 9, que es una hoja con más del 50% de su área afectada.

Los tratamientos fueron:

1. Seis plantas inoculadas con cultivo licuado de *Trichoderma*
2. Seis plantas inoculadas con cultivo licuado de *Verticillium*
3. Seis plantas inoculadas con Biosubtilin
4. Seis plantas inoculadas con Biomonas
5. Seis plantas sin aplicación

Descripción de la escala de Eskes para el desarrollo de la Roya del cafeto

- 0 Ausencia de lesión
- 1 Aparición de clorosis
- 2 Aumento en superficie de la clorosis
- 3 Tendencia de las lesiones a coalescer e intensificación de la decoloración
- 4 Aparición de las primeras esporas
- 5 Esporulación inferior al 25% de la lesión
- 6 Esporulación entre el 25%-50% de la lesión
- 7 Esporulación mayor al 50% de la lesión

Los tratamientos se evaluaron bajo un diseño de clasificación simple teniendo en cuenta las siguientes variables:

Grado de infección por Roya mediante la escala de Eskes que correlaciona el número de lesiones con el porcentaje de área enferma en hojas individuales e incluye grados de 0 a 9. En cada período de lectura se aplicó la estadística descriptiva (media, desviación estándar y coeficiente de variación).

Información de Biomonas

Biomonas actúa sobre los patógenos de las plantas a través de la competencia por el espacio y los nutrientes, la parasitación, la desintegración de las hifas de los patógenos por las enzimas y el antagonismo por *Pseudomonas fluorescens*. También actúa como un promotor del crecimiento de las plantas para estimular la germinación de semillas y la floración y fructificación temprana.

Información de Biosubtilin

Biosubtilin producen una clase de antibióticos lipopéptidos que incluyen iturinas. Las iturinas ayudan a la bacteria *Bacillus subtilis* a competir con otros microorganismos matándolos o reduciendo su tasa de crecimiento. Las iturinas también tienen actividad fungicida directa en patógenos. Los productos de *Bacillus subtilis* están hechos para muchos usos. Para el control de enfermedades de las plantas, estos incluyen la aplicación foliar y los productos aplicados en la zona de la raíz, el compost o la semilla. Cuando se aplica directamente a las semillas, las bacterias colonizan el sistema de raíces en desarrollo, compitiendo con los organismos patógenos que atacan los sistemas de raíces. Biosubtilin inhibe la germinación de esporas de patógenos de plantas, interrumpe el crecimiento del tubo germinativo e interfiere con la unión del patógeno a la planta.

Mecanismos de evaluación

La primera aplicación se realizó el 26 de junio de 2018, y la última aplicación fue el 4 de mayo de 2018. Se realizó la primera evaluación doce días luego de la aplicación inicial; luego de esto se realizaron seis evaluaciones desde la primera aplicación. Se realizó análisis de varianza y se comparó la diferencia entre tratamientos mediante prueba de Duncan con un alfa =0,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,61	4	1,40	4,90	0,0100
TRAT	5,61	4	1,40	4,90	0,0100
Error	4,29	15	0,29		
Total	9,90	19			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2862 gl: 15

TRAT	Medias	n	E.E.	
1	0,98	4	0,27	A
2	1,20	4	0,27	A
3	1,22	4	0,27	A
4	1,67	4	0,27	A B
T	2,46	4	0,27	B

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

RESULTADOS

El análisis de varianza de acuerdo a los resultados nos permite decir que la aplicación de los hongos *Verticillium* y *Trichoderma* fueron más efectivos que los productos redujeron la infección más que la aplicación de los productos comerciales por lo que se recomienda la utilización de estos agentes en el control de la Roya del cafeto

Al observar el índice de severidad de Roya de acuerdo a la escala de Eskes, y de acuerdo al análisis estadístico, se encontró que los tratamientos disminuyeron la severidad de la Roya.

La disminución de la severidad en el caso de *Lecanicillium lecanii* se puede deber, como menciona Saksirirat y Hope (1991) a que este hongo tiene la capacidad de producir enzimas líticas, como la β -1,3- glucanasa, quitinasas, amilasas y proteasas. Estas enzimas facilitan la degradación de la pared celular de las uredósporas, la cual está compuesta principalmente de β -glucanos y quitina, y permiten la penetración de los apresorios en el interior del hospedero, luego se da el ingreso de las hifas de penetración, para continuar su desarrollo sobre el patógeno (Velez & Rosillo 1995).

CONCLUSIONES

De los resultados arrojados por el estudio podemos concluir que los micoparásitos estudiados *Lecanicillium* y *Verticillium* disminuyeron significativamente la severidad de la Roya fueron antagonistas de la roya del café al igual que los productos a base de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* al estos inhibir la reproducción de la Roya. Por lo que podemos recomendar a estos hongos para el desarrollo de programas de producción masiva artesanal en fincas de productores y productos. Los aislamientos de *Trichoderma* y *Lecanicillium* mostraron buena capacidad de biocontrol, presentaron los mejores porcentajes de control comparada con el testigo.

LITERATURA CITADA

- Vandermeer, J.; Perfecto, I.; Liere, H. 2009. Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. *Plant Pathology* (58): 636-641.
- Zambolim, L.; Vale, F.; Pereira, A.; Chaves, G. 1997. Café (*Coffea arabica* L.), Controle de Doenças. In: Vale FXR, Zambolim L. (eds.). Controle de Doenças de Plantas: Grandes Culturas, vol. 1. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco, BR.
- Zare, R.; Gams, W. 2001. A revision of *Verticillium* section Prostrata. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. *Nova Hedwigia* 73: 1-50.
- Abello, J.; Kelemu, S. 2006. Hongos endófitos: ventajas adaptativas que habitan en el interior de las plantas. *Rev. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 7(2): 55-57.
- Mahfund, M.; Mior, A.; Meon, S.; Kadir, J. 2006. In vitro and in vivo Tests for Parasitism of *Verticillium psalliotae* Treschow on *Hemileia vastatrix* Berk and Br. *Malaysian Journal of Microbiology* 2:46-50.
- Eskes, A.; Toma-Braghini, M. 1981. Assessment methods for resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk. and Br.). *Plant Protec. Bull.*29: 56-66.
- Eskes, A. 1989. Natural enemies and biological control. In *Coffee Rust: Epidemiology, Resistance and Management*. A.C. Kushalappa, and A. B. Eskes (eds), CRC Press, Florida US. Pp 161-168.
- Eskes, A.; Mendes, M.; Robbs, C. 1991. Laboratory and field studies on parasitism of *Hemileia vastatrix* with *Verticillium lecanii* and *V. leptobactrum*. *Café Cacao Tea XXXV* (4): 275-282.
- García-Acha, O.; Leal, J.; Villanueva, J. 1965. Lysis of uredospores germ tubes of rust by species of *Verticillium*. *Phytopathology* 55: 40-42.
- Vélez, A.; Rosillo, G. 1995. Evaluación del antagonismo del hongo *Verticillium lecanii*, sobre *Hemileia vastatrix*, en condiciones de invernadero y de campo. *Cenicafé* 46 (1): 45-55.
- Jeger, M.; Jeffries, P.; Elad, Y.; Xu, X. 2009. A generic theoretical model for biological control of foliar Plant Diseases. *J Theor Biol.* 256:201-214.
- Martínez, B.; Reyes, Y.; Infante, D.; González, E.; Baños, H.; Cruz, A. 2008. Selección de aislamientos de *Trichoderma* spp. Candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia* sp. en arroz. *Rev Protección Veg.* 23(2):118-25.
- Harman, G. 2006. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96(2):190-194.
- Infante, D.; Martínez, B.; González, N.; Reyes, Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Rev Protección Veg.* 24(1):14-21.

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 10 (2) 2021
Revista Científica Agropecuaria y Forestal