

ISSN 2307-1990

APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Volumen 11 (2) 2022



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. 2022. Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (Sodiaf). Santo Domingo, DO. Volumen 11(02).

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:

*Evaluación de líneas avanzadas de arroz
en La Vega, República Dominicana.
Foto: José Richard Ortiz.*

Revista APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, Sodiaf



Revista APF - Vol 11 No 2, 2022

Contenido y Autores

Pág.

iii Editorial

Ing. Víctor José Asencio Cuello, M.Sc.

Presidente de la Junta Directiva Sodiaf 2021-2023

Artículos Científicos

- 1-8 Comportamiento de cinco líneas introducidas y dos variedades comerciales de arroz (*Oriza sativa*), Juma Bonao.**
Dámaso Flores, Juliana Nova, Quirino Abreu y Ramón López
- 9-18 Comportamiento de genotipos de arroz en prueba preliminar con potencial de rendimiento en Juma, Bonao**
Juliana Nova, Dámaso Flores y Ramón López
- 19-26 Crecimiento inicial de dos especies de bambúes en barreras vivas en Jarabacoa, República Dominicana**
Pedro Núñez y José Mercedes
- 27-40 Correlación de los índices de sitio (IS) con factores edafoclimáticos influyentes en el desarrollo de dos especies de pino en la República Dominicana**
Pedro Núñez, José Mercedes e Isidro Almonte
- 41-50 Determinación molecular de bacterias en procesos desnitrificantes en la región arrocera norte de la República Dominicana**
Juan Camejo, Máximo Halpay, Rodys Colón, Melvin Mejía y Laura Polanco

Revisión Bibliográfica

- 51-63 Evaluación agentes biocontroladores combinados con cultivos de cobertura para una agricultura sostenible en República Dominicana**
Confesora Pinales, Jorge Mancebo, Willy Maurer y Omar Paíno

Editorial

República Dominicana posee el mayor porcentaje de tierras agrícolas dedicadas la agricultura orgánica en la América Latina (7.6 %). Considerado fuera de Europa el porcentaje más alto para la agricultura orgánica, siendo el sector agropecuario una fuente importante de ingresos. La investigación en nuestro país necesita de la implementación de políticas para desarrollar sus capacidades tecnológicas, lo que significa que para la mayoría de la población no está instruida y por consiguiente no hay conciencia formada sobre los beneficios que aporta. Aunque se han realizado esfuerzos con objetivos de alta prioridad en dar a conocer el avance y la inversión en materia de investigación, el aporte ha sido muy poco, así lo resaltan organismos internacionales al compararlo con otros países, con igual potencial para desarrollar el sector agropecuario. Un ejemplo de ello es lo invertido en investigación y el retorno que representa a la economía de cualquier país, tal como señalaran expertos franceses que en diez años lo invertido en investigación rinde de 200 a 400 veces su monto. La SODIAF con la presente publicación APF 11 (02), 2022, continúa sus aportes dirigidos al desarrollo de los sectores productivos, académicos y científico.

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

Comportamiento de cinco líneas introducidas y dos variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa*), Juma Bonaó.

Dámaso Flores, Juliana Nova, Quirino Abreu y Ramón López

Estación Experimental Arrocera Juma doctor Yin Tieh Hsieh
floresd7@hotmail.com

RESUMEN

El mejoramiento genético del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en la República Dominicana se basa en la introducción y posterior evaluación de materiales genéticos provenientes de centros internacionales, tales como: el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia y el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI, por sus siglas en inglés) en Filipinas, entre otros. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de líneas de mejoramiento genético introducidas desde el CIAT. Este estudio se llevó a cabo en la primera etapa de siembra del año 2014 en la Estación Experimental Juma, del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), en Juma, Bonaó. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron (T1= CT22990-3-1-3SR-1, T2= CT22990-3-1-3SR-2; T3= CT22992-5-1-2SR-2, T4= CT21432-7P-3P-2-2-1-1, T5= CT21432-12P-4P-1-1-M y los testigos T6= 'Juma 67' y T7= 'Jaragua'. La unidad experimental fue de 20 m², con área útil de 10 m². Las variables evaluadas fueron: días a la flor, panículas por/m², espiguillas/panícula, fertilidad de las espiguillas (%), peso de 1000 granos (g), granos enteros (%) y rendimiento (kg/ha). Los resultados muestran diferencias estadísticas significativa en rendimiento de grano entre los tratamientos. Entre los tratamientos más rendidores están las líneas introducidas CT21432-7P-3P-2-2-1-1 con 6170.7 y CT21432-12P-4P-1-1-M con 5,899.3 y el testigo 'Jaragua' con 5,633.7 kg/ha. Estas líneas introducidas tienen potencial productivo y se evaluará su potencial culinario y para el mercadeo para el desarrollo de variedades comerciales.

Palabras clave: Mejoramiento genético, variedades de arroz, genotipos de arroz, rendimiento arroz paddy

ABSTRACT

The genetic improvement of the rice crop (*Oryza sativa* L.) in the Dominican Republic is based on the introduction and subsequent evaluation of genetic materials from international centers, such as: the International Center for Tropical Agriculture (CIAT) in Colombia and the International Rice Research Institute (IRRI) in the Philippines, among others. The objective of this research was to evaluate the agronomic behavior of genetic improvement lines introduced from CIAT. This study was carried out in the first planting stage of 2014 at the Juma Experimental Station, of the Dominican Institute of Agricultural and Forestry Research (Idiaf), in Juma, Bonaó. A randomized complete block experimental design with seven treatments and three repetitions was used. The treatments were (T1= CT22990-3-1-3SR-1, T2= CT22990-3-1-3SR-2; T3= CT22992-5-1-2SR-2, T4= CT21432-7P-3P-2-2-1-1, T5= CT21432-12P-4P-1-1-M and the controls T6= 'Juma 67' and T7= 'Jaragua' The experimental unit was 20 m², with a useful area of 10 m². The variables evaluated were: days to flower, panicles per/m², spikelets/panicle, spikelet fertility (%), weight of 1000 grains (g), whole grains (%), and yield (kg/ha). show significant statistical differences in grain yield between treatments. Among the most yielding treatments are the introduced lines CT21432-7P-3P-2-2-1-1 with 6170.7 and CT21432-12P-4P-1-1-M with 5,899.3 and the control 'Jaragua' with 5,633.7 kg/ha These introduced lines have productive

potential and their culinary and marketing potential will be evaluated for the development of commercial varieties.

Keywords: *Genetic improvement, rice varieties, rice genotypes, paddy rice yield*

INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento genético del arroz se esfuerzan y buscan mediante diversas estrategias responder a la necesidad de incrementar constantemente el potencial de rendimiento del cultivo. Sin embargo, el avance en el rendimiento del arroz desde la década del 1990 es limitado, relacionado con la estrechez de la base genética de los materiales genéticos utilizados como fuente de germoplasma. El ritmo y la magnitud de mejoramiento genético depende de la cantidad de diversidad genética presente en el germoplasma.

El mejoramiento genético es la estrategia tecnológica que más incide en el aumento de los rendimientos del cultivo en los últimos años en América Latina y el Caribe. Según el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR), el 95% de los aumentos en rendimientos en la región es producto de la liberación de nuevas variedades. La semilla es la portadora del potencial genético, por esta razón constituye el insumo más importante para alcanzar altos rendimientos en cualquier cultivo y el arroz no es la excepción, Alfonso (2000). El potencial productivo de un cultivo se sustenta en la variedad, fecha de siembra óptima y semilla de alta calidad genética, así como el manejo agronómico del cultivo.

En la República Dominicana se ha logrado avances importantes en los últimos años relacionados con la obtención y registro de cultivares de arroz de alto rendimiento para diferentes condiciones ambientales, resultantes del programa de mejoramiento genético en arroz que se mantiene en la Estación Experimental Arrocería Juma y en empresas semilleras locales, que benefician la estructura varietal en el país. Sin embargo, aún es insuficiente por lo que se precisa fortalecer las capacidades e incrementar las acciones encaminadas a la obtención de cultivares superiores que posean diversas fuentes genéticas y capaces de adaptarse a las condiciones heterogéneas en las cuales el cultivo de arroz es producido. Debido a la importancia de este cultivo en el país, existe la necesidad de mejorar productividad para elevar la producción nacional. En tal sentido, es necesario llevar adelante en forma continua estudios destinados a introducir y seleccionar cultivares o líneas que tengan buena adaptación, resistencia a problemas sanitarios, buena productividad, buen rendimiento molinero y calidad culinaria.

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial. Según la FAO (2006) el requerimiento mundial de arroz para el 2025 será de 800 millones de toneladas, lo que significa que hay que incrementar la producción en 200 millones de toneladas para suplir esa demanda. La producción de arroz en el país mantiene promedio de rendimiento de 4.23 quintales/tarea, siendo el consumo per cápita unas 111 libras.

El objetivo de estudio es evaluar genotipos de arroz con alto potencial productivo, adaptadas a los requerimientos edafoclimáticos imperantes en las zonas productoras y buenas características culinarias y para comercialización, con miras a identificar líneas que puedan ser liberadas como variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la primera etapa de producción de arroz del año 2014, en la Estación Experimental Juma, ubicada en la provincia Monseñor Nouel, localizada a 18° 54" latitud norte y 70° 23" longitud oeste, con una altitud de 178 msnm. Con temperatura promedio anual de 23.6° y una pluviometría anual de 2100 mm. El suelo es franco arcilloso, con 2.5% de materia orgánica y un pH de 5.7.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres replicas. Los tratamientos fueron (T1=CT22990-3-1-3SR-1, T2= CT22990-3-1-3SR-2; T3= CT22992-5-1-2SR-2, T4= CT21432-7P-3P-2-2-1-1 T5= CT21432-12P-4P-1-1-M y dos variedades comerciales usadas como testigos, 'Juma 67' y 'Jaragua'. El tamaño de la unidad experimental fue de 20 m², utilizando un área útil de 10 m² por tratamiento. El método de siembra utilizado fue trasplanta manual en hilera a un marco de plantación de 25x25 cm.

El cultivo fue establecido bajo riego por inundación, usando tres pases de motocultor para la preparación del terreno, luego se procedió a realizar un control la plaga del caracol. Se usó control de malezas tanto químico como manual, la fertilización fue la recomendada por la zona 120-100-100 de NPK fraccionada en tres aplicaciones. Se utilizó riego cada vez que el cultivo lo requería.

Las variables evaluadas fueron: días a la flor, panículas por/m², espiguillas/panícula, fertilidad de las espiguillas (%), peso 1000 granos (g), grano entero (%) y rendimiento (kg/ha). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, utilizando el paquete Info Stat (2008) y para la comparación de los tratamientos se utilizó la prueba de separación de medias de Tukey al (5%).

Días a la flor. Es el número de días desde la puesta de la semilla en el suelo hasta que la planta alcanza el 50 % de floración.

Componentes de rendimiento. Hay cuatro componentes o factores que contribuyen significativamente al rendimiento de arroz en granos: el número de panículas por unidad de superficie, el número de espiguillas por panículas, el porcentaje de granos llenos (fertilidad) y el peso de los granos llenos. Las panículas por m², se evaluaron tomando 12 plantas al azar por unidad experimental, se contaron los tallos y se determinó la cantidad de panículas m². Para el número espiguillas por panícula, peso 1000 granos (g) y la fertilidad de espiguilla (%), se tomaron 12 panículas al azar por cada unidad experimental se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas, se llevaron al Laboratorio de Calidad de la Estación Experimental Juma dependencia del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), se desgranaron de forma manual, luego se procedió al conteo de los granos por medio de un contador electrónico. Se determinó el total de granos buenos y vanos por panículas y después se pesaron para obtener el porcentaje de fertilidad de espiguillas. Para el peso se contaron 1000 granos de cada unidad experimental con un contador electrónico, después se pesaron en una balanza electrónica y el resultado se expresó en gramos.

Rendimiento de arroz paddy y arroz entero. La cosecha se realizó con un contenido de humedad de un 20 a 24 % dentro de un área útil de 10 m². Las muestras fueron cosechadas por separados, trilladas y depositadas en sacos de polietileno de 22.7 kg, los cuales estaban previamente identificados. Posteriormente fueron secadas y venteadas. Luego se tomó una muestra de 100

gramos de cada una para determinar la humedad final. Después se tomó una muestra 200 gramos y fue llevada al laboratorio de calidad, donde se descascaró, se pulió, y luego fueron separados los granos enteros de los partidos y se determinó el porcentaje de granos enteros por cada muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1, presenta los resultados del comportamiento de genotipos evaluados, los cuales muestran diferencias estadísticas significativas entre ellos, con relación a todas las variables en estudio.

Día a floración

En cuanto a los días a floración, se encontró diferencias estadísticas significativas con relación a los genotipos evaluados, observándose que los genotipos tienen ciclo que van desde 94 a 100 días, considerándose como semi-precoz. El más precoz fue para el testigo 'Jaragua' con 94 días, mostrando diferencias estadísticas con los demás, excepto CT21432-12P-4P-1-1-M que tuvo 96 días. El más tardío fue la línea CT22990-3-1-3SR-1 con 100 días, siendo igual estadísticamente a las demás líneas introducidas, excepto CT21432-12P-4P-1-1-M. Se puede apreciar que entre el testigo 'Jaragua' y el genotipo que mostró el mayor ciclo hay una diferencia entre ambos de 6 días. Los resultados obtenidos en esta investigación con relación al ciclo pueden atribuirse a las diferencias genéticas entre los materiales evaluados, según el sistema de evaluación estándar para arroz del CIAT (1990).

Número panículas por m²

Al número de panículas m², junto al número de espiguillas/panículas, se le atribuye 60.2% del rendimiento total del arroz paddy, según CIAT (1990). En los resultados concernientes a esta investigación, estos indican que hubo diferencias estadísticas significativas entre los materiales evaluados. Todos los genotipos, excepto 'Juma 67', produjeron igual número de panícula/m² estadísticamente, fluctuando entre 298 y 308. 'Juma 67' fue el genotipo que produjo la menor cantidad de panícula/m² (290), siendo igual a dos de las líneas introducidas: CT22992-5-1-2SR-2 (299) y CT21432-12P-4P-1-1-M (298). Según los resultados, estos materiales pueden clasificarse como de alto macollamiento, según el Sistema de Evaluación Estándar del CIAT, 1990, que sugiere que las líneas evaluadas tienen buen potencial de rendimiento debido a la influencia de este componente sobre esta variable.

Número de espiguillas por panículas

Como se puede apreciar en el Tabla 1, los resultados muestran diferencias significativas entre los genotipos evaluados; el genotipo CT22990-3-1-3SR-1 fue el que produjo el mayor número de espiguillas por panícula con 260, siendo igual estadísticamente a CT22992-5-1-2SR-2 (237) y al testigo 'Jaragua' (235). Entre los demás genotipos no se observa diferencias significativas. Las principales razones de los altos rendimientos de las súper variedades de arroz, en comparación con los cultivares convencionales, están relacionados con más espiguillas por panículas y mayor número de panículas por metro cuadrado (CIAT, 1990)

Peso de mil granos

El peso de 1000 granos es un componente importante de rendimiento ya que, junto al número de granos llenos, aporta el 21.2% del rendimiento total según CIAT (1990). Estos resultados muestran diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados en para la variable peso de 100 granos; el mejor genotipo fue CT21432-7p-3p-2-1-1, con peso de mil granos de 31g, superando a todos los demás. Mientras que los genotipos CT22992-5-1-2SR-2 y CT21432-12P-4P-1-1-M, tuvieron comportamiento igual, con 29 g, no mostrando diferencias significativas con 'Juma 67' y 'Jaragua' que presentaron peso de 28 g cada uno. En tanto que el peor peso fue obtenido por el genotipo CT22990-3-1-3SR-2 con 26 g. Estos resultados se parecen a los encontrados por Rogelio (2012), que obtuvo peso de 1000 granos por encima de 27 g. Además, esto es un indicativo de alta productividad en el cultivo de arroz.

Fertilidad de las espiguillas

La fertilidad es otro de los componentes rendimiento importante, ya que junto al peso de 1000 granos, contribuye con un 21.2% del rendimiento total en el cultivo de arroz. Como se puede apreciar en el Tabla 1, existen diferencias significativas en cuanto a los genotipos evaluados. Con respecto a la fertilidad de las espiguillas, la línea CT21432-7P-3P-2-2-1-1 (89.3 %) superó las líneas CT22992-5-1-2SR-1 con 85 % y CT22992-5-1-2SR-2 con 79.3 %, pero fue similar a los demás genotipos evaluados estadísticamente la línea CT22992-5-1-2SR-2 fue la que produjo la menor fertilidad. Es importante destacar que cuatro de los genotipos introducidos tuvieron fertilidad de la espiguilla igual o superior a 85%, lo que indica que tuvieron vaneamiento dentro de los valores aceptables de 10 a 15% en condiciones normales, Sandra *et al* 2016.

Tabla 1. Comportamiento de las variables evaluadas de 5 líneas introducidas y dos variedades locales de arroz en Juma Bonao, República Dominicana, 1ra etapa 2014.

Genotipos	F	P/m ²	E/P	P1000 g	F/P
CT22990-3-1-3SR-1	100 D	308 A	260 A	27 CD	87.3 AB
CT22990-3-1-3SR-2	98 BCD	302 A	174 C	26 D	85 B
CT22992-5-1-2SR-2	98 BCD	299 AB	237 AB	29 B	79.3 C
CT21432-7P-3P-2-2-1-1	99 CD	307 A	194 BC	31 A	89.3 A
CT21432-12P-4P-1-1-M	96 AB	298 AB	198 BC	29 B	87.7 AB
Juma 67	97 BC	290 B	204 BC	28 BC	87.3 AB
Jaragua	94 A	306 A	235 AB	28 BC	88.3 AB

Leyenda: Días a la floración: (F), Panículas/m² (P/m²), Espiguillas por panícula (E/P), Peso 1000 granos (P1000g), Fertilidad de panícula (F/P). Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5%)

Rendimiento kg/ha

Con relación la variable rendimiento los genotipos muestran diferencias significativas como se puede apreciar en el Figura 1. El genotipo CT22432-7p-3p-2-2-1-1 con rendimientos de 6,770.7 kg/ha, fue superior a los demás mostrando diferencias significativas en comparación con los otros genotipos, seguido por el genotipo CT22432-12p-4p-1-1-M con 5,899.3 kg/ha de arroz paddy, superando también a los demás genotipos e incluso a los testigos 'Jaragua' y 'Juma 67'; sin embargo, el testigo 'Jaragua' fue superior a todos los demás incluyendo al testigo 'Juma 67', con rendimiento de 5,633.7

kg/ha. Los peores rendimientos fueron para las líneas CT22990-3-1-3SR-1, CT22990-3-1-3SR-2, CT22992-5-1-2SR-2 y el testigo ‘Juma 67’, con rendimientos de 5,226, 5,069.3, 4,921.7 y 4,874.6 kg/ha, respectivamente. Los rendimientos de los genotipos CT22432-7p-3p-2-2-1-1 y CT22432-12p-4p-1-1-M pueden considerarse como aceptable para la zona de producción donde se llevó a cabo la investigación.

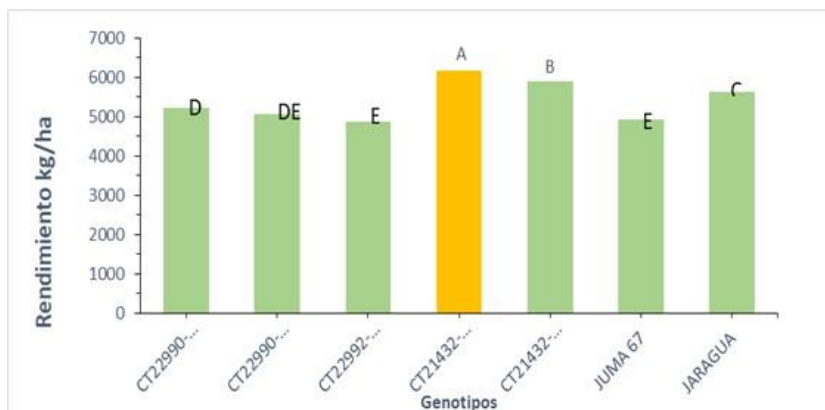


Figura 1. Rendimiento de grano (kg/ha) de cinco líneas introducidas y dos variedades comerciales de arroz en la primera etapa 2014, Juma Bonao, República Dominicana.

El porcentaje de granos enteros

Es una de las variables a tomar en cuenta cuando se trata de liberar una variedad al mercado, ya que es recomendable que esté por encima del 55%, según los estándares internacionales. Cabe destacar que la gran mayoría de los genotipos evaluados estuvo por encima de ese porcentaje incluyendo los testigos, excepto CT22990-3-1-3SR-1, lo cual obtuvo porcentaje de 53.5. Entre las líneas evaluadas se puede apreciar que la CT22992-5-1-2SR-2 fue superior al testigo ‘Juma 67’ con un porcentaje de 59.1% de granos entero. Además, Ninguno de las demás sude los genotipos superó a los testigos ‘Jaragua’ y ‘Juma 67’, pero presentaron diferencias entre sí. La línea CT22992 y los testigos ‘Jaragua’ y ‘Juma 67’ tuvieron los mayores porcentajes de arroz entero con 59.1, 58.8 y 57.6 %, respectivamente, siendo superiores a las demás. El menor porcentaje fue presentado por la línea CT22990-3-1-3SR-1 con 53.50%. Los resultados encontrados en esta investigación son diferentes a los reportados por Sánchez y Meneses (2012), que encontraron rendimiento de arroz entero por debajo del 50%.

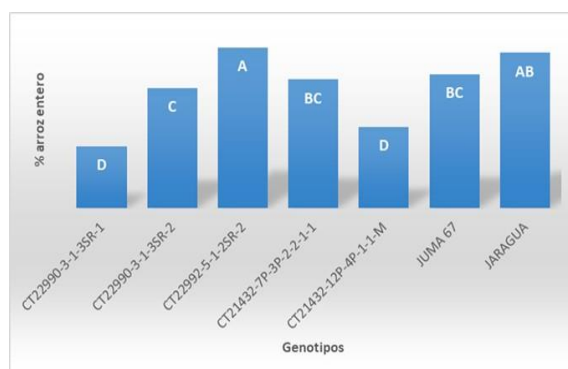


Figura 2. Porcentaje de arroz entero de cinco líneas introducidas y dos variedades comerciales de arroz en la primera etapa 2014, Juma Bonao, República Dominicana.

CONCLUSIONES

- La línea CT21432-7P-3P-2-2-1-1 fue la que mostró mejor comportamiento en el transcurso de la investigación en las variables en estudio: panículas por metro cuadrado, peso de 1000 granos, fertilidad de la panícula, arroz entero y rendimiento.
- Los genotipos introducidos mostraron rendimiento industrial competitivo en comparación con los testigos
- Los genotipos CT21432-7P-3P-2-2-1-1 y CT22432-12p-4p-1-1-M, tienen potencial para convertirse en variedades, sujetos a estudios de adaptabilidad, comercialización y calidad culinaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), por facilitar los recursos para realizar esta investigación.

LITERATURA CITADA

Caraballo, A. 2000. Curso sobre Producción de Semillas de arroz. Instituto de Investigaciones de Granos (II Granos). 2000, La Habana, Cuba. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/30/89>

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1986. Componentes del rendimiento en arroz. 1986. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 19 p. (Auxiliar didáctico no. 001). (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/143.pdf

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz. Segunda edición. Cali, Colombia. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/books/Viveros_internacionales_de_rendimiento_d.pdf.

Moquete, C. 2010. Guía técnica El cultivo de arroz. Serie cultivos No. 37. Santo Domingo, DO. 164 p. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: <https://cedaf.org.do/wp-content/uploads/2022/08/Arroz.pdf>

Morejón, R.; Díaz, S.; Pérez, N. 2012. Comportamiento de tres variedades comerciales de arroz en áreas del complejo agroindustrial arrocero los palacios. La Habana, CU. Cultivos Tropicales 33: 46-49. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193223840007>

Paredes, C.; Becerro, V. 2011. Producción de arroz buenas prácticas agrícolas. Boletín INIA, No. 306. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/31864/Boletin_INIA_306.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, D.; Meneses, R. 2012. Parámetros que influyen en la calidad industrial del arroz cosechado en el municipio la Sierpe. Observatorio de la Economía Latinoamericana 163: 38-46. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: <https://econpapers.repec.org/scripts/redir.pf?u=http%3A%2F%2Fwww.eumed.net%2Fcoursecon%2Fecolat%2Fcu%2F2012%2Fsdmr.html;h=repec:erv:observ:y:2012:i:163:10>

Comportamiento de genotipos de arroz en prueba preliminar con potencial de rendimiento en Juma, Bonao

Juliana Nova¹, Dámaso Flores¹ y Ramón López¹

Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (idiaf)
Estación Experimental Juma Dr. Yin Tieh Hsieh, Juma, Bonao, provincia Monseñor Nouel, DO.

RESUMEN

El rendimiento de una variedad de arroz depende de potencial de genético producción, la resistencia a plagas y enfermedades, adaptabilidad al medio y las prácticas agronómicas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de genotipos con potencial rendimiento en prueba preliminar. Se evaluaron doce genotipos: J3465-5-1-1-1-1 (G1), J3465-5-1-1-1-3 (G2), J3460-1-4-2-1-3 (G3), J3460-1-4-2-1-4 (G4), J3460-1-4-2-1-5 (G5), J3460-1-4-2-1-6 (G6), J3460-1-4-2-2-1 (G7), J3460-1-4-2-2-2 (G8), J3467-3-3-1-1-1 (G9) y los testigos 'Juma 642' (G10), 'Jaragua' (G11) y 'Juma 68-18' (G12). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se estudiaron las variables: panículas por planta, rendimiento (kg/ha), fertilidad de panícula (%), granos enteros (%) y peso de mil granos (g). Los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas para la variable panículas por planta. El G9 alcanzó 22 panículas, obteniendo la mayor cantidad con relación a los genotipos y siendo igual a los testigos G10 y G11. Para el rendimiento, los tratamientos también presentaron diferencias altamente significativas; los G2 y G9 presentaron 7890.1 y 9124.8 kg/ha, superando a los testigos G10, G11 y G12. En cuanto a los granos enteros, seis genotipos (4, 5, 6, 7, 8 y 9) fueron igual a los testigos G11 y G12. En la masa de mil granos (g) se encontró diferencias altamente significativas ($\text{Prob}>F=0.0001$); los genotipos G1, G2 y G8 tuvieron masa de 1000 granos igual al testigo G12; y superior al testigo G11. Los genotipos G2, G4 y G9 mostraron un comportamiento de alto potencial de rendimientos con relación a los testigos, esto sugiere la continuidad de esta investigación en prueba regional.

Palabras claves: genotipo de arroz, mejoramiento genético, República Dominicana.

ABSTRACT

The yield of a variety of rice depends on genetic production potential, resistance to pests and diseases, adaptability to the environment and agronomic practices. The objective of this research was to evaluate the performance of genotypes with potential performance in a preliminary test. Twelve genotypes were evaluated: J3465-5-1-1-1-1 (G1), J3465-5-1-1-1-3 (G2), J3460-1-4-2-1-3 (G3), J3460-1-4-2-1-4 (G4), J3460-1-4-2-1-5 (G5), J3460-1-4-2-1-6 (G6), J3460-1-4-2-2-1 (G7), J3460-1-4-2-2-2 (G8), J3467-3-3-1-1-1 (G9) and the witnesses 'Juma 642' (G10), 'Jaragua' (G11) and 'Juma 68-18' (G12). A randomized complete block design with three replicates was used. The variables were studied: panicles per plant, yield (kg/ha), panicle fertility (%), whole grains (%) and thousand grain weight (g). The treatments showed highly significant differences for the variable panicles per plant. G9 reached 22 panicles, obtaining the highest number in relation to the genotypes and being equal to the controls G10 and G11. For yield, the treatments also presented highly significant differences; the G2 and G9 presented 7890.1 and 9124.8 kg/ha, surpassing the controls G10, G11 and G12. Regarding the whole grains, six genotypes (4, 5, 6, 7, 8 and 9) were the same as the controls G11 and G12. In the mass of a thousand grains (g) highly significant differences were found ($\text{Prob}>F=0.0001$); genotypes G1, G2 and G8 had a mass of 1000 grains equal to control G12; and superior to witness G11. The

G2, G4 and G9 genotypes showed a behavior of high yield potential in relation to the controls, this suggests the continuity of this research in a regional trial.

Keywords: rice genotype, genetic improvement, Dominican Republic.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más antiguos, formando parte de la alimentación del ser humano durante más de 10 mil años, Acevedo *et al.* (2006). Ocupa el segundo lugar a nivel mundial después del trigo en superficie cosechada; pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereal. Constituye el alimento básico de cerca del 50 % de la población mundial, aunque es producido y consumido mayormente en Asia, se siembra con fines comerciales en más de 100 países, FAO (2006), Jiménez *et al.* (2009) y Franquet y Borrás (2010).

El arroz es el cultivo de grano más importante para el consumo humano en los países tropicales de la región de América Latina y el Caribe, donde proporciona más calorías a la dieta de los habitantes de esa región que el trigo, el maíz, la yuca, la papa y otros alimentos.

En Centroamérica y la República Dominicana más 265 mil personas dependen del cultivo de arroz y genera aproximadamente unos 990 mil empleos directos e indirectos. Avances significativos se lograron en la producción de arroz en Latinoamérica y el Caribe en las tres últimas décadas; gracias al desarrollo de variedades mejoradas, utilización de prácticas más modernas de cultivo y a la mayor adopción de las nuevas variedades por parte de los agricultores, CIAT (2010).

En la República Dominicana la producción de arroz logró 14.3 millones de quintales para el año 2021, beneficiando a más de 62 mil productores, MA (2021). El rendimiento de una variedad está en función del potencial de producción, la resistencia a plagas y enfermedades, adaptabilidad al medio y de ciertas prácticas agronómicas utilizadas, Vargas (1985).

Los ambientes de producción de este cereal son muy diversos, es cultivado bajo condiciones y sistemas de producción diferentes, Alemán *et al.* (2008). Así mismo, los granos tienen diversas características en relación al tamaño, consistencia al cocinar, cualidades aromáticas y color, Gramene (2007). Aun cuando se obtienen buenos resultados con las tecnologías o metodologías que se utilizan en la producción, quedan algunas fallas que debilitan y hacen inestables las cosechas de arroz, Alemán *et al.* (2008).

Al ser el cultivo de arroz un monocultivo que se maneja en forma intensiva, presenta muchos problemas, tanto fitosanitarios como fitotécnicos, por lo que se deben seguir muy de cerca las áreas dedicadas a este cultivo, con el fin de observar el comportamiento de las diferentes variedades, Guzmán (2006), Suárez (2009) y Franquet y Borrás (2010).

Los cultivares tradicionales de arroz, así como las especies de arroz silvestre, a nivel mundial, se están perdiendo por causa de la erosión genética, Hamilton *et al.* (2011). Álvarez *et al.* (2008) resaltan que los centros de investigación en arroz están trabajando en la búsqueda de alternativas que permitan asegurar la producción del cereal, con la identificación de los cultivares de mayor potencial productivo y adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas. Los programas de investigación y mejoramiento del arroz no sólo deben incluir las evaluaciones tradicionales enfocadas a los componentes de rendimiento y caracteres morfológicos, sino que es necesario tomar en cuenta la calidad para satisfacer los gustos del consumidor, Ibarra (2002), pues constituye el único cereal que se consume como tal, sin más procesamiento que descascarado y pulido, Livore (2004) y Pérez y Montoya (2009).

El objetivo de este estudio es determinar el comportamiento de genotipos de arroz con potencial de rendimiento en prueba preliminar para seleccionar los mejores para la evaluación en pruebas regionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se instaló en la segunda etapa arrocerá del año 2021, en la Estación Experimental Arrocerá Juma localizada en Bonaó, provincia Monseñor Nouel, a los 18° 54' latitud N y 70° 23' longitud O y altitud de 178 msnm. La temperatura media anual 23.6 °C y pluviometría media anual 2,100 mm. Suelos franco arcilloso, con 2.5% de materia orgánica y pH 5.7.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, doce tratamientos y tres repeticiones. El marco de plantación fue de 0.25 m. x 0.25m. Las unidades experimentales de 26.24 m² y un área útil de 10 m².

Los tratamientos fueron nueve (9) genotipos y tres variedades ('Juma 642', 'Jaragua' y 'Juma 68-18') que fungieron como testigos (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos utilizados en la investigación.

Tratamientos	Genotipos
G1	J3465-5-1-1-1-1
G2	J3465-5-1-1-1-3
G3	J3460-1-4-2-1-3
G4	J3460-1-4-2-1-4
G5	J3460-1-4-2-1-5
G6	J3460-1-4-2-1-6
G7	J3460-1-4-2-2-1
G8	J3460-1-4-2-2-2
G9	J3467-3-3-1-1-1
G10	'Juma 642'
G11	'Jaragua'
G12	'Juma 68-18'

La investigación se desarrolló bajo riego por inundación, el semillero se estableció en bandejas. El trasplante fue manual con plántulas de 25 días de edad de semillero. La fertilización fue de 130 kg/ha de NPK en forma de 15-15-15 de acuerdo a las recomendaciones técnicas del equipo de investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf).

Se estudiaron las variables: panículas por plantas, rendimiento (kg/ha), fertilidad de panícula (%), granos enteros (%) y masa de mil granos (g).

Se utilizó el programa de análisis estadístico InfoStat 2017; y las comparaciones de media se realizaron por LSD Fisher al 0.05 de probabilidad del error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Panículas por planta

Esta variable fue evaluada en la etapa de maduración, seleccionando doce plantas por tratamientos al azar. El número de panículas por unidad de superficie es determinado en gran parte durante la fase vegetativa y depende del número de macollos efectivos formados, nutrición de la planta, agua y densidad de siembra, González *et al.* (1985).

Los resultados presentan diferencias altamente significativas entre los tratamientos con un coeficiente de variación de 12.62 % y una media general de 19.1. El comportamiento de los genotipos presentó variación entre ellos. De acuerdo con la Figura 1, la mayor cantidad de panículas por planta la obtuvieron los genotipos 11, 10 y

9, con valores de 26, 24 y 22, respectivamente, los cuales fueron iguales entre sí; seguido por los genotipos 2, 4, 8 con 20, 20 y 19, respectivamente. De los genotipos evaluados se observa que el genotipo 2, correspondiente al tratamiento (J3465-5-1-1-3) presentó valor de 20 panícula, sin embargo, no fue significativamente diferente a las medias de los genotipos 1, 4, 5, 6, 7 y 8, siendo similares entre sí. A diferencia del genotipo 9 (J3467-3-3-1-1-1), resultó igual estadísticamente a los genotipos 10 y 11 (‘Juma 642’ y ‘Jaragua’), pero superior al testigo 12 (‘Juma 68-18’). Estos resultados corroboran lo encontrado por Quintero (2009), para obtener altos rendimientos se requiere que el cultivo desarrolle durante su ciclo más de 350 panojas por metro cuadrado y que logre fecundar y llenar al menos 70 espiguillas por panoja. Y en esta variable, los testigos 11 y 10 (‘Jaragua’ y ‘Juma 642’) y el genotipo 9 (J3467-3-3-1-1-1) presentaron promedio de 21 a 25 panículas por plantas, equivalente a (336 400 p/m²) panículas por metro cuadrado, respectivamente.

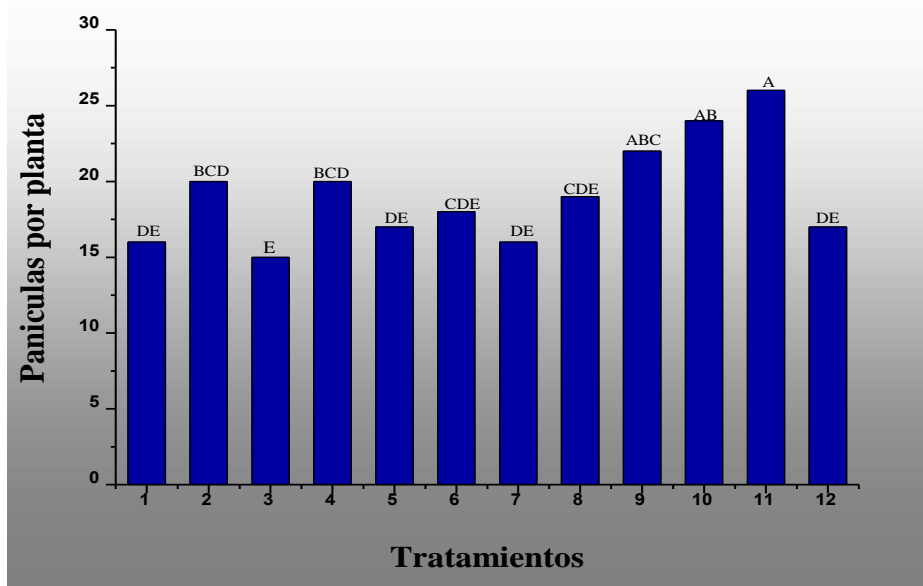


Figura 1. Comportamiento de los genotipos en la variable panículas por planta.

Letras iguales en las barras no difirieron de acuerdo al análisis de la LSD Fisher 0.05 % de probabilidad

Rendimiento de grano (kg/ha)

Esta variable es importante porque permite determinar el comportamiento de los genotipos con relación a la producción de arroz en cáscara; además, es un factor determinante al momento del productor elegir una variedad de arroz. Al respecto, López (1991) refiere que el rendimiento se establece en función de sus componentes: número de panículas, número de espiguillas por panículas, porcentaje de espiguillas llenas y peso de 1000 granos.

En los resultados estadísticos se observan diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 7.16 % y una media general de 7314.2 kg/ha. Según la prueba de la LSD Fisher al 0.05, Figura 2, el tratamiento G9 obtuvo 9124.77 kg/ha, superando a los demás genotipos y a los testigos. Los genotipos G1, G2, G4, G5 con valores de 7160.03, 7890.07, 7282.97 y 7571.23 kg/ha, respectivamente, tuvieron rendimiento estadísticamente igual a las variedades usadas como testigos. Esto corrobora lo citado por CIAT (1985); el rendimiento en grano del cultivo de arroz está determinado por el número de panículas por unidad de área, número de espiguillas por panículas, entre otros.

Cuando se analiza el genotipo 9 (J3467-3-3-1-1), se observa que este en la evaluación de panículas por planta y en el rendimiento kg/ha obtuvo valores diferentes y superior a las medias de los testigos y demás genotipos.

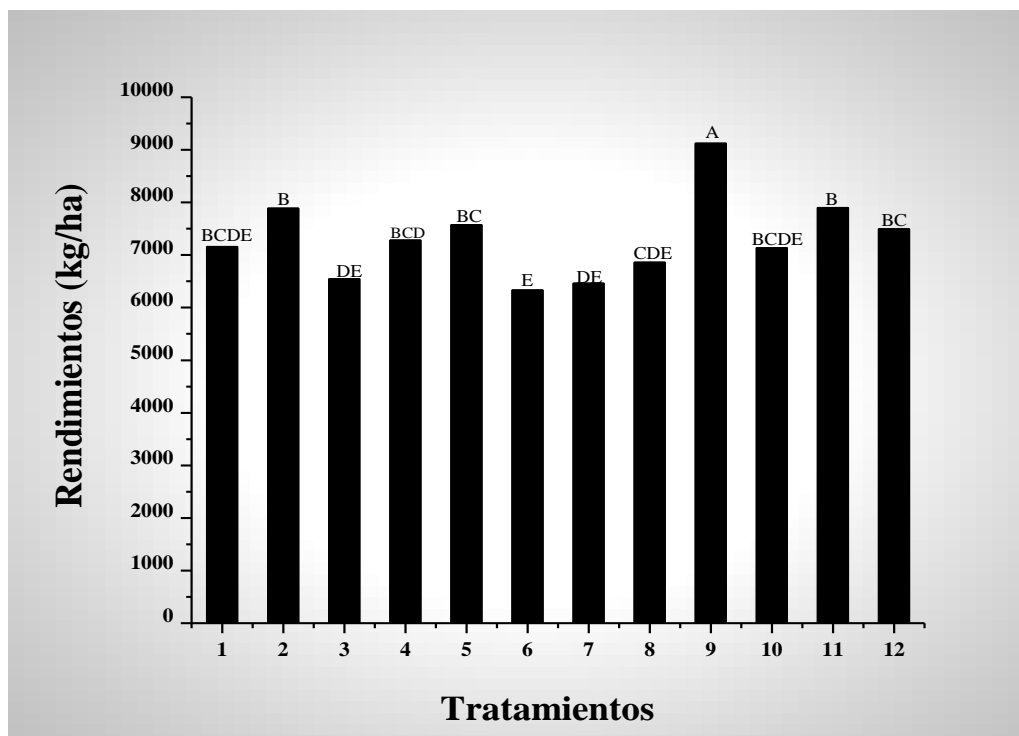


Figura 2. Comportamiento de los genotipos en la variable rendimiento (kg/ha).

Letras iguales en las barras no difirieron de acuerdo al análisis de la LSD Fisher al 0.05 % de probabilidad

Fertilidad de panícula (%)

La fertilidad de panícula es uno de los componentes del rendimiento y que indica que tan fértil es el grano de arroz. La fertilidad de espiguillas es un requisito obvio para obtener altos rendimientos y este porcentaje de granos llenos o fertilidad los determina la cantidad de espigas vacías. Con un buen manejo y un crecimiento apropiado se obtiene altos rendimientos para una esterilidad del 10 a 15%, pero la esterilidad es común en materiales mejorados, Ulloa (1996).

Los resultados de los análisis de esta variable muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos con un coeficiente de variación de 8.54 %, una media general de 71.9 %. En la prueba de la LSD Fisher, al 0.05 se encontró que en el genotipo 12 (testigo) con 83.03 % superó a los demás tratamientos, excepto al 11 (testigo) que tuvo valor de 79.63 % de fertilidad; los demás genotipos fueron iguales entre sí, excepto el número 7 que superó al genotipo 9.

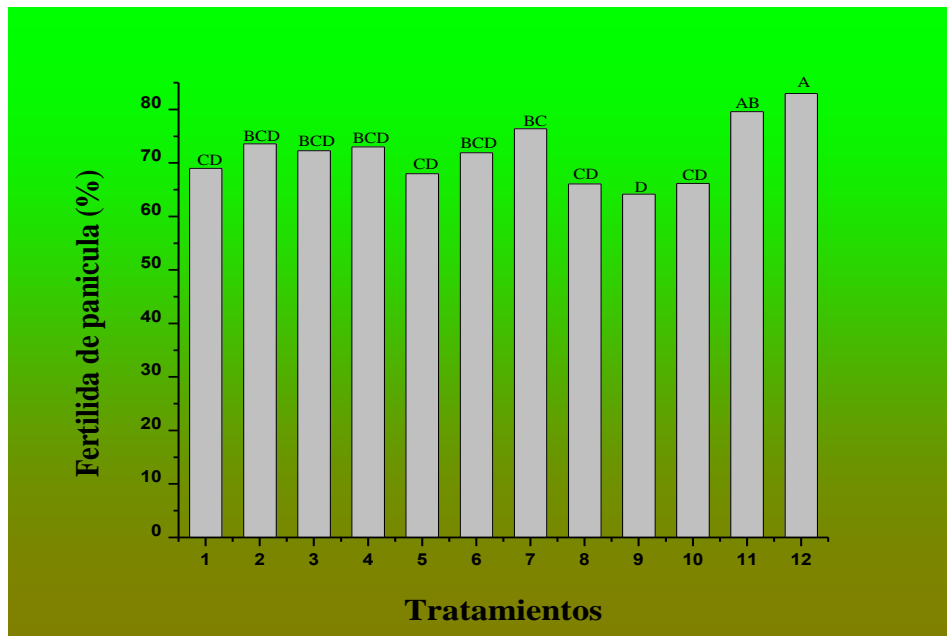


Figura 3. Comportamiento de los genotipos en la fertilidad de panícula (%). *Letras iguales en las barras no difirieron de acuerdo al análisis de la LSD al 0.05 % de probabilidad*

Granos enteros (%)

Esta variable es determinante para la aceptación de un genotipo en el sector industrial arrocero, es estudiada para determinar el porcentaje de calidad industrial del grano, tomando como referencia los granos pulidos menos y los granos partidos. La calidad industrial, denominada en la norma nacional e internacional como un componente del rendimiento industrial, es el porcentaje de granos enteros obtenidos después del proceso de elaboración en la industria, Hernaíz (2003). Un criterio importante en la comercialización del arroz en el mundo es su presentación como grano entero, bien sea blanco, integral o precocido, debido al hábito generalizado internacionalmente de ingerirlo como grano entero, Benedito y Martínez (1997) y Hernández *et al.* (2007).

Los resultados de este estudio indican que hubo diferencia estadísticas entre tratamientos con un coeficiente de variación (CV) igual a de 9.70 % y una media general 55.6. Los genotipos 4, 5, 6, 7, 8 y 9 resultaron tener un porcentaje de granos enteros estadísticamente igual a los testigos 11 y 12 ('Jaragua' y 'Juma 68-18'), Figura 5. El genotipo 9 (J3467-3-3-1-1-1) no difiere estadísticamente de los testigos 11 y 12 ('Jaragua' y 'Juma 68-18'), presentado medias iguales entre sí. Este genotipo 9 ha mostrado resultados superiores en las evaluaciones de panículas por plantas, rendimiento en kg/ha, y granos enteros (%), ver figuras 1, 2 y 4.

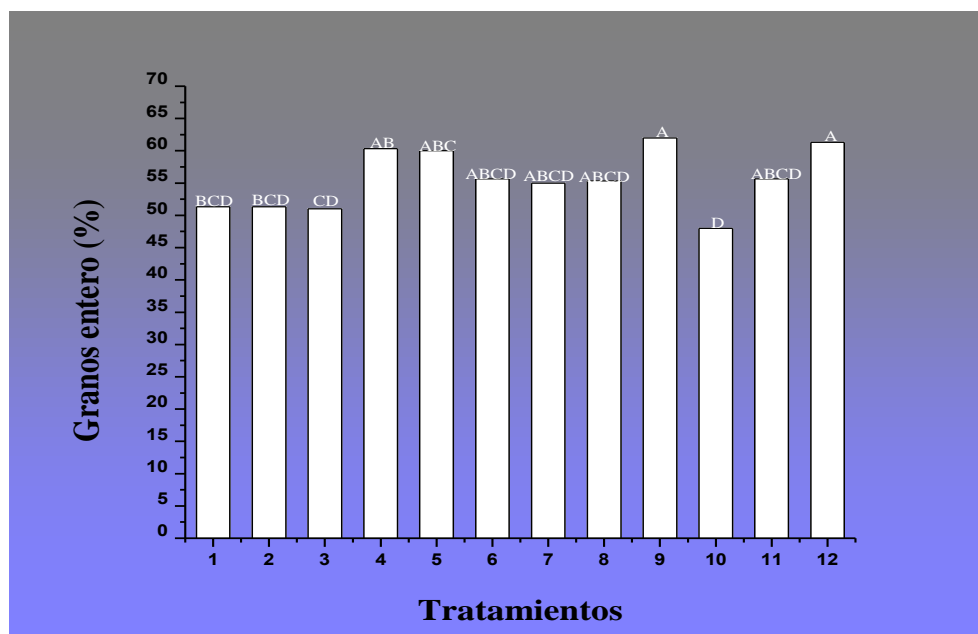


Figura 4. Comportamiento de los genotipos en la variable granos enteros (%).

Letras iguales en las barras no difirieron de acuerdo al análisis de la LSD Fisher 0.05 % de probabilidad

Masa de mil granos (g)

La variable masa de mil granos o peso de mil granos, es utilizada para diferenciar la masa del grano de acuerdo a cada uno de los genotipos. Durante la etapa de maduración se determina el peso medio del grano, plantas con óptimo suministro de nutrimentos en cada fase de crecimiento, con alto índice de área foliar y en condiciones favorables de ambiente producen una buena cantidad de carbohidratos, lo cual a su vez da como beneficio un alto número de granos con un buen peso por panícula, Fernández *et al* (1985) y Corella (1990). Jennings *et al* (1981) indican que el peso del grano se expresa como el peso de 1000 granos al 14 % de humedad y que este varía de 10 a 50 mg por grano (20 – 35 g por mil granos).

El análisis de varianza en esta variable mostró diferencias estadísticas significativas con relación a los genotipos estudiados con un coeficiente de variación (CV) igual a de 3.72% y una media general 29.3. Los genotipos 1, 2 y 8 tuvieron una masa de 1000 granos igual estadísticamente al testigo 12 ('Juma 68-18'); y superior al testigo 11 ('Jaragua').

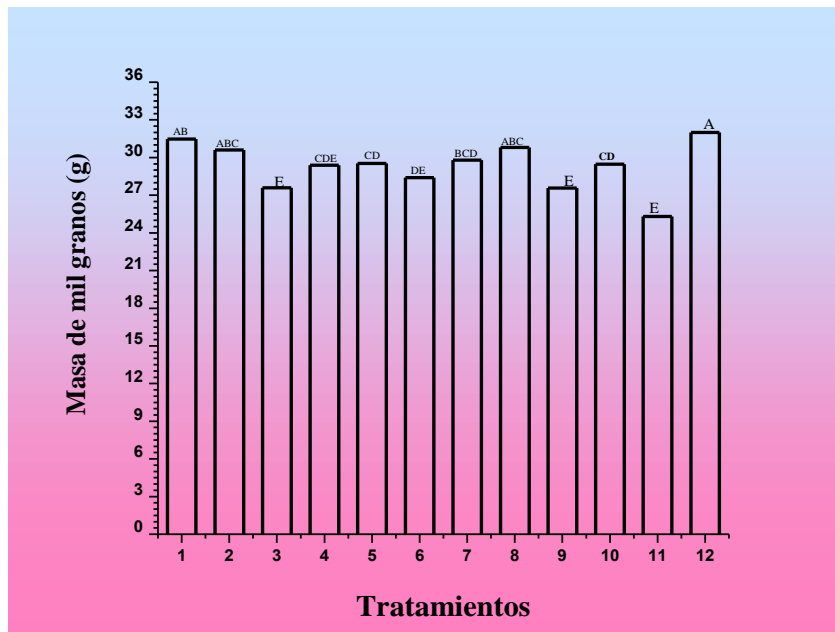


Figura 5. Comportamiento de los genotipos en la variable masa de mil granos (g).
 Letras iguales en las barras no difirieron de acuerdo al análisis de la LSD Fisher al 0.05 % de probabilidad

CONCLUSIONES

Con base a los resultados, fueron seleccionados los genotipos J3465-5-1-1-1-3), (J3460-1-4-2-1-4) y J3467-3-3-1-1-1), porque estos tuvieron un comportamiento igual o superior a los testigos.

RECOMENDACIÓN

- Continuar con la evaluación de los genotipos seleccionados en pruebas regionales para observar su comportamiento en las diferentes regiones.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias Forestales (Idiaf), por su deprendida colaboración en favor del crecimiento de la investigación.

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt) con el Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt) por su auspicio a través de la Convocatoria 2018-2019.

Al comité Técnico del Centro Norte del Idiaf, en especial al ingeniero Julio Morrobel, por su esfuerzo de colaboración en las correcciones y sugerencias.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, M.; Castrillo, W.; Belmonte, U. 2006. Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Trop.* 56(2): 151-170.
- Alemán, R.; Gil, V.; Quintero, E.; Saucedo, O.; Álvarez, U.; García, J.C.; Chacón, A.; Barreda, A.; Guzmán, L. 2008. Producción de granos en condiciones de sostenibilidad. CIAP. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. 50 p.
- Benedito, C.; Martínez, J. 1997. Criterios de calidad del arroz para la industrialización y el consumo. Jornada del Arroz. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Fundación Valenciana de Estudios Avanzados. Pp 111-119.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 2010. Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina [CD-ROM] Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 487 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Componentes del rendimiento. Auxiliar didáctico N° 001. Cali, Colombia. 19 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2006. Seguimiento del mercado del arroz. Roma, IT, FAO. (En línea). Revisado el 17 de octubre 2021. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ag068s/ag068s00.pdf>
- Fernández, F.; Vergara, S.; Yapit, N.; García, O. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. Pp 80-100.
- Franquet, J.; Borrás, C. 2010. Economía del Arroz: Variedades y mejora. Universidad de Málaga. Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales. (En línea). Revisado el 17 de octubre 2021. Disponible en: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/index.htm>
- González, F.; Tascón, J.; García, D. 1985. El arroz: origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). Investigación y producción. Referencias de los cursos de capacitación sobre Arroz dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 47-62.
- Guzmán, L. 2006. Aspectos relacionados con el manejo de áreas arroceras. *Cultivos Tropicales* 27(2): 68.
- Hamilton, R.; McNally, K.; Guzmán, F.; Reano, R.; Almazan, S.; Alcántara, A.; Naredo, E. 2011. Conservación de los recursos genéticos del arroz. (En línea). Revisado el 17 de octubre 2021. Disponible en: <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org>
- Hernaiz, S. 2003. Importancia de la calidad industrial en el arroz. INIA, Quilamapu. 4 p.
- Hernández, A.; Castillo, D.; Hernández, J.; Galano, R.; Rivero, L. 2007. Significado de la composición de grano blanco entero en la calidad del molino de arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. 8 p.
- Illaraza, D. 2002. Efectos del genotipo y tiempos de almacenamiento sobre la calidad culinaria de líneas experimentales de arroz (*Oryza sativa* L). Tesis de pregrado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, VE.
- Jennings, P. 1985. Mejoramiento del arroz. Arroz: investigación y Producción. Referencias pde los cursos de capacitación sobre arroz dictado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. Pp 205-231.
- Jennings, P.; Coffman, W.; Kanffman, H. 1981. mejoramiento genético de las características agronómicas y morfológicas del arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 124 p.

Jiménez, O.; Silva, R.; Cruz, J. 2009. Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio Santa Rosalía Estado Portuguesa, Venezuela. *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 27: 32-41.

Livore, A. 2004. Calidad Industrial y culinaria del arroz. *Revista IDIA XXI* 6:190-194.

López, L.1991. Arroz. Cultivos herbáceos. Cereales, Ediciones Mundiprensa, Madrid, ES. 419 p.

Martínez, C.; Tohme, J.; López, J.; Borrero, S.; Mccouch, W.; Roca, M.; Chate, E.1998. Estado actual del mejoramiento del arroz mediante la utilización de especies silvestres de arroz en Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. En línea).

Revisado el 17 de octubre 2021. Disponible en:

<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69817/61854.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Méndez, P. 2011. Arroz: ¿estabilidad o nueva alza de los precios mundiales? Informativo mensual del mercado mundial del arroz, (84) febrero 2011. Infoarroz, Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD). En línea).

Revisado el 17 de octubre 2021. Disponible en: <http://www.infoarroz.org.pdf>

Nova, P. 2010. Descripción de localidad de estudio. Hierro y Zinc en el Suelo y su Contenido en el Grano de Arroz, en Tres Localidades de la República Dominicana. Tesis de grado maestría. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, DO.

Vargas, 1985. Evaluación Agronómica de Materiales Experimentales de Arroz; Características de Rendimiento. Los Amates Izabal campus, San Luis Gonzaga. 64p. En línea). Revisado el 17 de octubre 2021. Disponible en:

<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2018/06/09/Trujillo-Selvin.pdf>

Crecimiento inicial de dos especies de bambúes en barreras vivas en Jarabacoa, República Dominicana

Pedro Núñez^{1*} y José Mercedes²

¹Investigador 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).

²Investigador Asociado, Centro Norte, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Calle Rafael Augusto Sánchez #89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana.

*Autor de correspondencia: pnunez@idiaf.gov.do

RESUMEN

El conocimiento del comportamiento y la adaptación de plantas con potencial comercial puede contribuir a su explotación en la República Dominicana. En el país se han introducido especies de bambúes para diferentes usos, las cuales deben ser evaluadas. El objetivo de este estudio es conocer la adaptación de especies introducidas de bambú *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl. y *Bambusa oldhamii* Munro, a condiciones de altitud de 1200 msnm, temperaturas máxima y pluviometría promedio anual de 27.65 °C y 959 mm, respectivamente. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se evaluó el número de brotes, altura y diámetro de plantas. Según los resultados, a los 10 meses de edad las plantas de bambú de la especie *Bambusa vulgaris* tuvieron un número de brotes promedio entre 1 y 2 y las de *Bambusa oldhamii* de 1, a dos distancias de siembra. La altura promedio máxima fue de 214.74 cm en la especie *B. oldhamii* a un marco de siembra de 1.5 metros de distancia entre plantas, 10 metros entre hileras y 187 cm en la especie *B. vulgaris* a una distancia de 1 metro entre plantas y 10 entre hileras. Los diámetros promedios de los culmos emergentes oscilaron entre 1 a 2.23 cm, con los diámetros mayores a dos centímetros en la *B. oldhamii* a un marco de siembra de 1.5 metro entre planta y 10 m entre hilera. Las dos especies muestran alta adaptación y se desarrollan adecuadamente a las condiciones de altitud sobre los 1000 msnm, siendo potenciales para la siembra en zonas de laderas.

Palabras claves: Bambú, barrera viva, suelo.

ABSTRACT

Knowledge of the behavior and adaptation of plants with commercial potential can contribute to their exploitation in the Dominican Republic. In the country, bamboo species have been introduced for different uses, which must be evaluated. The objective of this study is to know the adaptation of introduced bamboo species *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl. and *Bambusa oldhamii* Munro to altitude conditions of 1200 masl, maximum temperatures and average annual rainfall of 27.65 °C and 959 mm, respectively. A randomized complete block design with four treatments and three replicates was used. The number of shoots, height and diameter of plants were evaluated. According to the results, at 10 months of age the bamboo plants of the species *Bambusa vulgaris* had an average number of shoots between 1 and 2 and those of *Bambusa oldhamii* 1, at two planting distances. The maximum average height was 214.74 cm in the species *B. oldhamii* at a planting frame of 1.5 meters between plants, 10 meters between rows and 187 cm in the species *B.*

vulgaris at a distance of 1 meter between plants and 10 between rows. The average diameters of the emerging culms ranged from 1 to 2.23 cm, with diameters greater than 2 cm in *B. oldhamii* at a planting frame of 1.5 m between plants and 10 m between rows. The two species show high adaptation and develop adequately to altitude conditions above 1000 masl, being potential for planting in hillside areas.

Keywords: Bamboo, living barrier, soil.

INTRODUCCIÓN

El bambú es una planta perenne que pertenece a la familia de las poaceas, de gran importancia como producto comercial, campo en el que tiene un enorme mercado. La Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR) estima que los bosques de bambú podrían cubrir hasta 50 millones de hectáreas de tierras, King (2021). Alrededor del 3.2 % del total de la superficie boscosa mundial corresponde a bosques de bambú, Midmore (2006). Diferentes culturas alrededor del mundo utilizan el bambú en sus actividades diarias, utilizándolo unas 2,500 millones de personas. En la República Dominicana, el bambú tiene diversos usos y se han introducido varias especies, Mercedes (2006).

Sobre el uso del bambú, se reportan más de 3000 usos. Adicionalmente, se destacan sus servicios ecosistémicos, dentro de los cuales se destaca el control de la erosión de suelo. La erosión del suelo es un fenómeno natural, es un proceso lento, pero en los últimos años, el ritmo de la erosión se ha acelerado en más de 2.5 veces y FAO (1992) estima que en los últimos siglos se ha destruido unos 2000 millones de hectáreas de tierra.

El cultivo de bambú se plantea como mecanismo de conservación; por ejemplo, Geilfus (1985) indica que las barreras vivas con sus raíces y tallos ayudan a fijar los taludes de las zanjas, a frenar el agua de escurrimiento y a retener los sedimentos. En Apatzingán, Michoacán, México, Muñoz-Flores *et al.* (2021) realizaron un experimento para comparar los incrementos en altura y diámetro de bambúes tropicales utilizados en plantaciones comerciales, demostraron que *Guadua inermis* E. Fourn. presenta una buena adaptación a las condiciones del sitio de plantación, con una tendencia a un crecimiento mayor tanto en altura como en diámetro.

Soderstrom y Calderón (1979) se refieren al bambú indicando que debido a su extensivo sistema radicular y rizomas que se desarrollan en los primeros 30 cm del suelo, algunos bambúes pueden ser usados para control de erosión, control de flujo de sedimentos y estabilizador de caminos y taludes. Lee y Gómez (1985) indican que el sistema radicular del bambú funciona bien como varilla natural en el subsuelo, controla el deslizamiento de tierra y los rizomas de algunas variedades funcionan como varilla natural reteniendo y conservando los suelos. Por otro lado, en un estudio del Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza (Catie) en 1990, se concluye que, en el medio agrícola, el bambú puede ser utilizado como barreras rompevientos, cercas vivas, o también en la estabilización de las riberas de los ríos. En ese sentido, es apropiado, además, evaluar cuantitativamente su crecimiento y adaptación.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el crecimiento inicial de dos especies de bambú empleadas como barreras vivas, con las especies de bambú *Bambusa vulgaris* y *Bambusa oldhamii*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación y condiciones climáticas

Las especies de bambú utilizadas en esta investigación fue establecida en el año 2001, donde se evalúan dos especies de bambú *B. vulgaris* y *B. oldhamii* en barreras vivas a dos marcos de siembra cada una. Las especies fueron establecidas con el fin de evaluar su impacto en la conservación de suelo, pero en el periodo de la investigación reportado, esta variable no fue objeto del estudio. El experimento fue establecido en el municipio de Jarabacoa, en la comunidad Arroyo La Vaca, Paso Bajito del municipio de Jarabacoa, en la parcela del productor Tony Delgado. La ubicación del experimento fueron altitud de 1200 msnm, temperaturas promedio anual mínima de 18.24 °C y máxima de 27.65 °C y pluviometría promedio anual de 959 mm.

Diseño y tratamientos

El diseño de la investigación fue en bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. La metodología experimental usada consistió en establecer barreras vivas con dos especies de bambú para evaluar su crecimiento y desarrollo. Los tratamientos fueron: T₁= especie *B. vulgaris* a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera, T₂= especie *B. vulgaris* a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera, T₃= *B. oldhamii* a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera, y T₄= *B. oldhamii* a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera. Las plantas fueron establecidas en enero del año 2001 y el experimento fue evaluado a los diez meses.

Descripción de las especies de bambú utilizadas

Bambú vulgar: *B. vulgaris*. Es la especie de bambú más común en el mundo. Es una especie de tipo paquimorfo, sus cañas alcanzan una altura de 10 a 20 m, con diámetros de 5 a 15 cm y entrenudos de 20 a 40 cm. Su altitud óptima es de unos 800 msnm, pero puede desarrollarse en áreas desde nivel del mar hasta los 1200 msnm. La cosecha del cultivo se realiza partir del tercer año, el material obtenido es tolerante al ataque de plagas y se utiliza en la construcción, muebles, tejidos y papel. En Puerto Rico, se utiliza en el control de erosión con mucho éxito, además de usarla para la industria del papel.

Bambú comestible: *B. oldhamii*. Es nativa del sur de China y Formosa; es muy popular como ornamento en el sur de California y Florida. Rizoma de tipo paquimorfo, caña en forma de zigzag, tiene una altura de 6 a 2 m, un diámetro de 3 a 12 cm, sus entrenudos miden de 20 a 35 cm. Color

verde. Esta especie hay que sembrarla en suelo húmedo y fértil. La fibra es comestible, muy fina y dulce, se usa también para la elaboración del papel.

Manejo de la investigación y análisis de datos

En los espacios entre hileras se sembró habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.), la cual fue manejada por el productor. La evaluación del comportamiento de las especies de bambú se realizó a los diez meses de establecidas y se evaluó el 100 % de las plantas. Se evaluó el número de brotes, diámetro y altura de las plantas.

Análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa Info Stat versión 2008, aplicando la prueba de comparación de media Duncan al 0.05, Di Rienzo *et al.* (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de brotes

El comportamiento de las dos especies de bambú es excelente en condiciones de altitud, ya que se determinó una mortalidad promedio menor de un 1 % en todo el experimento, en la especie *B. vulgaris* no se encontraron plantas muertas en los tratamientos. A los diez meses de edad, la cantidad de brotes fue mayor en *B. vulgaris* 1, pero estadísticamente igual a *B. vulgaris* 2 y *B. oldhamii* 2 y superior a *B. oldhamii* 1, Tabla 1, en la evaluación de plantas individuales se encontró hasta seis brotes por planta. En un experimento realizado por Leiva-Mora *et al.* (2011), el número total de culmos por plantón fue de 16.53 en plantas adultas de *B. vulgaris*.

Tabla 1. Número promedio de brotes (n=12).

Tratamientos	Número promedio de brotes (U)
<i>B. vulgaris</i> 1	2.05 a
<i>B. vulgaris</i> 2	1.64 a
<i>B. oldhamii</i> 1	1.07 b
<i>B. oldhamii</i> 2	1.72 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Test Duncan al 0.05, C. V.=18.05 %. T₁= Especie *B. vulgaris* 1 (a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera), T₂= Especie *B. vulgaris* 2 (a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera), T₃= *B. oldhamii* 1 (a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera), T₄= *B. oldhamii* 2 (a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera).

Núñez y Quezada (1991), en un estudio en Sonador, Bonao, Monseñor Nouel, evaluaron el comportamiento inicial de cuatro especies de bambú, obteniendo un número promedio de brotes

superiores a lo reportado en este estudio para *B. vulgaris*, pero las condiciones de suelo y clima fueron diferentes a las de este estudio. Sin embargo, esta cantidad de brotes en diez meses es aceptable de acuerdo a lo reportado por Jáquez (1990).

Altura de las plantas

Las alturas de plantas mayores se registraron en el tratamiento con *Bambusa oldhamii* 2 con 215 cm, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos; seguido de *Bambusa vulgaris* 1 con 187cm, Tabla 2; es decir, un crecimiento promedio diario de 0.71 y 0.62 cm, respectivamente.

Tabla 2. Altura promedio de las plantas de bambú (n =12).

Tratamientos	Alturas de plantas (cm)
<i>B. vulgaris</i> 1	187.33 b
<i>B. vulgaris</i> 2	179.1 b
<i>B. oldhamii</i> 1	87.31 c
<i>B. oldhamii</i> 2	214.74 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Test Duncan al 0.05, C. V.=8.12 %. T₁= Especie *B. vulgaris* 1 (a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera), T₂= Especie *B. vulgaris* 2 (a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera), T₃= *B. oldhamii* 1 (a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera), T₄= *B. oldhamii* 2 (a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera).

El bambú es una de las gramíneas más altas y de más rápido crecimiento. Crece aproximadamente de 75 a 400 mm/día, el récord de 1.2 m. en 24 horas, corresponde a *Phyllostachys edulis* (Carrière) J.Houz, en el Japón, de acuerdo a Londoño (2006), es decir que es de esperarse un mayor crecimiento de las dos especies durante los 10 meses, sin embargo, esto depende mucho del tipo de suelo y de las condiciones climáticas. Este autor, reporta un detalle de las características y requerimientos de la *Bambusa vulgaris* en las provincias amazónicas (Londoño 2021), presentando una longitud de culmo que oscila entre 8-20 m y la longitud comercial promedio de estos es de 12 m, pero para plantas adultas.

Leyva *et al.* (2011) reportan longitud promedio de los culmos de 12.35 m en *B. vulgaris*. La longitud de entrenudos entre 27.4 y 30.2 cm y el peso promedio de los culmo fue de 35.7 kg; valores que caracterizan la especie de *B. vulgaris* (Gutiérrez *et al.*, 2011). Núñez y Quezada (1991), en Sonador Bonaó, evaluaron el comportamiento inicial de cuatro especies de bambú, obteniendo alturas superiores a la reportada en este estudio para *B. vulgaris*, pero las condiciones de suelo y clima fueron diferentes a las de este estudio. Sin embargo, esta altura promedio, se encuentra en el rango reportado por Jáquez (1990). En plantas adultas de *B. vulgaris* (3 a 8 años), según Londoño (2021), la longitud del culmo oscila entre 8 a 20 m y la longitud comercial promedio del culmo es de 12 m. En general, cuando las plantas de bambú son establecidas en el campo, el crecimiento en los primeros meses es limitado y luego, los nuevos brotes tienen un mayor desarrollo.

Diámetros de las plantas

Los diámetros promedios de las plantas mayores se registraron en *Bambusa oldhamii* 2, con 2.23 cm, siendo estadísticamente similar a *Bambusa oldhamii* 1, pero superior a los dos tratamientos con *B. vulgaris*, Tabla 3. A medida que las macollas se van desarrollando, aumenta el grosor de los culmos.

Tabla 3. Diámetros promedios de las plantas de bambú (n =12).

Tratamientos	Diámetros de plantas (cm)
<i>B. vulgaris</i> 1	1.56 b
<i>B. vulgaris</i> 2	1.37 b
<i>B. oldhamii</i> 1	1.83 ab
<i>B. oldhamii</i> 2	2.23 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Test Duncan al 0.05, C. V.=13.57, T_1 = Especie *B. vulgaris* 1 (a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera), T_2 = Especie *B. vulgaris* 2 (a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera), T_3 = *B. oldhamii* 1 (a 1 metro entre planta y 10 m entre hilera), T_4 = *B. oldhamii* 2 (a 1.5 metros entre planta y 10 m entre hilera).

Londoño (2021) reporta un diámetro entre 4 a 10 cm; con un diámetro altura de pecho (DAP) promedio de 8 cm en plantas adultas de *B. vulgaris* (3 a 8 años), lo que con condiciones edafoclimáticas favorables consiguen diámetros promedios de 2 cm/año. Leyva *et al.* (2014) reportan diámetros entre 1.95 a 5.12 cm, dependiendo del lugar de la medición (parte superior, media y basal). Los diámetros promedios estuvieron comprendidos entre 8.3 a 9.4 cm (Gutiérrez *et al.* 2011) en *B. vulgaris*. Núñez y Quezada (1991), en Sonador, Bonao, obtuvieron diámetros superiores a los reportados en este estudio para *B. vulgaris*, pero las condiciones de suelo y clima fueron diferentes a las de este estudio.

CONCLUSIONES

Las dos especies *B. vulgaris* y *B. oldhamii* se han adaptado a la zona con condiciones de altitud de 1200 msnm, con una supervivencia promedio de 99 % en barreras vivas. Las dos especies mostraron potencial para ser usadas en zonas de ladera, ya sea para el fomento forestal o para la conservación de suelo (no probado en el estudio). La producción de culmos a los diez meses es apropiada, considerando que las plantas están en adaptación y en crecimiento inicial, con alturas diarias por debajo de un centímetro y diámetros diarios menores a un milímetro. Se espera que a partir del primer año, las plantas estén adaptadas y se incremente la altura, número de culmos y diámetros, de conformidad con las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Al productor de vegetales productor Tony Delgado, de Arroyo, La Vaca, Paso Bajito, Jarabacoa por permitir el establecimiento del experimento en sus terrenos. A los miembros del Comité Técnico del Centro Norte de Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), por la revisión del documento.

LITERATURA CITADA

- Añasco, M.; Rojas, S. 2015. Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (*Guadua angustifolia*) en Perú. Red Internacional de bambú y ratán, INBAR. Quito, EC. 180 p. (En línea). Revisado el 10 de marzo 2022. Disponible en: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccion-al-consumo-del-bambuco-en-ecuador.pdf>
- Widmer, Y. 1990. Los bambúes: biología, cultivo, manejo, usos. Revisión bibliográfica. El Chasqui 23: 5-42.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, AR.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1992. Proteger y producir: reunir los trozos sueltos. Roma, IT. FAO. 36 p.
- Geifus, F. 1985. Sistemas integrados de conservación de suelos: adaptados a los Anexos figura 1 y 2 sobre el crecimiento de ambas especies en el campo.
- Gutiérrez, E.; Forestal, S.; de Cuba, S.; López, A. 2011. Comportamiento de la especie *Bambusa vulgaris* Schrader Ex Wendland en la faja hidrorreguladora del arroyo Hongolosongo. Estación Experimental Forestal Guisa, G., Catanares, C., y Estación Experimental Forestal Guisa, G. Revista Forestal Baracoa.
- Jáquez, F. 1990. Guía técnica para el fomento del bambú en la República Dominicana. UASD/INDRHI. República Dominicana.
- King, C. 2021. Cinco cosas que no sabías sobre los bosques de bambú. Kazuend, Unsplash. Landscape News Editor. (En línea). Consultado el 1 de marzo de 2022. Disponible en: <https://news.globallandscapesforum.org/es/viewpoint/cinco-cosas-que-no-sabias-sobre-los-bosques-de-bambu/>
- Lee, M.; Gómez, R. 1985. Introducción de bambúes desde Taiwán, su reproducción y reforestación en República Dominicana. Misión Técnica China. Santo Domingo, DO. 10 p.
- Leiva-Mora, M.; Lázaro, Y.; Hurtado, O.; León, M.; Freire-Seijo, M.; Alvarado-Capó, Y.; Martirena, F. 2011. Variables asociadas con la productividad de *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* Schard. ex Wendl. y su potencial de secuestro de dióxido de carbono. Biotecnología Vegetal: 11(3): 183-187. (En línea). Consultado el 1 de marzo de 2022. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/249/835>
- Londoño, X. 2006. Botánica y diversidad genética de la guadua y otros bambúes de América. III Simposio Latinoamericano de Bambú. Bambú, comunidad y desarrollo. Guayaquil, EC.
- Londoño X. 2021. Diversidad de bambúes en las provincias amazónicas de Napo, Pastaza y Morona Santiago - Ecuador: Guía Técnica. Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR).
- Mercedes, J. 2006: Manual de Cultivo de Bambú. CEDAF. República Dominicana. CEDAF, primera publicación, Santo Domingo, República Dominicana. 38 p. (En línea). Revisado el 1 de marzo de 2022. Disponible en: <http://www.cedaf.org.do/digital/bambu.pdf>
- Midmore, D. 2006. Silvicultural management of bamboo in the Philippines and Australia for shoots and timber Proceedings of a workshop held in Los Baños, the Philippines, 22–23 November 2006. (En línea). Revisado el 1 de marzo de 2022. Disponible en: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/bamboo-sylviculture_PR129%20Part%201.pdf
- Muñoz-Flores, H.; Sáenz-Reyes, J.; Hernández-Ramos, J.; Orozco-Gutiérrez, G.; Barrera-Ramírez, R. 2021. Plantación de cuatro especies de bambú establecidas en el trópico seco de Michoacán, México. Revista mexicana de ciencias forestales 12(65): 45-66. (En

línea). Revisado el 1 de marzo de 2022. Disponible en:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322021000300045

Núñez, R.; Quezada, Q. 1991. Diagnóstico físico-social de los principales cursos de agua de la provincia de Monseñor Nouel y comportamiento inicial de cuatro especies de bambú, para el desarrollo de un proyecto de protección de márgenes de los ríos. Tesis para el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Adventista Dominicana, Bonao, DO. 250 p.

Soderstrom, T.; Calderón, C. 1979. A cometary on the bamboos Poaceae: Bambusoidea. *Biotropica* 11(3): 161-172. (En línea).

Revisado el 1 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/2388036>

Correlación de los índices de sitio (IS) con factores edafoclimáticos influyentes en el desarrollo de dos especies de pino en la República Dominicana

Pedro Núñez^{1*}, José Mercedes² e Isidro Almonte²

^{1*} Investigador Titular, Centro Norte, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), Investigador Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Docente Cátedra de Suelos en la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias.

² Investigadores Asociados, Centro Norte, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Dirección: Calle Rafael Augusto Sánchez N° 89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana.

*Autor para correspondencias: pnunez@idiaf.gov.do

RESUMEN

La medición del rendimiento y producción de los bosques y sus especies vegetales es crucial para la toma de decisiones técnicas, políticas y financieras. Normalmente se hace uso del inventario de existencia, lo cual es costoso y puede demorar tiempo o, también, se emplean herramientas más prácticas como el índice de sitio (IS), que permite estimar el rendimiento. En la República Dominicana se han realizado estudios de IS, pero no los suficientes, para aplicarse a la diversidad de especies forestales potencialmente utilizables en todo el territorio nacional. En esta investigación se emplearon los IS de pino caribe y criollo (*Pinus caribaea* Morelet y *Pinus occidentalis* Swartz, respectivamente), en tres provincias y se correlacionó con las características físicas y químicas del suelo, condiciones topográficas, factores ambientales y climáticos. El análisis multifactorial mostró que los aspectos de mayor influencia fueron profundidad del suelo, contenido de fósforo, pH, zona de vida y altitud, estos factores cambian con la especie. De igual forma, los resultados determinó la necesidad de más investigaciones para conocer su importancia y contribuir a la toma de decisiones para el fomento de las especies forestales.

Palabras claves: Factores climáticos-edáficos, fomento, suelos, especies forestales.

ABSTRACT

Measuring the performance and production of forests and their plant species is crucial for technical, political and financial decision-making. Normally, stock inventory is used, which is expensive and can take time, or more practical tools are used, such as the site index (SI), which allows estimating performance. In the Dominican Republic, SI studies have been carried out, but not enough, to be applied to the diversity of potentially usable forest species throughout the national territory. In this research, the SI of Caribbean and Creole pine (*Pinus caribaea* Morelet and *Pinus occidentalis* Swartz, respectively) were used in three provinces and correlated with the physical and chemical characteristics of the soil, topographic conditions, environmental and climatic factors. The multifactorial analysis showed that the most influential aspects were soil depth, phosphorus content, pH, life zone, and altitude; these factors change with the species. In the same way, the results determined the need for more research to know its importance and contribute to decision-making for the promotion of forest species.

Keywords: Climatic-edaphic factors, development, soils, forest species.

INTRODUCCIÓN

Los países con fuerte participación del sector forestal en su producto interno bruto y con tradición técnica y científica, basan sus decisiones para el fomento de las especies forestales en criterios de reducción de riesgos. Dos herramientas o técnicas utilizadas son los inventarios forestales (IF) y la determinación de los índice de sitio (IS) de las especies de interés. Los inventarios tienden a ser caros y costeados solo por las grandes empresas y gobiernos. Por su parte, los inversionistas pioneros, los pequeños y medianos propietarios no realizan una gran inversión, que podría ser irrecuperable.

Hernández-Ramos *et al.* (2014), reportan que los índices de productividad son esenciales en la planeación del manejo forestal sustentable. Se puede hacer de diferentes formas para planificar o tomar acciones de manejo de proyectos forestales, al tiempo que se asegura es la conservación de los suelos, la biodiversidad y los recursos naturales en términos de sostenibilidad. Las curvas de IS elaboradas a partir de las ecuaciones generadas podrían aplicarse dentro del intervalo de las variables dimensionales y las edades consideradas en el estudio.

El IS se define como “la capacidad de un área determinada para el crecimiento de árboles” ó “la respuesta de desarrollo de una determinada especie a la totalidad de las condiciones ambientales existentes en un determinado lugar”, Prodan *et al.* (1997). El IS permite evaluar y conjugar los objetivos y potencialidades productivas de los terrenos boscosos mediante la interacción de variables ambientales, que se apoyan o contraponen entre ellas para favorecer las condiciones propias de un determinado lugar o zona en la que podría establecerse o se ha establecido una especie forestal determinada.

Entre los factores ambientales, se mencionan las variables edafológicas, entre las que se destacan las relativas a la topografía, tales como: exposición, pendiente y posición topográfica de la muestra-cumbre, media, baja, etc.; las variables físicas como textura, profundidad efectiva de raíces, espesor del horizonte A, la porosidad de los horizontes A y B; además de drenaje, disponibilidad de agua en los horizontes y densidad aparente de los horizontes. En cuanto a las variables químicas, se encuentra el pH de los horizontes A y B, materia orgánica (MO) del horizonte A, profundidad con presencia de carbonatos y la cantidad de nutrientes N, P, K, Ca y Mg en los horizontes A y B. Entre las variables climáticas están la humedad relativa, el volumen y frecuencia de la precipitación y la temperatura, Gómez *et al.*, (2004), Herrera y Alvarado (1998) y Hernández-Ramos *et al.* (2015).

De acuerdo con Dykstra (1984), el IS ofrece información para responder en la toma de decisiones de inversión y actividades de manejo silviculturales, tales como: estimar la producción, determinar el turno óptimo, realizar análisis financieros, estimar el crecimiento bajo condiciones donde no existen datos y comparar alternativas de manejo. También, puede servir para analizar las mejores 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.

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal, equivale a su desarrollo en altura, forma, diámetro y área basa. Cuando éstos se convierten en volumen, mediante los cálculos correspondientes, se tiene la producción acumulada de la especie o masa forestal. El estudio del crecimiento de una o más especies forestales, es lo mismo que el conocimiento o cuantificación de su productividad en función de los lugares, sitios o estaciones en que se desarrolle, Klepac (1983). En ese sentido, los criterios técnicos prevalecientes para la escogencia de las especies a plantar en un determinado sitio, dependen de su comportamiento o respuesta en dicho sitio. Las condiciones de calidad de sitio, se expresan gráficamente en familias de curvas denominadas curvas de IS.

Este comportamiento está relacionado con diferentes indicadores. Uno de los más importantes es el IS que, ajustándose a la definición dada por Clutter *et al.* (1983), es la altura promedio de los 100 árboles dominantes y codominantes bien distribuidos por hectárea a una edad predeterminada, llamada edad base. La estimación o definición de la calidad de un sitio forestal, es complicada, pues el volumen producido de un bosque puede ser altamente afectado o influido por factores diferentes a la calidad del sitio confundiendo una cosa con otra como, por ejemplo: la densidad del bosque, la composición de las especies y su calidad genética o las prácticas culturales empleadas para obtener la producción forestal, entre otros.

En la República Dominicana, las investigaciones relativas a indicadores de productividad y/o predicción del comportamiento de las especies forestales son puntuales y/o poco difundidas. Por lo que, el fomento forestal nacional se fundamenta en la intuición y/o el empirismo, apostando al éxito o al error. Así se aumentan los riesgos de pérdidas en los rodales, esto se reflejará años luego de ser plantadas. Así, se disminuyen las posibilidades de competitividad forestal como lo explican Dobler y Torres (1999), quienes realizaron trabajos de interpretación y análisis de crecimiento para el *Pinus occidentalis*.

En el marco internacional, Khouri *et al.* (2010), muestran que el suelo, el pH y las relaciones entre micro y macro nutrientes son de alta influencia y definen el desarrollo de las plantaciones de las especies *Eucalyptus globulus* Labill. y *Pinus radiata* D. Resultados de investigaciones forestales se expresan en forma de regresión lineal múltiple, por ejemplo, Bonilla (1971) consideró las variables ambientales para la determinación de IS, mientras que otros se fundamentan en modelos de predicción con metodología dinámica, basada en el incremento anual del área basal. Así, González-Izquierdo *et al.* (2013), indican que para el *Pinus caribaea*, la relación existente entre las variables edáficas y la pendiente topográfica con la calidad de sitio se explica en una regresión lineal en un 30%.

Dado que el inversionista forestal privado dominicano, adolece de elementos técnicos que le permitan evaluar de manera confiable su inversión para elevar sus posibilidades de competitividad y minimizar sus riesgos de pérdidas, en especial cuando estas se podrían reflejar en años, luego de ser establecidas las plantaciones, se requiere de más estudios que faciliten la toma de decisiones. Esta investigación busca establecer los indicadores ambientales más convenientes a considerar para

elegir cuál especie debe establecerse en un determinado lugar cuando no existen plantaciones similares cercanas. En ese sentido, se correlacionan los índices de sitio con factores edáficos y climáticos que pudieron influir en el desarrollo de dos especies forestales de uso común en la República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

En la investigación se utilizó el método de medición de altura y diámetro de las plantas en rodales mayores de cinco años, ubicados en las provincias de La Vega, Santiago de los Caballeros y Santiago Rodríguez, Figura 1.

Selección de especies y análisis de suelo

Las especies *Pinus caribaea* Morelet y *P. occidentalis* Swartz y así como las parcelas de productores fueron seleccionadas a partir del registro de plantaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana. Ese listado, fue ampliado y fortalecido con datos suministrados por organizaciones no lucrativas que operaban en las zonas de estudio. Se muestrearon 255 parcelas de 600 m² (13.82 m de radio) de acuerdo a lo reportado por Núñez *et al.* (2020), además se usaron los resultados de este estudio para correlacionar las especies con las variables de suelo.

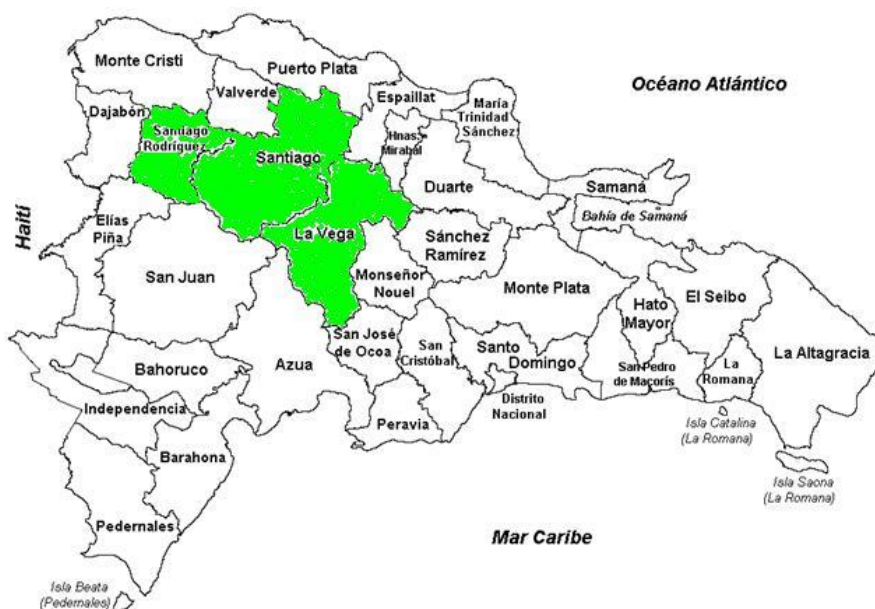


Figura 1. Mapa de la República Dominicana resaltando en verde la ubicación de la zona de estudio. Elaborado por el ingeniero José Mercedes, a partir de: <https://jmarcano.com/mipais/geografia/province/>

Descripción del *Pinus occidentalis*

El *Pinus occidentalis* es un árbol endémico de la isla de La Española, donde es la especie predominante en los bosques de pino criollo de Haití y la República Dominicana. Los pinos de La Española se encuentran mezclados con árboles de hoja ancha de 850 a 2.100 msnm (2.790 a 6.890 pies), y ocurren en rodales puros anteriores 2.100 m (6.900 pies) hasta la cumbre de 3.087 m (10.128 pies) de Pico Duarte, el punto más alto la isla, Rodríguez (2016). Puede encontrarse en tierras bajas de La Hispaniola, con bosques húmedos en medio de la ecorregión, en zonas donde predominan los suelos lateríticos pobres y ácido

De acuerdo con Rodríguez (2016) el *Pinus occidentalis* Swartz, pertenece a la familia pinacea, orden pinales, clase pinopsida, división pinophyta, del reino plantae. Su género, pertenece al grupo de los diploxylon, caracterizado por la presencia de dos haces vasculares por acícula. El mismo autor indica que la especie se distribuye entre los 100 y los 3087 msnm, mezclado con árboles de hoja ancha en las altitudes comprendidas entre los 850 y los 2,100 msnm y aparece en rodales puros a partir de los 2,100 msnm hasta alcanzar el punto más alto de la isla, 3,087 msnm.

Descripción del *Pinus caribaea*

El *Pinus caribaea*, es un árbol que puede crecer hasta 45 m de altura, tronco cilíndrico, recto o ligeramente encorvado. El tronco mide en promedio 45 cm de diámetro a la altura del pecho, aunque se puede llegar hasta 100 cm, según el Instituto Nacional de Bosques (2017). La especie puede ser encontrada en su habitat natural desde la latitud 18° 15' Norte, a lo largo de 1,000 km desde El Ejido Caobas, Quintana Roo, México, pasando por hasta la latitud 12°13' Norte en la Laguna del Pinar, Zelaya, Nicaragua. También puede encontrarse desde el nivel del mar, hasta los 1000 msnm, siendo más abundante por debajo de los 500 msnm. El rango de distribución es naturalmente discontinuo.

Datos climáticos

Para la correlación de IS con las variables climáticas como determinantes asociados al crecimiento de las especies, se ubicó data de diferentes fuentes incluyendo la provista por la Oficina Nacional de Meteorología (Onamet); sin embargo, se realizó a escala provincial debido a que las informaciones climáticas obtenidas no estaban segregadas y no permitían diferenciar las condiciones entre las localidades en las que se tomaron las muestras. Por tal razón, se realizó un análisis de regresión, en base a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982) y la diferencia altitudinal en metros sobre nivel del mar (msnm).

Metodología de medición

Se escogieron 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, su altura fuera mayor. Se registraban los datos en la hoja de campo. En cada plantación se realizó una muestra de suelo para su análisis, de acuerdo a lo descrito por Núñez *et al.* (2011) y usando la data reportada por Núñez *et al.* (2020). De estas plantaciones, se seleccionó al azar un grupo representativo para realizar la descripción del perfil de suelo mediante calicatas y tomar muestras de suelo.

Metodología para el análisis de correlación y análisis de datos

La investigación sobre los IS, se realizó en las provincias La Vega, Santiago de los Caballeros y Santiago Rodríguez. Se usó las especies *Pinus caribaea* Morelet y *P. occidentalis* Swartz, con edad superior a los cinco años. Los IS fueron relacionados con los factores edáficos, topográficos y climáticos y las descripciones de los perfiles de suelos, provenientes de los registros de campo de las zonas de muestreo, así como también con los resultados de laboratorio.

En cada plantación evaluada se tomó una muestra de suelo para el laboratorio a una profundidad del suelo entre 0 a 30 cm, según lo descrito por Núñez *et al.* (2011). En un 20 % de ellas se realizó una calicata, resultados reportados en Núñez *et al.* (2020).

Los resultados fueron categorizados y sometidos a un análisis de correspondencia múltiple o multifactorial con el programa estadístico SAS, fueron correlacionados con los IS obtenidos. A partir de Ibáñez (2007), Pavón-Chocano (2003), Molina (2007) y Arévalo *et al.* (2008). El análisis e interpretación de las interrelaciones entre las diferentes variables influyentes con el IS (evaluadas con las herramientas SAS y Excel), se realizó a partir de un análisis multifactorial combinando los IS con los resultados de los análisis de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis multifactorial para *Pinus caribaea* (provincias La Vega, Santiago y Santiago Rodríguez)

En la Figura 2, se observa una clara diferencia geográfica de las plantaciones, donde Santiago representa la provincia intermedia entre La Vega y Santiago Rodríguez. Se forma una línea recta ascendente de los IS predominantes, siendo bajo en Santiago Rodríguez, medio en Santiago y alto en La Vega, Figura 3.

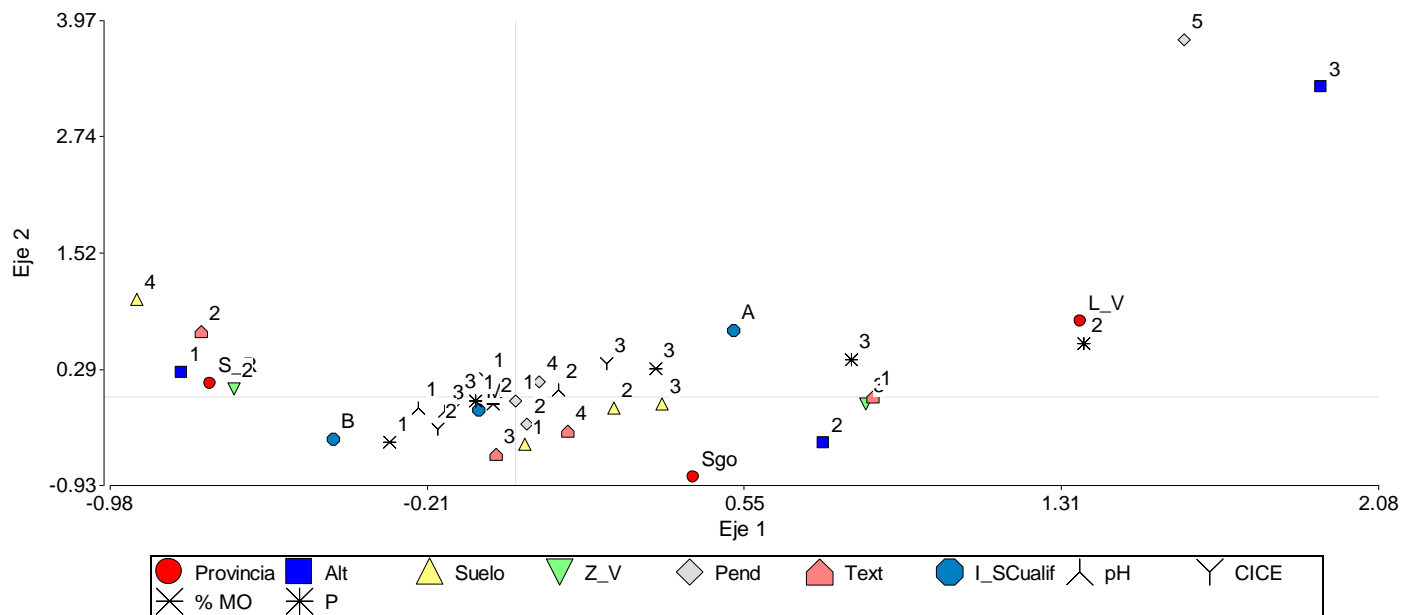


Figura 2. Gráfico de los resultados del análisis multifactorial para *Pinus caribaea* para las tres provincias en estudio.

En correspondencia con los resultados, la tendencia se corresponde con la ubicación altitudinal de la plantación, el contenido de fósforo (P) y la profundidad del suelo. Esto permite plantear que en el caso del *Pinus caribaea* el IS aumenta al incrementarse el contenido de P y la profundidad del suelo. De acuerdo con Bueis *et al.* (2016), los parámetros físicos, químicos, bioquímicos y fisiográficos del suelo, son factores fundamentales en la determinación del IS para plantaciones de *Pinus silvestris* L., en las mesetas ácidas en el norte de España.

Se debe destacar el estudio con modelos de predicción del índice de sitio realizado para abeto de Noruega (*Picea abies* L. Karst.) y pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) desarrollado en Noruega a partir de datos del Inventario Forestal Nacional de Noruega, Sharma *et al.* (2012), usando varios modelos de regresión lineal múltiple con diferentes combinaciones de sitio y variables climáticas con el objetivo de facilitar su aplicación a una variedad de situaciones en las que la accesibilidad de datos explicativos difería. De acuerdo con los autores, los mejores modelos para predecir el IS incluían el año de plantación, la suma de temperaturas y la precipitación con los tipos de vegetación, la profundidad del suelo, exposición, la pendiente y la latitud. Con esta información los modelos desarrollados explicaron la variación total (R^2 adj: $\frac{1}{4}$ 0:86 y 0.72 para abeto y pino, respectivamente), con poca variación residual (RMSE_2.04 y 1.95 m para abeto y pino, respectivamente).

Sierra *et al.* (2017), modelando hábitats potenciales para plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barrett y Golfari, en el occidente de Cuba, muestran que la distribución potencial en el occidente de Cuba y la Isla de la Juventud es influenciada por las variables régimen anual de las precipitaciones y temperatura media en el período más frío. Igualmente, en una investigación evaluando las clases de calidad de sitio para *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la Empresa Forestal

Integral Macurije, González-Izquierdo *et al.* (2013), modelando los datos se encontró que el modelo explicaba el 30% de la variación de la calidad de sitio. Olivera *et al.* (2014), indican que en el caso de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, que utilizando los IS se puedan programar actividades silviculturales, tales como: los raleos y limpiezas de mantenimiento, así como tener la estimación de los volúmenes de existencia al momento del aprovechamiento planificado.

En México, Martínez-Salvador *et al.* (2013), realizaron estudios para identificar la influencia de variables de suelo, clima y relieve sobre el crecimiento de *P. arizonica* y *P. engelmannii* en el sur de Chihuahua. Mediante un análisis discriminante canónico (ADC), encontraron que existen diferencias multivariadas entre las calidades de estación, con alta influencia de la pendiente, disección vertical, profundidad de suelo y temperaturas. Es decir, que los IS son afectados por condiciones de suelo y clima, lo que ocurre con la variabilidad de los IS en las plantaciones evaluadas en República Dominicana. Martínez-Salvador *et al.* (2013), concluyeron que los índices de sitio permiten definir niveles de productividad en la zona de distribución, así como identificar las variables con mayor relación sobre la productividad de los sitios.

Bueno-López *et al.* (2015), desarrollaron las ecuaciones de IS con el fin de evaluar la calidad del sitio para la producción de *Pinus occidentalis* en tres zonas productoras de madera de República Dominicana: 1) Jarabacoa, 2) San José de Las Matas y 3) Restauración. Además, analizaron los principales factores edáficos y fisiográficos que afectan la calidad de los sitios intervenidos y relacionarlos mediante modelos de regresión al índice de sitio correspondiente. En base a sus resultados concluyen que no se encontraron diferencias significativas entre IS promediados/parcela en cada localidad, pero sí se obtuvo una correlación significativa entre el IS, altura sobre el nivel del mar y exposición, respectivamente. Una correlación significativa fue también encontrada entre IS y el contenido de MO, Na⁺ y K⁺.

Las variables elevación sobre el nivel del mar y azimuth resultaron estadísticamente significativas y pueden utilizarse para predecir el potencial productivo de lugares donde no existen árboles. La estimación del potencial productivo mediante variables edáficas y fisiográficas para los rodales naturales de *P. occidentalis* Sw. en las regiones productivas, constituye una herramienta indispensable en el manejo sostenible de estas áreas boscosas, Dobler y Torres (1999). Las curvas obtenidas en este estudio son muy similares a las obtenidas en el presente estudio a partir de la edad de 40 años, ya que el IS promedio presentado es de 22.84. Bueno *et al.* (2011), presentaron resultados de crecimiento y producción de la especie *P. occidentalis* Sw, coincidiendo que el IS de la especie, este varía con el tipo de suelo. Se plantea en este estudio un sistema de predicción de distribuciones diamétricas para dicha especie en La Sierra, República Dominicana.

En sentido general, Bueno-López *et al.* (2015), reportan que este tipo de bosque se desarrolla adecuadamente por encima de los 800 msnm y son la única formación boscosa por encima de los 2,100 m. En tierras bajas, el pino criollo se desarrolla particularmente en suelos lateríticos y climas

muy húmedos. Tiene la capacidad de crecer en suelos infértiles, ácidos, superficiales debido a que son capaces de establecer relaciones simbióticas con ectomicorrizas.

De las especies seleccionadas para evaluar, se encontraron suficientes muestras para las especies *Pinus caribaea* y *P. occidentalis*. El análisis multifactorial permite discriminar las relaciones o influencias existentes entre una serie de variables o factores que participan en un determinado fenómeno y mostrar a que se le podría atribuir la respuesta, mayor responsabilidad o participación explicativa. De esa forma se puede identificar al principal o las principales causales de la variable de interés, en este caso, es el IS. Se consideró que, por las pocas variaciones entre los IS regionales y provinciales para las especies evaluadas, el análisis multifactorial a nivel regional, sería suficiente para mostrar las probables respuestas de comportamiento, en función de las especies.

Análisis multifactorial para *Pinus occidentalis* (provincias La Vega, Santiago y Santiago Rodríguez)

La especie *Pinus occidentalis*, mostró correlación de los IS con la altitud, el contenido de P, la zona de vida y la profundidad del suelo, Figura 3. Los IS más altos se encuentran en la provincia La Vega, mientras en las provincias Santiago y Santiago Rodríguez son similares e inferiores a los de La Vega. Un bajo IS podría estar asociado directamente con la baja profundidad del suelo, altitud próxima al nivel del mar y bajo contenido de P.

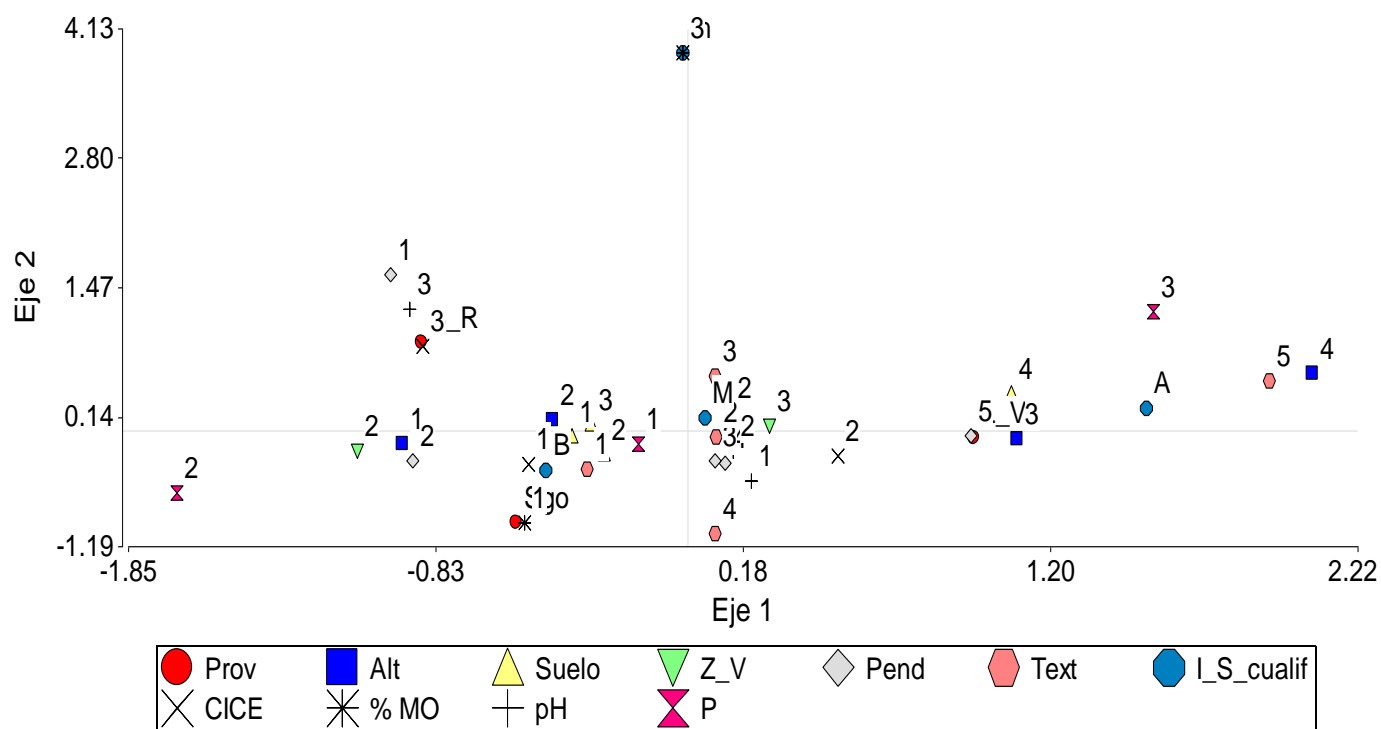


Figura 3. Gráfico de los resultados del análisis multifactorial para *P. occidentalis* en las tres provincias en estudio.

En la Figura 4, se observa que el suelo en Santiago Rodríguez es más profundo en comparación con la Vega y Santiago, mientras la CE fue similar en las tres provincias. El porcentaje de MO, la altitud y la humedad del suelo son mayores en La Vega, e inferiores a las demás provincias, esto guarda relación con la zona de vida existente. Se produce una correlación directa entre los factores anteriormente citados y las zonas de vida, tal como lo planteó Odum (1985). Por lo tanto, todas las variables supra indicadas, están íntimamente relacionadas con dos factores: 1) disponibilidad de agua en el suelo y 2) requerimientos de agua por la especie considerada.

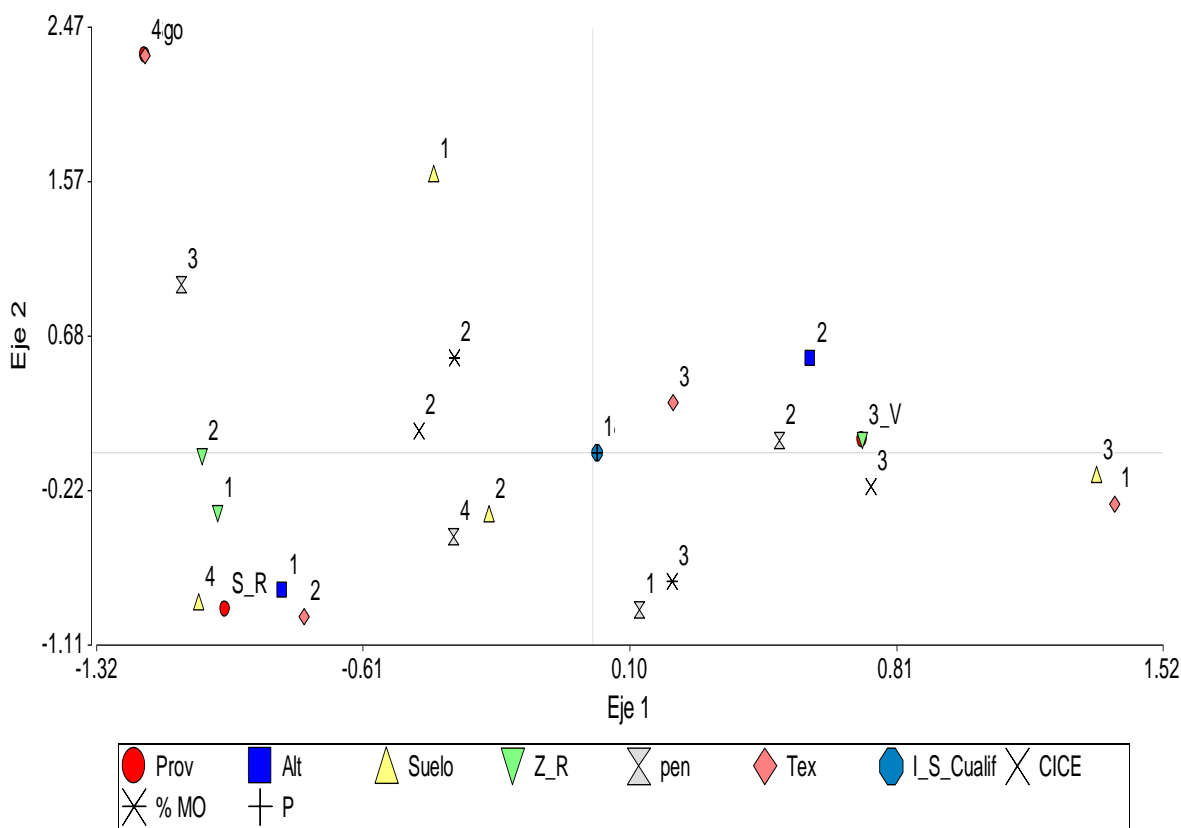


Figura 4. Resultados del análisis multifactorial para *Pinus occidentalis*.

Los análisis presentados para los gráficos anteriores en función de las variables consideradas muestran una tendencia explicativa de los comportamientos de los IS para estas especies. En base a estos resultados es necesario analizar las implicaciones que conllevan cuatro (4) de las variables evaluadas (profundidad, pendiente, altitud y zona de vida). Las primeras son importantes en especial por su relación con la capacidad de almacenamiento de nutrientes y agua; y las restantes, por su afinidad con la temperatura y la humedad relativa.

CONCLUSIONES

Los IS para las especies evaluadas guardan una relación con las variables altitud, zona de vida, profundidad del suelo, pH, contenido de P y MO. La zona de vida y la altitud mostraron la mayor influencia en los IS para las dos especies evaluadas. El juego de variables medidas en el estudio ocultan la influencia del factor humedad del suelo, de acuerdo al análisis multifactorial, este se refleja a medida que la zona de vida se hace más húmeda o aumenta la altitud, siendo los IS obtenidos mayores.

En la especie *Pinus caribaea* los factores químicos del suelo más influyentes fueron el pH y contenido de P, y el factor físico fue la profundidad. Por lo que, el IS fue afectado por estos factores en la especie. Mientras en la especie *Pinus occidentalis*, le afectaron además la altitud, contenidos de MO y la zona de vida. En las especies evaluadas se refleja que, a medida que la zona de vida se hace más húmeda o que hay un aumento en la altitud, los IS obtenidos son mejores. Se desprende de este señalamiento que el único elemento común en todos los casos es la humedad. En base a los resultados obtenidos, se recomienda una mayor profundización en IS en otras especies forestales y provincias de la República Dominicana, considerando las zonas de potencial para la foresta comercial.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al doctor Santiago Bueno López, Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (PUCMM), por su colaboración en la selección del modelo estadístico usado. 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 Ing. 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. Al Comité Técnico del Centro Norte del Idiaf por sus aportes en la revisión de la publicación y al ingeniero Joaquín Caridad del Centro de Producción Animal del Idiaf, por la revisión del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, G.; Castellanos, M.; Cruz, E. A. 2008: Interpretación de los resultados de un análisis de suelo. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: <http://es.slideshare.net/MyFert2010/interpretacion20de20los20resultados20de20un20analisis20de20suelo>
- Bonilla, J. 1971. La influencia del suelo y el clima en el crecimiento de los árboles en las regiones templadas. IPEF (2/3): 72-92. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr02-03/cap05.pdf>
- Bueis, T.; Bravo, F.; Pando, V.; Turrión, M. 2016. Relationship between environmental parameters and *Pinus sylvestris* L. site index in forest plantations in northern Spain acidic plateau. iForest-Biogeosciences and Forestry 9(3): 394-401. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: <https://iforest.sisef.org/pdf/?id=ifor1600-008>.
- 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. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/3848/20869ffa8a7f25fef34df94be72a54d1c614.pdf?ga=2.149657919.849738204.1655887484-1808987257.1655887484>
- Bueno-López, S. W.; Torres Herrera, J. G.; García, M. 2015: Factores edáficos-fisiográficos y calidad de sitio del *Pinus occidentalis* Sw. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. Madera y Bosques 21(3): 83-93. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61743002006.pdf>
- Clutter, J.; Fortson, J.; Pienaar, L.; Brister, G.; Bailey, R. 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. Wiley, New York, p. 333.
- Dobler, G.; Torres, J. 1999. Manejo y tablas de rendimiento de *Pinus occidentalis*. Plan Sierra. San José de Las Matas, Santiago, DO. 120 p.
- Dykstra, D. 1984. La programación matemática para la Dirección del Recurso Natural. Mc Graw-Hill. USA. 318 p.
- Gómez, E.; González-Abreu, A.; Ríos, H.; Ancizar, A. 2004. Comportamiento de los índices de sitio más empleados para *Pinus caribaea* Mor. var. *caribaea* ante algunos factores edáficos que influyen en su crecimiento y desarrollo. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: [Foresta Veracruzana 6\(2\): 19-26. https://www.redalyc.org/pdf/497/49760204.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/497/49760204.pdf)
- González-Izquierdo, E.; Barrero-Medel, H.; Carrasco-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). Ecosistema 22(3): 46-51. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/874/773>
- Hernández-Ramos, J.; García-Magaña, J. J.; García-Cuevas, X.; Hernández-Ramos, A.; Muñoz-Flores, H. J.; Samperio-Jiménez, M. 2015. Índice de sitio para bosques naturales de *Pinus teocote* Schlecht. & Cham. en el oriente del estado de Hidalgo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 6(27): 24-37. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000100003
- Hernández-Ramos, J.; García-Magaña, J. J.; Olvera-Delgadillo, E. H.; Velarde-Ramírez, J. C.; García-Cuevas, X.; Muñoz-Flores, H. J. 2014. Índice de sitio para plantaciones de *Pinus greggii* Engelm: en Metztitlán, Hidalgo, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 20(2): 167-176. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182014000200003
- Herrera, B.; Alvarado, A. 1998. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América. Agronomía Costarricense 22(1): 99-117. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308202459_Calidad_de_sitio_y_factores_ambientales_en_bosques_de_Centro_America#read
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Segunda Ed. IICA, San José, CR. 230 p. (En línea). Revisado el 16 de marzo de 2022. Disponible en: <http://www.cct.or.cr/contenido/wp-content/uploads/2017/11/Ecologia-Basada-en-Zonas-de-Vida-Libro-IV.pdf>
- Ibáñez, J. 2007. Acidez y alcalinidad (pH) o reacción del suelo. Curso de Diagnóstico de Suelos en Campo (Régulo León Arteta). Universidad Autónoma de México. Distrito Federal, MX. (En línea). Revisado el 16 de julio de 2017. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/04/24/64266>

- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2017. Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari). Paquete tecnológico forestal. Guatemala, GT. INAB. 37 p. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2802/Technical/PINO%20CARIBE.pdf
- Khouri, E.; Canga, E.; Oliveira, 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. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v1n1/v1n1a6.pdf>
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, MX. 365 p. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: http://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/crecimiento_e_incremento_klepac_dusan.pdf
- Martínez-Salvador, M.; Valdez-Cepeda, R. D.; Pompa García, M. 2013. Influence of physical variables in the yield of *Pinus arizonica* and *Pinus engelmannii* in the south of Chihuahua, México. *Madera y Bosques* 19(3): 35-49. (En línea). Revisado el 16 de julio 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/298496521_Influence_of_physical_variables_in_the_yield_of_Pinus_arizonica_and_Pinus_engelmannii_in_the_south_of_Chihuahua_Mexico
- Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. San José, CR, CIA-UCR-Amino Grow International. 8 p. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r121777.PDF>
- Núñez, P.; Pimentel, A.; Almonte, I.; Sotomayor, D.; Martínez, N.; Pérez, A.; Céspedes, C. 2011. Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea* spp.) production systems and management recommendations for the Barahona province. Dominican Republic. *Journal Soil Science and Plant Nutrition* 11(1): 127-140. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/jsspn/v11n1/art10.pdf>
- Núñez, R.; Almonte, I.; Mercedes, U. 2020. Caracterización de suelos en tres zonas forestales de República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Santo Domingo, DO. 146 p.
- Odum, E. 1985. Fundamentos de ecología. Nueva editorial Interamericana. Tercera edición en español, México, DF. 653 p. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <http://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/1028.%20Ecolog%C3%ADa.%20Odum.pdf>
- Olivera, P. A. Á.; Corona, I. M. G.; Reyes, Y. M. 2014. Determinación del sistema de raleos por índices de sitios para plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES* 2(1): 6. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5223158>
- Pavón-Chocano, A. B. 2003. Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz. Anejo III: Análisis de suelo. Universidad De Castilla - La Mancha. 8 p. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: https://www.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/AntonioPavon/05-AnejosIII.pdf
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, CR. 586 p. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/15038/CDCR21030929e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, L. 2016. Caracterización de la variabilidad de poblaciones de *Pinus occidentalis* Swartz en la República Dominicana mediante el empleo de técnicas morfoanatómicas y moleculares. Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCyT) y los proyectos de Fondos Propios del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC). (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/14208/2016000001547.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sharma, R.; Brunner, A.; Eid, T. 2012. Site index prediction from site and climate variables for Norway spruce and Scots pine in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27(7): 619-636. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.685749>
- Sierra, C.; López, G.; Sospedra, R. 2017. Modelación de hábitats potenciales de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barrett y Golfari en el Occidente de Cuba. *Avances* 19(1): 42-50. (En línea). Revisado el 16 de marzo 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/6378/637867024007.pdf>

Determinación molecular de bacterias en procesos desnitrificantes en la región arrocera norte de la República Dominicana

Juan Camejo¹, Máximo Halpay¹, Rodys Colón¹, Melvin Mejía¹ y Laura Polanco¹

Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), Santo Domingo, DO.
Correo electrónico: tomas5021@yahoo.es.

RESUMEN

En este estudio se estudian bacterias como alternativa para enfrentar la contaminación producto de las emisiones de gases con efecto invernadero, debido al uso irresponsable de los fertilizantes y su mitigación para evitar impactos climáticos. Las bacterias juegan un papel preponderante en el ciclo del nitrógeno. Por lo que con su estudio y conocimiento se puede contribuir a mitigar los efectos del cambio climático y el calentamiento global. El objetivo de esta investigación fue determinar las bacterias asociadas a los procesos de desnitrificación, de las zonas arroceras de la República Dominicana. La metodología de trabajo consistió en tomar muestras de suelos arroceros de la región norte, las cuales se llevaron al Laboratorio de Bacteriología del Centro de Tecnologías Agrícolas del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en Pantoja, Santo Domingo, donde se aislaron y sembraron las bacterias en diferentes medios de cultivos. A los cultivos puros de las bacterias identificadas morfológicamente se le hicieron extracciones de ADN genómico, se identificaron molecularmente, por secuencias de ARN ribosomal de genes parciales. De acuerdo a los resultados se logró identificar siete especies de bacterias asociadas a los procesos de la desnitrificación. Estos hallazgos confirman la asociación existente entre las bacterias y la desnitrificación de los suelos de las zonas arroceras.

Palabras claves: ARN ribosomal, cambio climático, fertilizantes.

ABSTRACT

In this study, bacteria are studied as an alternative to face pollution resulting from greenhouse gas emissions, due to the irresponsible use of fertilizers and their mitigation to avoid climatic impacts. Bacteria play a major role in the nitrogen cycle. Therefore, with its study and knowledge, you can contribute to mitigating the effects of climate change and global warming. The objective of this research was to determine the bacteria associated with denitrification processes in the rice-growing areas of the Dominican Republic. The work methodology consisted of taking samples of rice soils from the northern region, which were taken to the Bacteriology laboratory of the Center for Agricultural Technologies of the Dominican Institute of Agricultural and Forestry Research (Idiaf) in Pantoja, Santo Domingo, where they were isolated and sowed the bacteria in different culture media. Genomic DNA extractions were made from pure cultures of morphologically identified bacteria, and molecularly identified by ribosomal RNA sequencing of partial genes. According to the results, it was possible to identify seven species of bacteria associated with denitrification processes. These findings confirm the association between bacteria and soil denitrification in rice-growing areas.

Keywords: Ribosomal RNA, climate change, fertilizers

INTRODUCCIÓN

La contaminación de los cuerpos de agua con compuestos de nitrógeno (N) amoniacal derivados de las actividades humanas es objeto de preocupación a nivel mundial. Las bacterias nitrificantes no crecen eficiente ni rápidamente en cultivos axénicos convencionales debido a su carácter autotrófico el cual determina sus exigencias nutricionales, Ornelas *et al* (2012). El crecimiento acelerado de los núcleos urbanos, la explotación inadecuada de los recursos naturales y la sensibilización de la sociedad hacia la calidad ambiental, han puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar tecnologías enfocadas a prevenir los graves problemas de la contaminación de origen antropogénico. El gas producido por bacterias como el óxido nitroso (N_2O), produce gas de efecto invernadero (GEI) implicado en la destrucción de la capa de ozono (O_3). La producción de N_2O en los suelos ocurre tanto, por el proceso oxigénico de nitrificación como por el anoxigénico de desnitrificación y está sujeta a las condiciones ambientales y al tipo de manejo al que los suelos son sometidos, Bronsón *et al.* (1994).

La desnitrificación es un proceso por el cual el N en forma de nitratos (NO_3) pasa a dióxido de nitrógeno (NO_2^-), óxido nitroso (N_2O) y nitrógeno (N_2) que tienen un gran potencial en las pérdidas de N en los sistemas agrícolas. Uno de los mecanismos por el cual se pierde N y disminuye la eficiencia del aplicado a los cultivos es la desnitrificación, que consiste en la liberación de óxidos de N desde el suelo hacia la atmósfera. Uno de los gases emitidos es el N_2O . Este incrementa el efecto invernadero con concentraciones de 0.6 - 0.9 μLm^{-3} -año, Prien *et al.* (1999) y Mora *et al.* (2007).

Existen pocos estudios que cuantifiquen la producción de emisiones de óxidos nítricos y nitrosos, ni la diversidad de bacterias edáficas envueltas en los procesos de desnitrificación y nitrificación. Los suelos pierden sus propiedades de auto sostenimiento y con el paso del tiempo se transformarán en tierras con poca fertilidad, Swinton *et al.* (2007). Los insumos agrícolas aplicados se filtran a través del suelo y entran en contacto con aguas subterráneas, generándose grandes peligros para la salud de las comunidades que ingieran estas aguas contaminadas, Swinton *et al.* (2007).

El objetivo de este estudio fue determinar las bacterias asociadas a los procesos de desnitrificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de suelos las zonas arroceras de la República Dominicana estas fueron etiquetadas y se llevaron al Laboratorio de Bacteriología del Centro de Tecnologías Agrícolas del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf) en Pantoja, Santo Domingo, donde se guardaron en nevera a 8 ° C, hasta su posterior uso.

Colección de muestras de suelos

El muestreo fue realizado en la Estación Experimental Arrocería Juma, en Bonao, provincia Monseñor Nouel. Se realizaron dos muestreos de suelos en el mismo año, enero y noviembre. Se tomaron 39 muestras, una por tratamiento de 500 g de suelos cada una, a una profundidad de 15 cm por tratamiento. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas herméticas, hasta su posterior uso. Luego se pusieron frascos con 90 mL de solución de NaCl 0,85% estéril, con el objeto de hacer diluciones seriadas de acuerdo a la metodología descrita por Madigan *et al.* (2009).

Extracción de DNA a partir de cultivos puros de bacterias

Se usaron: buffer de lisis (50 mM de Tris HCl, 50 mM EDTA pH 8, 1 % de SDS y 50 mM de NaCl), proteinasa K (10 mg/ml), NaCl (5 M), TE 1X pH 8.0 (autoclavado), etanol o isopropanol absolutos a -20 ° C, Fraga *et al* (2004).

Se tomaron muestras de las cepas puras incubadas de cada placa Petri conteniendo los géneros identificados morfológicamente y se maceraron en un tubo de micro centrifuga de 1.5 ml con un pistilo y agregando nitrógeno líquido. Se agregaron 500 ul de buffer de lisis y 10 µl de proteinasa K. Se incubó a 65 ° C, con agitación cada 10 minutos en agitador vortex, por un mínimo de 2 horas. Se centrifugó a 15.000 rpm por 15 min. Se pipeteó 500 ul del sobrenadante a un tubo eppendorf de 1.5 ml estéril, evitando acarrear la fracción sólida del fondo, así como la capa superficial oleosa (si existiese). Se agregaron 300 ul de cloroformo alcohol isoamílico, se agitó brevemente y centrifugó por 15 minutos. Se pipetearon 500 ul del sobrenadante a un tubo limpio y se agregó igual volumen de isopropanol a -20 ° C, y se mezcló completamente, luego se dejó toda la noche a -20 ° C. Se recuperó el ADN hasta su posterior uso. En PCR. La calidad del ADN genómico se determinó mediante electroforesis en geles de agarosa al 2% mediante observación y comparación con (ADN Standard).

Diseño y síntesis de los cebadores

Los primers se diseñaron por los autores con el programa: Primer 3 (v. 0.4.0) " Pick Primers from a DNA sequence". Mediante búsqueda de secuencias de ARN ribosomal de genes parciales de las bacterias de interés. Las secuencias fueron tomadas del Gen Bank International Nucleotide Sequence, Data base. Compañía de elaboración de los oligonucleótidos en Invitrogen, Estados Unidos, usando como intermediaria a Bioanalytical Instrument, San Juan, PR, Tabla 1.

Tabla 1. Especies y tamaño de fragmentos encontrados, registro NCBI e iniciadores usados para este estudio

#	Especie	Tamaño de fragmento (bp)	Registro NCBI	Sec. del iniciador	Sentido	Dirección	Región del genoma
1	<i>Agrobacterium</i> sp.	350	MT071560.1	atcgtc tccaat gcccatac cgcag ctaacg cattaa aca	Positive Negativo	5" 3" 3" 5"	16S ribosomal RNA gene
2	<i>Pseudomonas denitrificans</i>	200	MK085084.1	aagc aacg cgaa gaacctta caccg gcagtct ccttagag	Positive Negativo	5 " 3" 3" 5	16S ribosomal RNA gene
3	<i>Azotobacter</i> sp.	200	LC496629.1	caccg gcagtc tcctta gag aagcaa cgcgaa gaacctta	Positive Negativo	5 " 3" 3" 5"	16S ribosomal RNA
4	<i>Beijerinckiaceae bacterium</i>	500	GU826593.1	gtcgct tgtaag ccatta attagtg gcagac gggtgag	Positive Negativo	5 3 3" 5"	16S ribosomal RNA
5	<i>Rhizobium</i> sp.	150	MN891776.1	caatattc cccact gctgcc aacata ccctttc ctgcgga	Positive Negativo	5" 3" 3" 5"	16S ribosomal RNA
6	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1000	NR_075116.1	atcata gagcgtt ggaacc ac tgacctac tctaca tgggg	Positive Negativo	5" 3" 3" 5"	5S ribosomal RNA

Fuente: Gen Bank International Nucleotide Sequence, Data base

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

La PCR se hizo con un volumen de 20 µl de volumen final con 4 µl de ADN de concentración aproximada a 20 ng, buffer 1.5 MgCl₂, 0.1 µl de cada oligonucleótido, 0.2 mm de dNTPs y 1.0 U of TaqDNA. Las condiciones de amplificación: dos m de desnaturalización a 96 °C, seguida de por 35 ciclos de 15 s a 94 ° C, temperatura del primer 55 ° C, luego 15 s a 72 ° C. Luego un ciclo final de 72 °C por 5 min.

La corrida de electroforesis y visualización

Se hicieron en geles de agarosa ultra pura al dos % con tinción de bromuro de etidio. Se hizo electroforesis con tensión de 60 v/cm, el tiempo de recorrido fue de una hora. Luego se depositó el gel en un transiluminador UV y se fotografió Sambrook *et al.* (1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aislamiento microbiológico

Las cepas bacterianas de los suelos arroceros, resultó la identificación de los microorganismos encontrados. Estas cepas fueron identificadas en su totalidad obteniendo los géneros y especies de cada una de ellas, el total de especies presentes fueron siete, las cuales se agrupan en seis géneros diferentes. Siendo *Pseudomonas* el género con mayor presencia al agrupar dos especies identificadas, Tabla 1. Especies de este género muestra que son microorganismos que tienen la capacidad de degradar compuestos fenólicos, a la que se le denomina biorremediación, Akintui *et al.* (2015).

Identificación molecular

De las seis cepas aisladas, la especie *P. denitrificans* se obtuvo una amplificación de ADN de 200 bp. Esta bacteria tiene función de reductora de nitratos, Radcliffe, *et al* (1970), Figura 1 y Tabla 1.

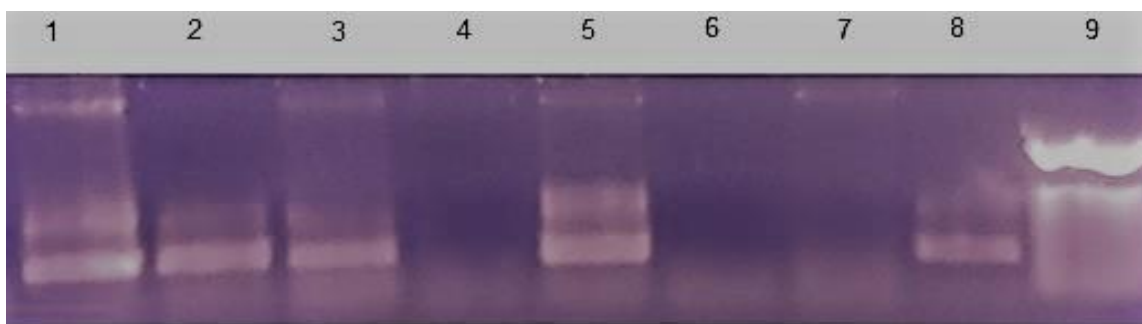


Figura 1. Gel de agarosa al 2 % presentando, muestra 1, 2, 3, 5 y 9 con banda de ADN de Aproximadamente 200 bp. Indicando presencia de bacteria Gram negativa aeróbica, (*Pseudomonas denitrificans*). Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA). Santo Domingo. 2021

La bacteria *P aeruginosa*, se obtuvo una amplificación de más de 1000 bp, Figura 2. Es una bacteria gram negativa, es común en los suelos, agua fresca, y ambientes marinos, Briand *et al*; (2002).

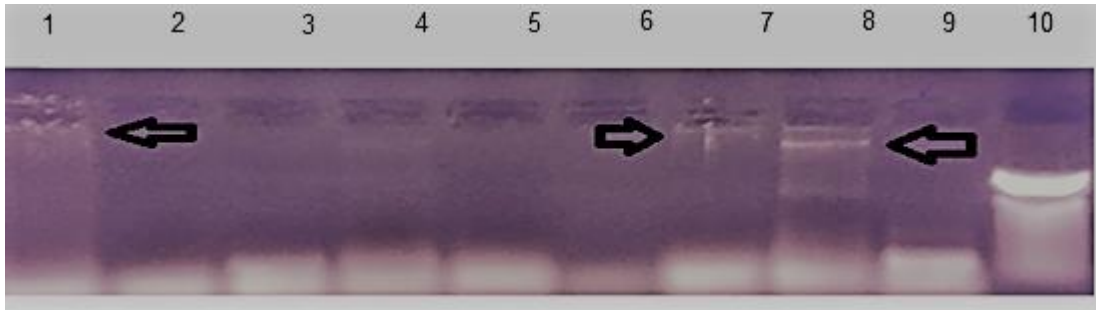


Figura 2. Gel de agarosa al 2 % presentando, muestra 1,7 y 8 con presencia de banda de de ADN, indicando presencia de bacteria Gram negativa aeróbica, (*Pseudomonas aeruginosa*). Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA). Santo Domingo. 2021

La bacteria *Agrobacterium* sp encontramos bandas de ADN de 350 bp, Figura 3. Este género de bacteria es solubilizante de fósforo se encuentra en muchos suelos precipitado en forma insoluble, no disponible para la planta. Existen microorganismos rizosféricos (Phosphate Solubilizing Bacteria) que solubilizan estos precipitados dejándolos disponibles para su absorción, Rodríguez y Fraga 1999, y produciendo una mejora en los cultivos, Zaidi *et al*. (2003). Las muestras eran provenientes de un ensayo de suelos, con el cultivo de arroz.

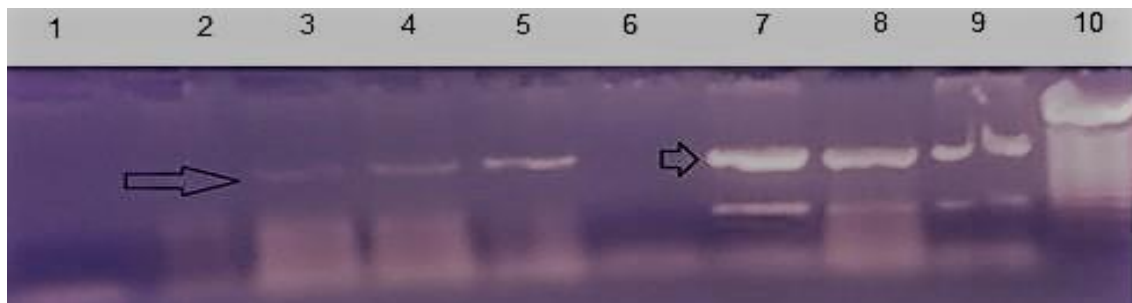


Figura 3. Gel de agarosa al 2 % presentando, muestra positiva 3, 4, 5, 7, 8 y 9 con presencia de banda de ADN, indicando presencia de bacteria Gram negativa aeróbica, (*Agrobacterium* sp.). Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA). Santo Domingo. 2021

La bacteria *Azotobacter* sp. se logró una presencia de banda de 200 bp, Figura 4. Esta bacteria es una bacteria gram negativa que tiene aplicaciones en producción de alginatos y nitrógeno. Aporta a la planta un 50 % de sus necesidades de nitrógeno y se ubica en la rizósfera del suelo.

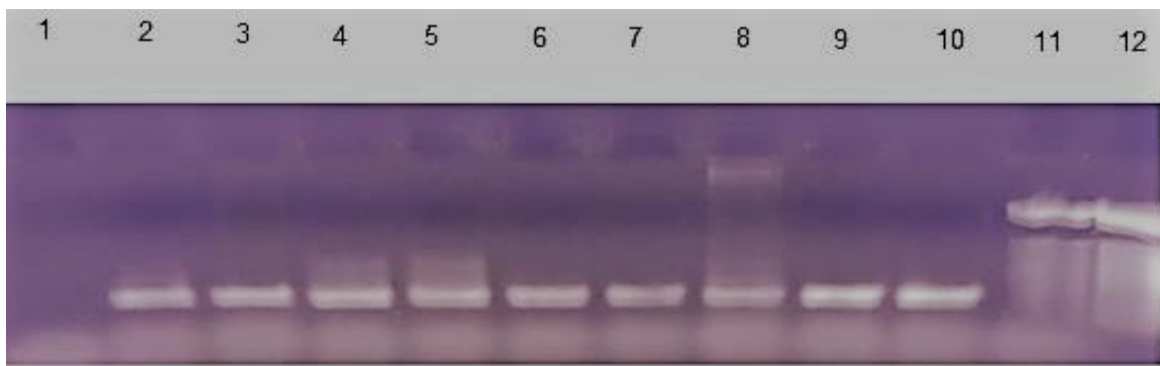


Figura 4. Gel de agarosa al 2 % presentando, muestra positiva 2 al 11 con presencia de banda de ADN de 200 bp. Indicando presencia de bacteria Gram negativa aeróbica, (*Azotobacter* sp.) Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA). Santo Domingo. 2021

La bacteria *Rhizobium* sp., se logró encontrar la presencia de una banda de aproximadamente 150 bp, Figura 5. Esta bacteria es fijadora de nitrógeno atmosférico y vive en simbiosis con las raíces. *Rhizobium* sp., promueve el aumento de los parámetros de crecimiento y desarrollo, así como los componentes de rendimiento, Rodríguez *et al* (2019).



Figura 5. Gel de agarosa al 2 % presentando, muestra positiva las muestras 3,4,6,7,8,9,10 positiva para la bacteria (*Rhizobium* sp). Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA). Santo Domingo. 2021

La bacteria *Beijerinckia* es una bacteria reductora del nitrógeno, esto debido a la gran cantidad de enzima nitrogenasa que posee. En este trabajo se logró amplificar. Se encontró una banda de aproximadamente 500 bp, Figura 6. Sobre los resultados de la bacteria *Pseudomonas sp*, no se encontraron bandas de ADN.

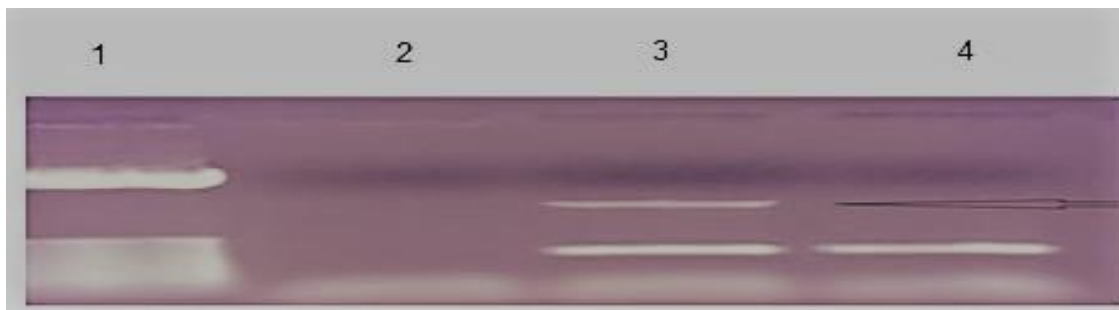


Figura 6. Gel de agarosa al 2 % presentando, muestra positiva la muestra del carril 3 Positiva para la bacteria (*Beijerinckia sp.*) Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA). Santo Domingo. 2021

CONCLUSIONES

Las bacterias encontradas en los procesos de desnitrificación fueron: *P. denitrificans*, *P. aeruginosa*, *Agrobacterium sp*, *Azotobacter sp*, *Rhizobium sp.* y *Beijerinckia sp.*

Este estudio contribuye a entender la diversidad de bacterias edáficas envueltas en los procesos de desnitrificación y nitrificación en la producción de emisiones de óxidos nítricos y nitrosos.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados presentados en este manuscrito es parte del proyecto: “Investigación del efecto de la fertilización nitrogenada en la producción de nitratos y gases con efecto invernadero por la acción de bacterias en la agricultura y desarrollo de fórmulas de fertilizantes que disminuyan su influencia en el calentamiento global”, financiado por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt) a través del Fondo Nacional de Investigación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt).

También, agradecemos a los investigadores que participaron en este proyecto: Máximo Halpay, Laura Polanco, Rodys Colón y Melvín Mejía.

LITERATURA CITADA

Akintui, M.; Alcántara, H.; Alva, A.; Castillo, H.; Huayán, J.; Llenque, L.; 2015. (*Pseudomonas fluorescens*) de suelos agrícolas degradadora del herbicida ácido 2,4 Diclorofenoxiacético. Revista Científica de Estudiantes Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. REBIOLEST 3(2): 49. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: [file:///C:/Users/jcamejo/Desktop/1699-Texto%20del%20art%C3%](file:///C:/Users/jcamejo/Desktop/1699-Texto%20del%20art%C3%91culo%20de%20Pseudomonas%20fluorescens%20de%20suelos%20agrícolas%20degradadora%20del%20herbicida%20ácido%202,4%20Diclorofenoxiacético.pdf)

Briand, Y.; Baysse, C. 2002. The pyocins of (*Pseudomonas aeruginosa*). Revista: Elsevier. Volume 84 (5 y 6): 499-510. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300908402014220>

Bronsón, K.; Mosier, A. 1994. Suppression of methane oxidation in aerobic soil by nitrogen fertilizers, nitrification inhibitors, and urease inhibitors. Biology and Fertility of Soils. Volume 17: 263–268. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00383979>

Fernando, L.; Camacho, R.; Aguilar, E.; Romero, G.; Sosa, R. 2017. Formulación de biofertilizantes a partir de aislados regionales de (*Azotobacter*) y (*Azospirillum*) y su efecto en cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en casa sombra. Mexican Journal of Biotechnology 2(2):183-195. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <file:///C:/Users/Dell/Downloads/2017-MJB-BFNitro.pdf>

Fraga, J.; Rodríguez, J.; Fuentes, O.; Castex, M; Fernández, A. 2004. Comparación entre 5 métodos para la extracción de ADN de Triatomíneos: su utilización en la técnica de ADN polimórfico amplificado al azar. Instituto de Medicina Tropical. Pedro Kouri. Rev. Cubana Med. Trop. 56 (3):208-13. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v56n3/mtr10304.pdf>

Mora, S.; Reyes, F.; Peña, J.; Moreno, J.; Chávez, L.; Huerta, H. 2007. Desnitrificación de un fertilizante de lenta liberación y urea+fosfato mono amónico aplicados a trigo irrigado con agua residual o de pozo. Rev. Int. Contam. Ambient.

23 (1) 25-33. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/26475946>

Ornelas, O.; Ruíz, Y.; Medina, L. 2012. Enriquecimiento de un inóculo de bacterias nitrificantes para ser empleado en el tratamiento de aguas residuales y evidenciando su crecimiento por medio de parámetros fisicoquímicos y bioquímicos. Facultad de Ciencias de la Salud – Universidad de Carabobo, Venezuela. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <https://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/4252/1/Enriquecimiento-de-un-inoculo-de-bacterias-nitrificantes-para-ser-empleado-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-y-evidenciando-su-crecimiento-por-medio-de-par%C3%83%C2%A1metros-fisicoquimicos-y-bioquimicos>

Prien. 1999. Programa de Investigación en Energía. Universidad de Chile. Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero del sector energía Universidad de Chile. Santiago, CL. 73 p.

Madigan, M.; Martinko, J.; Dunlap, P.; Clark D. 2009. Broca. Biología de los microorganismos. 12a ed. rev. y aum. Pearson, Addison Wesley, Madrid, Cap. 5, 117-173.

Radcliffe, B.; Nicholas, D. 1970. Some properties of a nitrate reductase from *P. denitrificans*. Revista Elsevier 205 (2): 273-287. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs>

Rodríguez, H.; Fraga, D. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances 17:319-339. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14538133/>

Rodríguez, J.; Ramos C.; Lezama, P.; Mogollón, P.; Medina, E. 2019. Coinoculación de (*Rhizophagus irregularis*) y (*Rhizobium* sp.) en (*Phaseolus vulgaris* L. var. Canario) (Fabaceae) "frijol canario". Revista: Arneloa 26(3). (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300009&script=sci_arttext

Sambrook, J.; Fritsch, E.; Maniatis, T. 1989. Molecular Cloning: A Laboratory Manual (2nd Ed.). Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455q1t3d2q\)\)/reference/](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455q1t3d2q))/reference/)

Swinton, S.; Lupi, F.; Robertson, P y Hamilton, F. 2007. Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. Ecological

Economics 64: 245-252. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222934390_Ecosystem_services_and_agriculture_Cultivating_agricultural_ecosystems_for_diverse_benefits

Vázquez, J. 2011. Identificación molecular de cuatro aislamientos de (*Pseudomonas* spp.) y caracterización del gen *phlD*. Tesis de grado. Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de microbiología industrial. Bogotá. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8816/tesis763.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zaidi, A.; Khan, M.; Amil, M. 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 19: 15-21. (En línea). Revisado el 15 de enero 2022. Disponible en:

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400121414>

Evaluación agentes biocontroladores combinados con cultivos de cobertura para una agricultura sostenible en República Dominicana

Confesora Pinales^{1,2}, Jorge Mancebo³, Willy Maurer³ y Omar Paño^{1}*

¹Instituto Tecnológico de Santo Domingo (Intec), área de ciencias básicas y ambientales, Avenida Los Próceres, #49, Los Jardines del Norte 10602, Santo Domingo, DO.

²Ministerio de Agricultura (MA), km 6 ½, Av. John F. Kennedy, Los Jardines del Norte, Santo Domingo, DO.

³Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola (IEESL), San Cristóbal, DO.

*Autor para correspondencia: omar.perdomo@intec.edu.do

RESUMEN

El uso de cultivos de cobertura ejerce efectos acondicionadores del suelo, fundamentales para recuperar la productividad del mismo. Sin embargo, el clima y el suelo presentan condiciones variables contribuyendo a que los cultivos sean susceptibles al surgimiento de enfermedades que atacan a las plantas causando deterioro económico en su producción. Generalmente los productores tienden a contrarrestar estos males con el uso del control químico, provocando mayores riesgos al ambiente, a la economía y a la sociedad. A partir de una revisión bibliográfica, en este artículo se extrae información científica sobre agentes biocontroladores combinados con cultivos de cobertura para una agricultura sostenible en la República Dominicana, buscando lograr cosechas inocuas como una técnica biológica de control, enmarcada dentro de las perspectivas del manejo integrado de plagas (MIP), que a través de los años ha probado ser eficiente. Los resultados reflejan el aumento continuo de la implementación de esta técnica de producción en sistemas agrícolas por brindar soluciones basadas en la sostenibilidad, inocuidad y seguridad alimentaria, brindando servicios ecosistémicos amigables con el medio ambiente y el entorno. No obstante, se identifican áreas que requieren de investigaciones priorizadas, ya que se desconoce la interacción potencial que hay entre los cultivos de cobertura y los organismos beneficiosos; que posibiliten fortalecer los sistemas agrícolas y potencien los servicios ecosistémicos que brindan, así como aumentar el proceso de innovación en los diferentes métodos de manejo en vía de aumentar la confiabilidad y el desempeño de estos sistemas en los productores.

Palabra claves: Interacción, biomasa, microorganismos, impacto ambiental.

ABSTRACT

The use of cover crops exerts conditioning effects on the soil, essential to recover its productivity. However, the climate and soil present variable conditions, contributing to the fact that crops are susceptible to the emergence of diseases that attack plants, causing economic deterioration in their production. Generally, producers tend to counteract these evils with the use of chemical control, causing greater risks to the environment, the economy and society. Based on a bibliographical review, this article extracts scientific information on biocontrol agents combined with cover crops for sustainable agriculture in the Dominican Republic, seeking to achieve innocuous crops as a biological control technique, framed within the perspectives of integrated management pest control (IPM), which over the years has proven to be efficient. The results reflect the continuous increase in the implementation of this production technique in agricultural systems by

providing solutions based on sustainability, safety and food security, providing eco-systemic services that are friendly to the environment and the environment. However, areas that require prioritized research are identified, since the potential interaction between cover crops and beneficial organisms is unknown; that make it possible to strengthen agricultural systems and enhance the ecosystem services they provide, as well as increase the innovation process in the different management methods in order to increase the reliability and performance of these systems in producers.

Keywords: Interaction, biomass, microorganisms, environmental impact.

INTRODUCCIÓN

La República Dominicana es impactada por la intensificación en el uso del suelo, el accionar humano y la aceleración del cambio climático, cuyos efectos, intensifican las inundaciones y sequías, las cuales causan daños a la producción agrícola lo que vulnera la seguridad e independencia alimentaria de la población (Bettiol *et al.*, 2014). En el sector agrícola se presentan serios problemas de plagas y enfermedades, Torri (2015), donde los productores contrarrestan esos males con el uso repetitivo de las mismas moléculas de plaguicidas con consecuencias no deseables, Colmenárez *et al.* (2014). En hongos biocontroladores, a pesar de ser uno de los componentes fúngicos más importantes en la agricultura, en el país no existen estudios que examinen específicamente las interacciones entre ellos y las especies de leguminosas, por lo tanto, estudios sobre la aplicación de microorganismos como medidas preventivas en cultivos de cobertura, multiplica los esfuerzos para el desarrollo de técnicas y validación de métodos de control biológicos, como hongos patógenos y bacterias en integración para un sistema de producción sostenible, Moya *et al.* (2014). Los suelos se mantienen descubiertos al no mantener los cultivos en el campo, no tienen suficiente biomasa foliar, favoreciendo la erosión y por lo tanto, no mantiene un balance en el secuestro de carbono y nutrientes contribuyendo a la contaminación ambiental, Aguirre *et al.*, (2018). En los momentos en que no hay un cultivo en producción, se necesita identificar alternativas que mantengan los suelos cubiertos y los cultivos de cobertura, al mantenerse en el campo en aquellos momentos que no hay un cultivo comercial, son la mejor opción, Patkowska *et al.* (2020).

Los beneficios de este sistema combinado podrían ser la reducción de la erosión de suelo, aumento del secuestro de carbono, mantenimiento de insectos benéficos en sistemas agrícolas y por lo tanto posterior beneficio en la productividad del cultivo a establecer, Chen *et al.* (2019), es por eso que el objetivo de este trabajo es presentar un análisis de los estudios publicados durante los últimos diez años sobre la interacción entre organismos benéficos (*Bacillus thuringiensis* ssp. Kurstaki, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin y *Trichoderma harzianum* Rifai) y cultivos de cobertura (*Canavalia ensiformis* (L.), *Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg y *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth) como estrategia para aumentar su población y disponibilidad en sistemas agrícolas en la República Dominicana.

Esta revisión de literatura responde al interés de focalizar un modelo de gestión de agricultura sostenible que minimice los impactos ambientales generados por el mal uso de los suelos y los sistemas agrícolas disfuncionales. Estudios de esta naturaleza proyectan la necesidad de investigación en la problemática de interacción de agentes biocontroladores en combinación con

cultivos de cobertura en sistemas de producción agrícola, por no disponer en el país documentos científicos referentes al tema, que coadyuven a las autoridades gubernamentales y todos los actores del sector agrícola a una mejor toma de decisiones para la agricultura sostenible, Núñez *et al.* (2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta metodología se basa en un diseño no experimental exploratorio que realiza la búsqueda en diferentes fuentes bibliográficas sobre el tema que es evaluar la interacción entre tres organismos benéficos y tres cultivos de cobertura como estrategia para aumentar su población y disponibilidad en sistemas agrícolas en la República Dominicana. En este documento de revisión bibliográfica se utilizó la base de datos Web of Science, en el período 2012 a 2021, salvo algunas excepciones que se consideran importante para cada acápite, con las palabras claves tanto en inglés como en español: interacción, biomasa, microorganismos, impacto Ambiental/interaction and biomass and microorganisms and environmental impact, mediante el Gestor Bibliográfico EndNote para las referencias que amparan el documento de investigación en las diferentes estrategias de búsqueda, ordenados de manera cronológica. Los datos obtenidos en la búsqueda fueron manejados en el procesador de texto Microsoft Word 2010 y Excel para la elaboración de tablas y figuras, Cox *et al.* (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 131 documentos, refinados a artículos con 117, se filtró la información obtenida en los campos de áreas temáticas relacionados con las ciencias ambientales, microbiología, agronomía y micología con 67, refinados a últimos 10 años para un total de 58 artículos.

La Figura 1, muestra que en los últimos 10 años el mayor número de publicaciones se alcanzó en el 2019 y 2021, con un total de 33 para ambos años, seguido del 2016 y 2020 con 15 y 2015 y 2017 con 4. Se encontró el menor número de publicaciones en los años 2013 y 2014 llegando sólo a obtener 2 publicaciones. En el 2012 no se encontró publicaciones desplegada, por lo que no se presenta en la tabla.

Estos números trazan la tendencia de publicaciones por año del tema de investigación planteado, indicando que en los últimos años se tiene un ascenso en el interés de buscar solución a los problemas científicos que atañen a la comunidad en términos de salud vegetal y medioambiental.

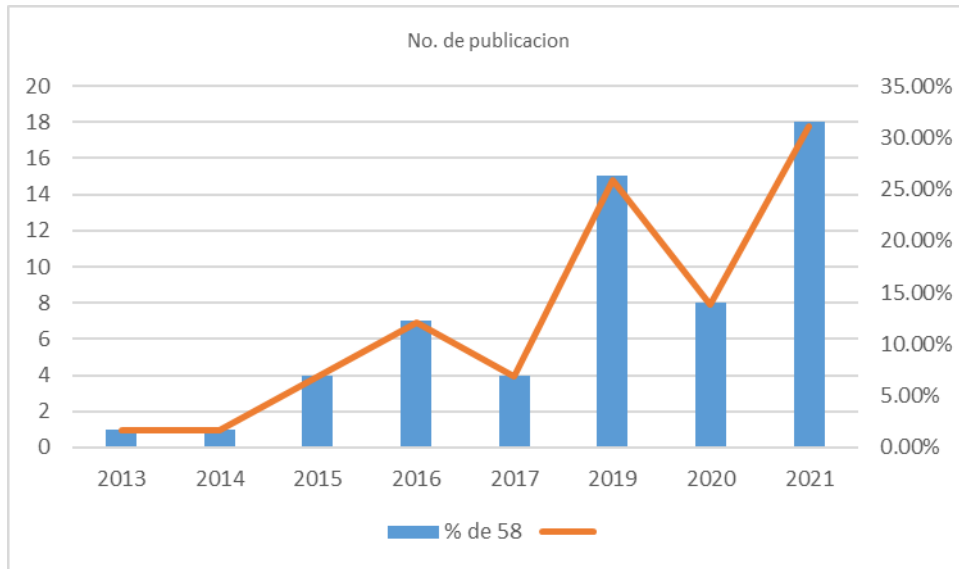


Figura 1. Distribución de publicaciones por años en el período 2012 a 2021

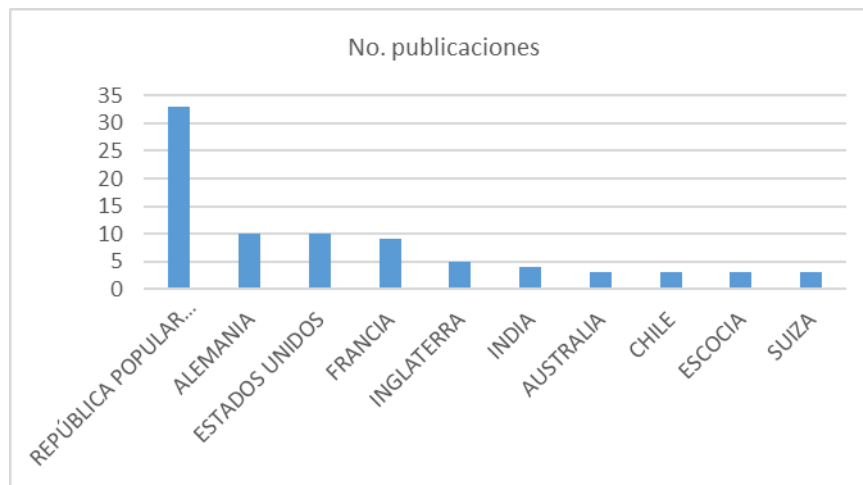


Figura 2. Distribución de artículos entre los diez países líderes en el tema de Interacción de biocontroladores y cultivos de cobertura.

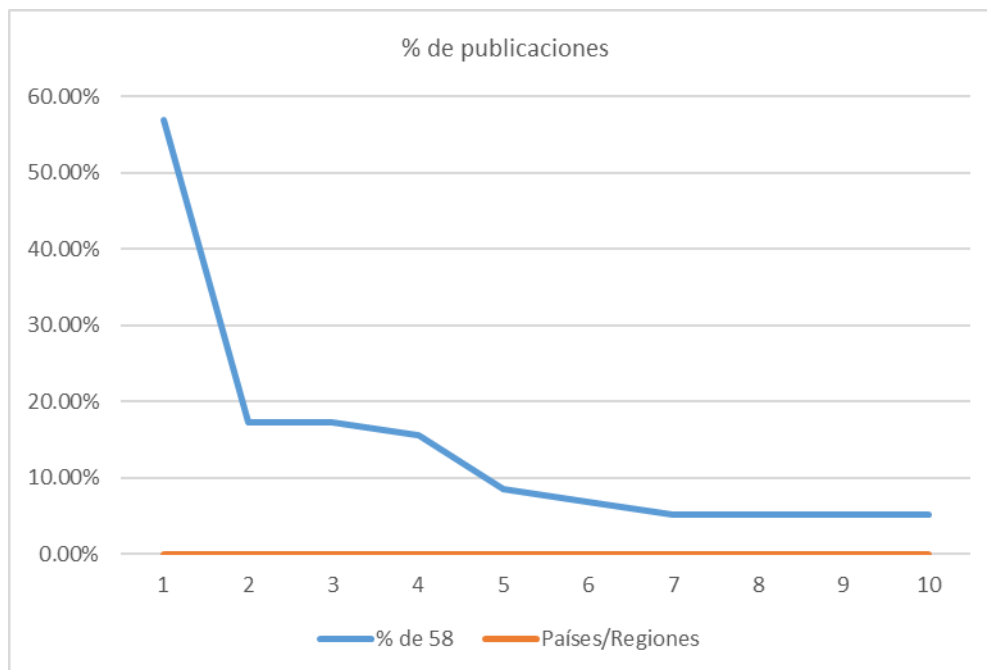


Figura 3. Distribución de artículos en porcentaje entre los diez países líderes en el tema de Interacción de biocontroladores y cultivos de cobertura.

Tabla 1. Los diez países que más publican en el período 2012 a 2021.

No.	PAÍS
1	REPÚBLICA POPULAR DE CHINA
2	ALEMANIA
3	ESTADOS UNIDOS
4	FRANCIA
5	INGLATERRA
6	INDIA
7	AUSTRALIA
8	CHILE
9	ESCOCIA
10	SUIZA

Los países que más publican en el tema, Tabla 1, y porcentajes, se muestran en las Figuras 2 y 3, indicando que el mayor número de publicaciones se alcanzó en la República Popular de China, Estados Unidos de América y Alemania, con 33, 10 y 10, respectivamente, seguido de Francia, Inglaterra e India con 9, 5 y 4. Estos números trazan la perspectiva de publicaciones por país del tema relacionado con la tesis a partir de las palabras claves seleccionadas.

3.1.- Sistemas de cultivo de cobertura de leguminosas en combinación con agentes biológicos beneficiosos

En el sector agrícola existen un grupo de microorganismos que ha ganado especial atención debido a su potencial para proteger a las plantas contra patógenos fúngicos, Latz *et al.* (2015), quien además, realizó estudios sobre la influencia de la actividad de las bacterias de control biológico en la producción de compuestos antifúngicos afirmando que la información sobre las interacciones entre plantas y microbios se basa principalmente en monocultivos de plantas. Recientemente, se han descrito métodos para comprender el funcionamiento de las comunidades de plantas y mejorar las estrategias de cultivo intercalado, así también la publicación de datos importantes que afirman que existe un grupo de cultivos que tienen raíces muy ramificadas con una biomasa más alta que otros grupos funcionales de plantas, lo que proporciona más hábitat para las bacterias asociadas a las raíces, pero también aumentando el área de ataque de hongos patógenos, Angelina *et al.* (2020).

Los microorganismos son los responsables de llevar a cabo gran parte de las funciones del suelo y juegan un rol primordial en los ciclos biogeoquímicos, desarrollan mecanismos para defenderse de sus enemigos como son las armas químicas y la formación de cristales en el micelio, Martínez (2020). Aviléz (2021), indicó que las especies de *Pseudomonas* pueden suprimir el crecimiento de patógenos del suelo al inducir la resistencia sistémica de la planta y al producir antibióticos y sideróforos o desempeñar un papel vital en el crecimiento de la planta al modificar las concentraciones de fitohormonas de la planta. Al mismo tiempo, Gregorutti *et al.* (2021), estudiaron el efecto de cultivos de cobertura y adiciones de enmiendas orgánicas, aplicados en la superficie del suelo y sin la presencia de una cobertura vegetal viva, sobre la abundancia y actividad de microorganismos nitrificantes y celulolíticos, donde les permitió identificar el efecto de la adición del residuo de cultivos de cobertura y enmiendas orgánicas, sobre la dinámica de los microorganismos en estudio.

Núñez *et al.* (2021), realizaron la caracterización de micorrizas autóctonas en suelo y raíces provenientes de fincas ganaderas en Montecristi, República Dominicana, evaluando las variables respuestas de número de esporas y el porcentaje de colonización de micorrizas, donde se encontró presencia de esporas de hongos micorrízicos en suelo y raíces, identificaron 9 morfotipos de esporas, de los cuales caracterizaron tres géneros: *Glomus*, *Acaulospora* y *Gigaspora*, mediante PCR e identificaron la existencia del género *Paraglomus*.

Singh *et al.* (2020) informó que las bacterias que fijan el nitrógeno del suelo contribuyen de manera importante a la productividad primaria y su población se ve significativamente afectada por las aplicaciones de agroquímicos; fijan grandes cantidades de nitrógeno biológicamente convirtiendo aproximadamente 200 millones de toneladas de nitrógeno en amoníaco en todo el mundo cada año.

Las especies de *Trichoderma* en varios cultivos, son eficaces en el control de las enfermedades transmitidas por el suelo y las semillas. El potencial de *T. harzianum* como agente de biocontrol en especies de leguminosas ha sido ampliamente estudiado para reducir la contaminación por patógenos del suelo, Neelipally *et al.* (2020). Todd (2019) describe la actividad biológica de la 6-pentil-apirona, un metabolito secundario producido por *T. harzianum* que ha estado involucrado como regulador del desarrollo de las plantas. Bácmaga *et al.* (2020), indicaron que los insecticidas, alteran la composición de la microfauna del suelo, ocasionado el empobrecimiento de los mismo y, por ende, la reducción en la capacidad de producción. Así mismo, Neuwirthová *et al.* (2019), corroboran con Bácmaga informando que los fungicidas redujeron la abundancia de especies de *Bacillus* en un 63 % o afectaron negativamente las poblaciones de hongos y bacterias del suelo, los residuos de plaguicidas podrían permanecer en el suelo durante un largo período después de su aplicación.

Bizos *et al.* (2020), describió el uso de bacterias y hongos como inoculantes para mejorar la producción de cultivos es un enfoque sostenible que han alcanzado gran auge en los últimos años, ya que la inoculación con microorganismos beneficiosos puede reducir los requisitos de fertilizantes y pesticidas químicos. Seguel *et al.* (2015), en un estudio de inoculación del suelo con rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas demostró tener efectos beneficiosos sobre el crecimiento de las plantas e identificó los géneros que se utilizan con mayor frecuencia en la agricultura sostenible. Pedraza *et al.* (2020) demostró que las especies de *Bacillus* también pueden aumentar la concentración de nutrientes esenciales del suelo, como P y N, al convertir compuestos de nutrientes complejos en formas disponibles más simples y fácilmente accesibles para las raíces de las plantas.

Otros estudios concluyeron que los inoculantes a base de *Bacillus* y *Pseudomonas* han presentado resultados prometedores para el rendimiento del cultivo alcanzando un impacto significativo en la comunidad microbiana del suelo al estar involucrados en una amplia gama de interacciones con otros microbios como competencia, la sinergia o las interacciones presa-depredador, Meneses (2020).

Las leguminosas tienen un papel destacado en el mantenimiento de la productividad agrícola, se cultivan debido a su capacidad para interactuar con las bacterias fijadoras de nitrógeno y, también, se pueden usar en sistemas de rotación para controlar plagas, enfermedades y malezas, Lussich (2020). Neelipally *et al.* (2020) indicaron que el monocultivo consecutivo puede causar una disminución constante de la productividad, así como el aumento en la susceptibilidad a las enfermedades.

González (2020) realizó aislamientos de esporas de micorrizas autóctonas para su selección y clasificación, procedentes de fincas ganaderas de Montecristi, República Dominicana. Se determinó la mayor presencia de esporas en fincas determinadas y la presencia de propágulos formadores de

micorrizas y otras estructuras similares como vesículas e hifas, así como similares a los géneros *Glomus* sp. y *Acaulospora* sp.

En el año 2019, se realizó un estudio donde se analiza la situación de la producción de banano orgánico y el uso de leguminosas forrajeras y se evidencio que el 66.7 % de los productores de bananos usan cobertura de leguminosas. Este trabajo, además, indica que las plantas de cobertura más utilizada son: *Canavalia ensiformis*, *Arachis pintoii*, *Vigna unguiculata*, *V. pedunculares* y *Pueraria phaseoloides* Soriano y Díaz (2019). Cardoza *et al.* (2019), informó un aumento del rendimiento cuando los cultivos de leguminosas fueron inoculados con rizobio, a pesar de que Huang *et al.* (2013) señalaron que el cultivo continuo en el mismo terreno resulta en un rendimiento reducido. Figueredo (2018), demostró que la fertilización con nitrato previene la infección del vello radicular y el inicio, desarrollo y formación de nódulos; datos confirmados por Neelipally *et al.* (2020), cuando encontraron que las raíces de estos cultivos secretan una variedad de metabolitos involucrados en la defensa de las plantas y en las interacciones estimulantes o inhibitoras con otros microorganismos del suelo.

Pansu *et al.* (2018) propusieron un método de modelado centrado en el funcionamiento de los organismos vivos para calcular los parámetros de flujo utilizando datos sobre las existencias de N en los descomponedores, los órganos de las plantas, los microorganismos simbióticos y los compartimentos del suelo.

Sánchez (2018) evaluó el efecto biocontrolador de cepas de actinomicetos frente a *Rhizoctonia solani* y la estimulación del crecimiento en frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Además, González (2018) determinó el contenido de materia orgánica del suelo con el uso de la técnica de espectroscopia de reflectancia en el visible e infrarrojo cercano en áreas cultivadas con boniato. Penon (2018), informa que las prácticas de agricultura orgánica ayudan en la fertilización del suelo, aumentar la actividad y biomasa microbiana y a elevar la diversidad microbiana del suelo, afectando así los microbios del suelo en su estructura. Lerna *et al.* (2019) trataron la necesidad de alternativas viables más respetuosas con el medio ambiente a los fertilizantes tradicionales para elevar la productividad y mejorar la calidad del suelo, demostrando que éstas van en aumento.

Alori *et al.* (2017), determinaron que los inoculantes a base de *Bacillus* han demostrado propiedades de biocontrol al inhibir el crecimiento de patógenos de plantas debido a la secreción de compuestos antifúngicos o toxinas, o al inducir la planta a activar sus mecanismos de defensa a través de la síntesis de hormonas de crecimiento vegetal. También, Alemán (2017) evaluó la respuesta varietal y un tratamiento a las semillas sobre enfermedades fúngicas en el cultivo del maní (*Arachis hypogaea* L). Adicionalmente, Mayer-Wolfarth *et al.* (2017) realizaron un experimento para investigar los efectos de biocontrol e interacción de miembros importantes de la red alimentaria del suelo, demostrando mayor eficiencia con la presencia de organismos. Bowles *et al.* (2017) en sus estudios, demostraron que los cultivos de cobertura aumentaron el C y el N totales del suelo; Bowles *et al.* (2017) reportaron efectos positivos de los cultivos de cobertura en la colonización microbiana. Venter *et al.* (2016) utilizaron el índice de diversidad de Shannon para medir los efectos de la rotación de cultivos en la diversidad microbiana del suelo, al concluir que la densidad microbiana aumenta con la diversidad de cultivos. Diaz (2016) aplicó durante varios años una alternativa de manejo agronómico del cultivo de la papa basada en la aplicación de diferentes productos biológicos. Además, Moya *et al.* (2014) encontraron que *Trichoderma* puede servir para crear sistemas de manejo o control biológico de hongos fitopatógenos que afectan principalmente el sistema radicular de los cultivos.

Burbano-Orjuela (2016) afirmó que la supervivencia y el papel de los microorganismos del suelo son importantes para los ecosistemas del suelo porque participan en procesos clave, como el ciclo de los minerales, la descomposición de los desechos orgánicos, la formación de la estructura del suelo y la eliminación de toxinas. Asimismo, algunos reportes indican que varias prácticas de gestión agrícola convencionales, como el uso extensivo de pesticidas, tienen un impacto significativo en el medio ambiente, Mondino (2016), aumentando el efecto invernadero, (Edenhofer 2015), reduciendo la biodiversidad y aumentando la toxicidad en la cadena alimentaria. Estas prácticas pueden tener serios impactos en el medio ambiente del suelo y , específicamente, en los microorganismos que lo componen.

En otros estudios, Latz *et al.* (2015), indicaron que en las interacciones planta-patógeno, las bacterias de biocontrol juegan un papel crucial en la promoción de la productividad de la planta al reducir la presión del patógeno, La diversidad de plantas impulsa la densidad microbiana a través del aumento de la biomasa vegetal, aumentando así el hábitat y los recursos de las bacterias asociadas a las raíces. La producción de compuestos de biocontrol por parte de bacterias mejora en comunidades de plantas más diversas. Según Heredia *et al.* (2014) los hongos son cambiantes por lo que se espera que exista interacción con otras comunidades asociadas, que resulta importante en el análisis de organismos que están relacionados entre sí.

Los agentes biocontroladores del suelo influyen, además de la adquisición de nutrientes en la protección de las plantas de otros agentes dañinos, del mismo modo, mejoran las respuestas inmunitarias de las plantas y la tolerancia al estrés y mejoran el crecimiento de las plantas, Bardon *et al.* (2014). Trabelsi *et al.* (2013), señalaron que, durante los últimos años, se han realizado estudios para investigar el efecto de los inoculantes en diversas variedades en busca de aumentar la productividad y la calidad nutricional de las plantas, facilitar la absorción de nutrientes y controlar las plagas. Adicionalmente, se estudia intensamente la selectividad de las especies de plantas en la formación de comunidades microbianas, demostrando que los efectos de las plantas sobre la eficacia de los microorganismos biocontroladores están terciados por cambios inducidos por las plantas en dichas comunidades, Bakker *et al.* (2012). Eisenhauer (2012) reporta que los efectos de los microorganismos del suelo en el crecimiento de las plantas, como los efectos positivos a través del suministro de nutrientes o los efectos negativos a través de la presión de patógenos, dependen de la diversidad de plantas.

Los microorganismos son los responsables de llevar a cabo gran parte de las funciones del suelo y juegan un rol primordial en los ciclos biogeoquímicos, la degradación de la MO y la promoción del crecimiento vegetal, entre otros, por lo que cualquier disturbio sobre estos, afectará los procesos del ecosistema edáfico, emanando en perjuicios ambientales tales como: la contaminación de la napa freática, la emisión de GEI y la pérdida de nutrientes, Brussaard (2012).

La población microbiana del suelo sirve, además, como reservorio genético, con gran diversidad que aloja un gran potencial biotecnológico. La actividad microbiana es capaz de alterar su entorno y éste,

regular su actividad, por tanto, el alterar el ambiente edáfico repercute sobre las diversas funciones llevadas a cabo en la microbiota del suelo, Bodelier (2011). Peidong *et al.* (2012) reportaron que la secreción continua de exudados por las raíces de especies de leguminosas afectó la diversidad microbiana en el suelo, pero no contribuyó a la acumulación de niveles de ácidos fenólicos que podrían ser fitotóxicos.

4.- Perspectivas en investigaciones y desarrollo de sistemas sostenibles

Según los resultados analizados en este artículo, la propuesta de evaluar la interacción entre tres organismos benéficos y tres cultivos de cobertura como estrategia para aumentar su población y disponibilidad en sistemas agrícolas serán pioneros en el país y servirán para evaluar alternativas de reducción de emisiones, así como la captura de carbono que tendrá en el tiempo, un impacto ambiental positivo.

Con la realización de este trabajo se espera generar datos científicos que provean informaciones útiles para el manejo de una agricultura sostenible en la República Dominicana, por lo que los resultados obtenidos en esta revisión se utilizarán como medio de verificación conjuntamente con la presentación de trabajos científicos tanto nacional como internacional. Se realizaran charlas y conversatorios con productores a nivel nacional en apoyo a los proyectos de capacitación del Ministerio de Agricultura y se aportará en la aplicación de políticas de cambio y uso sostenible de los suelos cultivados.

Según los autores de esta revisión, las investigaciones y las aplicaciones de los cultivos de cobertura en interacción con organismos beneficiosos se dirige en los próximos años a maximizar la eficiencia de los sistemas de producción, implementando técnicas acordes con el medio ambiente.

Estos datos animan a realizar nuevos estudios de campo para evaluar la interacción de agentes biocontroladores con cultivos de cobertura para una agricultura sostenible en la República Dominicana, basado en el concepto de mejorar el agroecosistema con una dependencia mínima de insumos agroquímicos y energéticos, en el que las interacciones microbianas sinérgicas proporcionan al sistema, con el mecanismo para apoyar la fertilidad del suelo y proteger los cultivos.

CONCLUSIONES

Este estudio subraya la importancia de la evaluación de agentes biocontroladores en combinación con cultivos de cobertura para una agricultura sostenible en la República Dominicana. Las variables de expresión de interacción entre organismos y algunas especies de plantas, como *Canavalia ensiformis*, *Arachis pintoi* y *Pueraria phaseoloides* impactó consistentemente en un mejor sistema de producción. Los resultados sugieren que las plantas pueden administrar actividades microbianas específicas con importantes consecuencias para la salud de las plantas. Las especies de leguminosas estudiadas mejoran la productividad de las plantas a través de la simbiosis entre

bacterias que fijan nitrógeno y el aumento de la producción de biomasa. Para evaluar la dimensión del resultado de la presión patógeno-planta, se necesitan nuevos estudios.

Estos resultados indican que este tema de investigación sigue siendo una línea activa de investigación en aumento, vistas las publicaciones de los últimos 10 años, movido por las facilidades de esta tecnología que se hace necesaria en el día a día para estimular este campo en el país. Se recalca sobre el tema de la sostenibilidad en sus dimensiones, teniendo en cuenta la necesidad de los países de reducir la contaminación ambiental de los suelos, fomentando el uso de organismos beneficiosos que contribuyan con esta causa, con la seguridad alimentaria y otros grupos biológicos.

Se refleja que en la República Dominicana no se dispone de información sobre la interacción potencial que hay entre los cultivos de cobertura y los organismos beneficiosos, se desconoce si es posible establecerlos y si fuese posible, hay que identificar los factores incidentes, es por eso que se hace necesario continuar trabajando este aspecto.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo estuvo dentro del marco del Programa Doctoral de Ciencias Ambientales del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (Intec), Santo Domingo, República Dominicana.

LITERATURA CITADA

Aguirre, N.; Alvarado-Espejo, J.; Granda-Pardo, J. 2018. Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2). (En línea). Revisado el 1 de marzo 2022. Disponible en: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/499/394>

Alori, E.; Glick, B.; Babalola, O. 2017. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 8, 971.

Angelina, E.; Papatheodorou, E.; Demirtzoglou, T.; Monokrousos, N. 2020. Effects of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* inoculation on attributes of the lettuce (*Lactuca sativa* L.) soil rhizosphere microbial community: The role of the management system. *Agronomy* 10(9): 1428.

Aviléz, A. 2021. *Bacteria benéfica Pseudomona fluorescens como agente de control biológico para mejorar la producción del cultivos de maíz*. BABAHOYO: UTB

Baćmaga, M.; Wyszowska, J.; Kucharski, J. 2020. Response of soil microorganisms and enzymes to the foliar application of Helicur 250 EW fungicide on *Hordeum vulgare* L. *Chemosphere* 242: 125-163.

Bakker, M.; Manter, D.; Sheflin, A.; Weir, T.; Vivanco, J. 2012. Harnessing the rhizosphere microbiome through plant breeding and agricultural management. *Plant and Soil*, 360(1): 1-13.

Bardon, C.; Piola, F.; Bellvert, F.; Haichar, F.; Comte, G.; Meiffren, G.; Poly, F. 2014. Evidence for biological denitrification inhibition (BDI) by plant secondary metabolites. *New Phytologist* 204(3): 620-630.

Bettli, W.; Rivera, M.; Mondino, P.; Montealegre, J.; Colmenarez, Y. 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe. *Embrapa Meio Ambiente-Livro científico*.

Bizos, G.; Papatheodorou, E.; Chatzistathis, T.; Ntalli, N.; Aschonitis, V.; Monokrousos, N. 2020. The role of microbial inoculants on plant protection, growth stimulation, and crop productivity of the olive tree (*Olea europaea* L.). *Plants* 9(6): 743.

Burbano-Orjuela, H. 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas* 33(2): 117-124.

Cardoza, C.; Ruiz, R. 2019. *Evaluación de la inoculación de maní (Arachis hypogaea L.) con diferentes dosis de Bradyrhizobium spp y su influencia sobre el rendimiento en el cultivo, el Viejo-Chinandega, 2018*. Universidad Nacional Agraria.

Chen, L.; Yuan, P.; Pozsgai, G.; Chen, P.; Zhu, H.; You, M. 2019. The impact of cover crops on the predatory mite *Anystis baccarum* (Acari, Anystidae) and the leafhopper pest *Empoasca onukii* (Hemiptera, Cicadellidae) in a tea plantation. *Pest Management Science* 75(12): 371-3380.

Colmenárez, Y.; Vásquez, C.; James, M. 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en el Caribe. *Control Biológico de Enfermedades de Plantas en América Latina y el Caribe*, 139 p.

Cox, J.; Lambert, J. 2010. *Microsoft Word 2010 step by step*: Microsoft Press.

Dormann, C.; Gruber, B.; Fründ, J. 2008. Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. (En línea). Revisado el 1 de marzo 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jochen-Fruend/publication/228861770_Introducing_the_bipartite_Package_Analysing_Ecological_Networks/links/0deec516d700ce520c000000/Introducing-the-bipartite-Package-Analysing-Ecological-Networks.pdf

Edenhofer, O. 2015. *Climate change 2014: mitigation of climate change* (Vol. 3): Cambridge University Press.

Eisenhauer, N. 2012. Aboveground–belowground interactions as a source of complementarity effects in biodiversity experiments. *Plant and Soil* 351(1): 1-22.

Figueredo, M. 2018. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal y patógenos fúngicos de plantas de maní: Efecto de su inoculación sobre la actividad de promoción del crecimiento vegetal y la patogénesis.

Heredia, F., Morera, G., Robledo, G., Cagnolo, L., & Urcelay, C. J. B. (2014). Interacciones entre hongos de la madera (Agaricomycete) y árboles nativos y exóticos de un ecosistema urbano (Córdoba, Argentina). 35(3), 391-398.

Huang, Y.; Han, X.; Yang, J.; Liang, C.; Zhan, X. 2013. Autotoxicity of peanut and identification of phytotoxic substances in rhizosphere soil. *Allelopathy Journal* 31(2): 297.

Ierna, A.; Mauromicale, G. 2019. Sustainable and profitable nitrogen fertilization management of potato. *Agronomy* 9(10): 582.

Latz, E.; Eisenhauer, N.; Scheu, S.; Jousset, A. 2015. Plant identity drives the expression of biocontrol factors in a rhizosphere bacterium across a plant diversity gradient. *Functional Ecology* 29(9): 1225-1234.

Lussich, F. 2020. Variabilidad de la fijación biológica de nitrógeno de leguminosas forrajeras en Uruguay: posibles causas y consecuencias nutricionales.

Meneses, E. 2020. Utilidad de los microorganismos para el control de fitopatógenos.

Mondino, A. 2016. Procesos químicos en los suelos. Su impacto en la salud ambiental. Dosis de fertilizantes, nutrientes biodisponibles en suelos agrícolas de la provincia de Santa Fe.

Moya, J.; García, S.; Avilés, E.; Andújar, F.; Núñez, P. 2014. Aislamiento de cepas de *Trichoderma* de suelos, sustratos y raíces de plantas en invernaderos en la República Dominicana. *Revista APF* 3(2): 11-16.

Neelipally, R.; Anoruo, A.; Nelson, S. 2020. Effect of Co-Inoculation of Bradyrhizobium and Trichoderma on growth, development, and yield of *Arachis hypogaea* L. (Peanut). *Agronomy* 10(9): 1415.

Neuwirthová, N.; Trojan, M.; Svobodová, M.; Vašíčková, J.; Šimek, Z.; Hofman, J.; Bielská, L. 2019. Pesticide residues remaining in soils from previous growing season (s)-Can they accumulate in non-target organisms and contaminate the food web? *Science of the Total Environment* 646: 1056-1062.

Núñez, P.; Reyes, Y.; Soto, L.; Wagner, B.; Pimentel, E.; Bueno, A.; Marcano, I. 2020. Caracterización de micorrizas autóctonas en suelo y raíces provenientes de fincas ganaderas en Montecristí, República Dominicana. *APF* 9(1): 61-74.

Patkowska, E.; Mielniczuk, E.; Jamiolkowska, A. 2020. The Influence Of Cover Crops And Antagonistic Fungi On The Healthiness Of Carrot (*Daucus Carota* L.). *Scientific Papers-Series B-Horticulture* 64(2): 223-226.

Pedraza, L.; López, C.; Uribe-Vélez, D. 2020. Mecanismos de acción de *Bacillus* spp.(Bacillaceae) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas. *Acta Biologica Colombiana* 25(1): 112-125. (En línea). Revisado el 1 de marzo 2022. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v25n1/0120-548X-abc-25-01-112.pdf>

Peidong, L.; Chuanchao, D.; Xingxiang, W.; Taolin, Z.; Yan, C. 2012. Variation of soil enzyme activities and microbial community structure in peanut monocropping system in subtropical China. *African Journal of Agricultural Research* 7(12): 1870-1879.

Penon, E. 2018. *Efecto de las forestaciones y la agricultura sobre la calidad de suelos y la biodiversidad en el sur de la Pampa ondulada*. Universidad Nacional de Luján.

Schreinemachers, P.; Tipraqsa, P. 2012. Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries. *Food Policy* 37(6): 616-626.

Seguel, A.; Barea, J.; Cornejo, P.; Borie, F. 2015. Role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in phosphorus-uptake efficiency and aluminium tolerance in barley growing in acid soils. *Crop and Pasture science* 66(7): 696-705.

-
- Singh, C.; Tiwari, S.; Singh, J.; Yadav, A. 2020. *Microbes in agriculture and environmental development*: CRC Press.
- Tanaka, H.; Larson, B. 2006. The role of the International Plant Protection Convention in the prevention and management of invasive alien species. *Assessment and Control of Biological Invasion Risks. Shoukadoh Book Sellers, Kyoto, Japan and IUCN, Gland, Switzerland*, Pp. 56-62.
- Anna, J. 2019. *Análisis bioquímico-molecular de la interacción de Pseudocercospora fijiensis y Trichoderma harzianum*. Centro de Investigación Científica de Yucatán. (En línea). Revisado el 1 de marzo 2022. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1635/1/PCB_M_Tesis_2019_Todd_Jewel_Nicole_Anna.pdf
- Torri, S. 2015. Dinámica de los plaguicidas en los agroecosistemas. (En línea). Revisado el 1 de marzo 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Torri/publication/305905415_Dinamica_de_los_plaguicidas_en_los_agroecosistemas/links/57a5230408ae3f45292e77dc/Dinamica-de-los-plaguicidas-en-los-agroecosistemas.pdf
- Trabelsi, D.; Mhamdi, R. 2013. Microbial inoculants and their impact on soil microbial communities: a review. *BioMed research international*. (En línea). Revisado el 1 de marzo 2022. Disponible en: <https://downloads.hindawi.com/journals/bmri/2013/863240.pdf>

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 11 (2) 2022
Revista Científica Agropecuaria y Forestal