

ISSN 2307-1990

APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Volumen 11 (1) 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(01).

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:

*Sargazo en playa en Cabeza de Toro,
provincia La Altagracia, República
Dominicana.*

Foto: Smerlin Paulino Frías

Revista APF

Revista Agropecuaria y Forestal

Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, Sodíaf



Contenido y Autores

Revista APF - Vol 11 No 1, 2022

Pág.

iii Editorial

Ing. Víctor José Asencio Cuello, M.Sc.

Presidente de la Junta Directiva Sodíaf 2021-2023

Artículos Científicos

- 1-12 Respuesta agronómica de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en dos localidades de la República Dominicana**
Dámaso Flores, Juliana Nova y Ramón López
- 13-30 Manejo agronómico de tres especies de vegetales orientales, La Vega, República Dominicana**
Pedro Núñez, Glenny López-Rodríguez, Leocadia Sánchez, Maira Santana, Ana Mejía, y Cecilio Cabral
- 31-36 Efecto del ácido giberélico AG3 sobre la latencia y vigor de la semilla de arroz**
Freddy Contreras, Damaris Amarante y Ana Avilés
- 37-48 Composición química y nutricional del sargazo colectado en la costa de la provincia La Altagracia, República Dominicana**
Smerlin Paulino, Helmut Bethancourt y César López
- 49-68 Emisiones de metano entérico proveniente de novillas doble propósito en condiciones de pastoreo**
Gregorio García, Joaquín Caridad, Víctor Asencio y Pedro Núñez

Editorial

La eficiencia de producción es una columna fundamental en la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola y pecuaria en cualquier país del mundo. Investigadores de instituciones públicas y privadas han generado conocimiento científico en diversas áreas de la agropecuaria nacional sin ser ampliamente difundido a nivel local. Por tal motivo La Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (SODIAF) continúa promoviendo y orientando la calidad y difusión de las investigaciones, la cooperación nacional e internacional y sobre el desarrollo científico y tecnológico del sector agropecuario y forestal. En ese sentido conscientes de las necesidades y diversidad de demanda de información que existen en la actualidad, ante esto, desde la Junta directiva SODIAF, se siente satisfecha nuevamente en esta ocasión poniendo a disposición de la comunidad científica y usuarios de la tecnología, la entrega de un nuevo número APF 11 (01), 2022. Sus contenidos sustentados en investigaciones científicas ofrecen a la comunidad dominicana e internacional bastante información actualizada sobre aspectos principales que son de interés en el sector agropecuario.

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

Respuesta agronómica de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en dos localidades de la República Dominicana

Dámaso Flores, Juliana Nova y Ramón López

Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (idif)

Estación Experimental Juma Dr. Yin Tieh Hsieh, Juma, Bonao, provincia Monseñor Nouel, DO.

Autor correspondiente: floresd7@hotmail.com

RESUMEN

Las pruebas regionales para conocer la respuesta genotipo por medio ambiente en localidades arroceras de la República Dominicana es parte de la estrategia del programa de mejoramiento genético en arroz en la Estación Experimental Juma, localizada en la provincia Monseñor Nouel en el centro de la República Dominicana, para dar de alta y/o liberar una nueva variedad de arroz. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de líneas avanzadas de arroz en dos localidades arroceras en el año 2020. Las localidades fueron las estaciones experimentales Juma en Bonao y El Pozo en Nagua, pertenecientes a las provincias Monseñor Nouel y María Trinidad Sánchez, respectivamente. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con diez tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron los genotipos: T₁= J2240-1-2-1-1-6-2, T₂= J2240-1-2-1-1-6-3; T₃= J2240-1-8-1-2-12-1, T₄= J2241-1-11-1-2-15-1 T₅= J2241-1-17-1-1-43-1, T₆= J2241-1-18-1-1-52-2, T₇= J2241-1-23-1-3-80-1 T₈ = "Quisqueya", T₉= "Jaragua" y T₁₀= "Juma 68-18", los tres últimos como testigos. La unidad experimental fue de 20 m², con un área útil de 10 m². Las variables evaluadas fueron: floración 50% (días), panículas por/m², espiguillas/panícula, fertilidad de espiguillas (%), peso 1000 granos (g), granos enteros (%) y rendimiento (kg/ha). Los resultados muestran diferencias estadísticas significativa entre las líneas con relación al rendimiento en la localidad de Juma, no así en El Pozo, indicando que los genotipos mostraron igual rendimiento que los testigos. En Juma, el rendimiento promedio fue de 5,969.60 kg/ha, mientras que en la localidad de El Pozo fue de 5,160.33 kg/ha. Los genotipos más rendidores fueron el testigo "Jaragua" con 6,936.7 y las líneas T₄, T₅ con rendimiento de 6,400 y 6,600 kg/ha, respectivamente, superando a los demás en la localidad de Juma. Esto indica que las líneas mencionadas tienen potencial productivo para ser seleccionadas y en el futuro convertirse en potenciales variedades.

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

ABSTRACT

The regional tests to know the genotype response by environment in rice localities of the Dominican Republic is part of the strategy of the rice genetic improvement program at the Juma Experimental Station, located in the Monseñor Nouel province in the center of the Dominican Republic, to register and/or release a new variety of rice. The objective of this study was to evaluate the agronomic behavior of advanced lines of rice in two rice-growing locations in the year 2020. The locations were the Juma experimental stations in Bonao and El Pozo in Nagua, belonging to the Monseñor Nouel and María Trinidad Sánchez provinces, respectively. A randomized complete block design with ten treatments and three repetitions was used. The treatments were the genotypes: T₁= J2240-1-2-1-1-6-2, T₂= J2240-1-2-1-1-6-3; T₃= J2240-1-8-1-2-12-1, T₄= J2241-1-11-1-2-15-1 T₅= J2241-1-17-1-1-43-1, T₆= J2241-1-18-1-1-52-2, T₇= J2241-1-23-1-3-80-1 T₈ = "Quisqueya", T₉= "Jaragua" and T₁₀= "Juma 68-18", the last three as testigos.

15-1 T5= J2241-1-17-1-1-43-1, T6= J2241 -1-18-1-1-52-2, T7= J2241-1-23-1-3-80-1 T8 = "Quisqueya", T9= "Jaragua" and T10= "Juma 68-18", the last three as witnesses. The experimental unit was 20 m², with a useful area of 10 m². The variables evaluated were: flowering 50% (days), panicles per/m², spikelets/panicle, spikelet fertility (%), weight 1000 grains (g), whole grains (%) and yield (kg/ha). The results show significant statistical differences between the lines in relation to yield in the Juma locality, but not in El Pozo, indicating that the genotypes showed the same yield as the controls. In Juma, the average yield was 5,969.60 kg/ha, while in the town of El Pozo it was 5,160.33 kg/ha. The most yielding genotypes were the control "Jaragua" with 6,936.7 and the lines T4, T5 with a yield of 6,400 and 6,600 kg/ha, respectively, surpassing the others in the Juma locality. This indicates that the mentioned lines have productive potential to be selected and become potential varieties in the future.

Keywords: Genetic improvement, rice genotypes, rice varieties

INTRODUCCIÓN

El arroz es una de la fuente alimenticia más importante del mundo. Según FAO (2006), para el año 2025 se estima que la demanda mundial de arroz crecerá en un 70 por ciento. En la actualidad se consumen en el mundo 575 millones de toneladas del cereal y para el 2025 se requerirán 400 millones de toneladas adicionales para suplir la demanda de la población mundial. Según el IRRRI (1995), aumentar el área de siembra es prácticamente imposible por lo que los científicos deben enfocarse en desarrollar cultivares cada vez más productivo. El mejoramiento genético es la herramienta tecnológica de mayor incidencia en el aumento de los rendimientos 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 es debido a la liberación de nuevas variedades. Avances significativos se alcanzaron en la producción de arroz en Latinoamérica y el Caribe en las tres últimas décadas debido al desarrollo de variedades mejoradas, utilización de prácticas modernas de cultivo y a mayor adopción de las nuevas variedades por los agricultores, CIAT (2010).

El arroz sigue siendo el principal alimento para la mitad de la población mundial. Según FAO (2020), el arroz proporciona el 18.9 % del suministro de energía alimentaria del mundo, seguido por el trigo con 18.8 % y el maíz con 5 %. En la República Dominicana, es el cultivo de mayor importancia nutricional, económico, político y social; aporta el 25 % de las calorías y 12 % de las proteínas requeridas diariamente por la población dominicana con un consumo *per capita* es de 111 libras.

El 98% de la producción de arroz se realiza con sistemas de riego por unos 30,000 productores, en una superficie de 182,412.88 hectáreas; de este total de productores, el 45 % corresponde a parceleros de reforma agraria, en parcelas pequeñas de entre 1.26 a 4.72 hectáreas, el 55 % restante de productores de arroz son parceleros del sector privado, MA (2021).

El objetivo de este estudio fue evaluar genotipos de arroz con alto potencial de rendimiento en dos zonas de producción, para identificar líneas que puedan ser liberadas como variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la primera etapa de producción del año 2019, en las localidades de 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 franco arcilloso, con 2.5% de materia orgánica y un pH de 5.7 y en la localidad de El Pozo, Nagua, provincia María Trinidad Sánchez ubicada a 19° 22" latitud norte y 69° 50" longitud oeste y altitud de 3 msnm, con temperatura promedio anual 25.6 °C. Suelo de textura franco arcilloso con pH de 6.0 y 4.7 % de materia orgánica.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con diez tratamientos y tres replicas. Los tratamientos fueron ($T_1= J2240-1-2-1-1-6-2$, $T_2= J2240-1-2-1-1-6-3$; $T_3= J2240-1-8-1-2-12-1$, $T_4= J2241-1-11-1-2-15-1$ $T_5= J2241-1-17-1-1-43-1$, $T_6= J2241-1-18-1-1-52-2$, $T_7= J2241-1-23-1-3-80-1$ y los testigos, variedades comerciales, "Quisqueya", "Jaragua' FL' y "Juma 68-18". 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 trasplante 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 del caracol con Fethin-H a razón de 0.5 kg/ha. Se realizó control de malezas manual. Se aplicó riego cada vez que el cultivo lo requirió.

Las variables evaluadas fueron: días a la flor, panículas por m², espiguillas por panícula, fertilidad de las espiguillas (%), peso de 1000 granos (g), grano entero (%) y rendimiento de grano (kg/ha).

La variable días a la flor se determinó contando el número de días desde la puesta de la semilla en el suelo hasta que la planta alcanza el 50 % de floración.

Para los componentes del rendimiento de grano se determinó 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.

La variable panículas por m² se evaluó tomando 12 plantas al azar por unidad experimental, se contaron los tallos y se determinó la cantidad de panículas m². Para el número de 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; donde 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.

Para determinar el rendimiento de arroz paddy y arroz entero. La cosecha se realizó con un contenido de humedad entre 20 a 24 % dentro de un área útil de 10 m². Las muestras fueron cosechadas por separado, 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.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de (Anava), utilizando el paquete estadístico SAS 9.4. Para la comparación de los tratamientos se utilizó la prueba de separación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Días a la flor (días)

En cuanto al ciclo de floración, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre las dos localidades.

Los genotipos evaluados en Juma mostraron diferencias significativas, observándose que los genotipos tienen ciclo que van de (90 a 110 días) para la localidad de Juma, considerándose como intermedio. El mayor ciclo fue para los testigos 'Quisqueya' y 'Juma 68-18', con 108-110 días, respectivamente en la localidad de Juma; mientras que la menor correspondió a los genotipos T1, T2 y T5 con ciclo de 90, 92 y 90 días al 50% de floración, respectivamente, como se puede apreciar en la Tabla 1. Para la zona de El Pozo, también mostraron diferencias significativas, el menor ciclo les correspondió a las líneas T₁. J2240-1-2-1-1-6-2-1 y T₂. J2240-1-2-1-1-6-3, con 91 días, siendo iguales estadísticamente entre ellos y menores con respecto a las demás. Los más tardíos fueron para los testigos 'Juma 68-18' y 'Quisqueya', con 107 y 110, respectivamente. Los resultados obtenidos en esta investigación con relación al ciclo se atribuyen a las diferencias genéticas entre los tratamientos y sus respuestas ambientales en las dos zonas de producción, utilizando el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz del CIAT (1990).

Tabla 1. Comportamiento del número de días al 50% de floración en genotipos de arroz en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020.

Genotipos	Juma	Nagua
J2240-1-2-1-1-6-2	90 d	91 c
J2240-1-2-1-1-6-3	92 d	91 c
J2240-1-8-1-2-12-1	101 b	100 b
J2241-1-11-1-2-15-1	102 b	100 b
J2241-1-17-1-1-43-1	90 d	91 c
J2241-1-18-1-1-52-2	102 b	102 b
J2241-1-23-1-3-80-1	101 b	102 b
'Quisqueya'	110 a	110 a
'Jaragua' FL	98 c	99 b
'Juma 68-18'	108 a	107 a

Legenda: Días a la floración: (F). Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5%).

Número panículas por m²

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que hubo diferencias estadísticas significativas entre los cultivares evaluados con relación al número panículas por m² en las dos zonas de producción. Con relación a Juma, los genotipos que mostraron mayor cantidad de panículas por metro cuadrado fueron J2240-1-2-1-1-6-3, J2240-1-8-1-2-12-1, J2241-1-17-1-1-43-1, J2241-1-18-1-1-52-2, y J2241-1-23-1-3-80-1, con 297, 302, 300, 312, 305, y los testigos 'Quisqueya' y 'Jaragua' con 297 y 296, respectivamente, produjeron igual número de panícula/m² estadísticamente, fluctuando entre 296 y 312. La línea J2241-1-11-1-2-15-1 fue el genotipo que produjo la menor cantidad de panícula/m² con 269, Tabla 2. Mientras que en El Pozo, Nagua la menor cantidad fue para la línea J2241-1-11-1-2-15-1 con 270 p/m², con relación a las dos zonas no presentaron diferencias entre ellas. El número de panículas por m², junto al número de espiguillas/panículas, conforman el 60.2 % del rendimiento total del arroz paddy, según CIAT (1990). Según los resultados, estos materiales pueden clasificarse como de alto macollamiento, según el Sistema de Evaluación Estándar del CIAT (1990), sugiriendo que los cultivares evaluados tienen buen potencial de rendimiento debido a la influencia de este componente sobre esta variable.

Tabla 2. Comportamiento del número de panículas/m² en genotipos de arroz en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020

Genotipos	Juma	Nagua
J2240-1-2-1-1-6-2	292 abc	292 b
J2240-1-2-1-1-6-3	297 ab	291 b
J2240-1-8-1-2-12-1	302 ab	295 b
J2241-1-11-1-2-15-1	269 c	270 c
J2241-1-17-1-1-43-1	300 ab	302 b
J2241-1-18-1-1-52-2	312 a	308 a
J2241-1-23-1-3-80-1	305 ab	299 b
'Quisqueya'	297 ab	295 b
'Jaragua' FL	296 ab	302 b
'Juma 68-18'	285 bc	297 b

Leyenda: número de panículas: (P/m²). Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5 %).

Número de granos por panícula

En la Tabla 3, se observan diferencias estadísticas significativas entre las zonas de producción, mientras que con relación a los genotipos evaluados en la localidad de Juma no mostraron diferencias entre ellos, al igual que para la localidad del Pozo. Con relación a esta variable se puede decir que los genotipos evaluados tienen igual comportamiento que los testigos. Según el CIAT (1990) 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 panículos por metro cuadrado.

Tabla 3. Comportamiento del número de granos por panículas en genotipos de arroz en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020

Genotipos	Juma	Nagua
J2240-1-2-1-1-6-2	150 A	187 A
J2240-1-2-1-1-6-3	162 A	183 A
J2240-1-8-1-2-12-1	181 A	200 A
J2241-1-11-1-2-15-1	151 A	194 A
J2241-1-17-1-1-43-1	194 A	209 A
J2241-1-18-1-1-52-2	178 A	201 A
J2241-1-23-1-3-80-1	181 A	203 A
'Quisqueya'	174 A	193 A
'Jaragua' FL	177 A	181 A
'Juma 68-18'	190 A	190 A

Leyenda: cantidad de granos por panícula: (E/P). Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5 %)

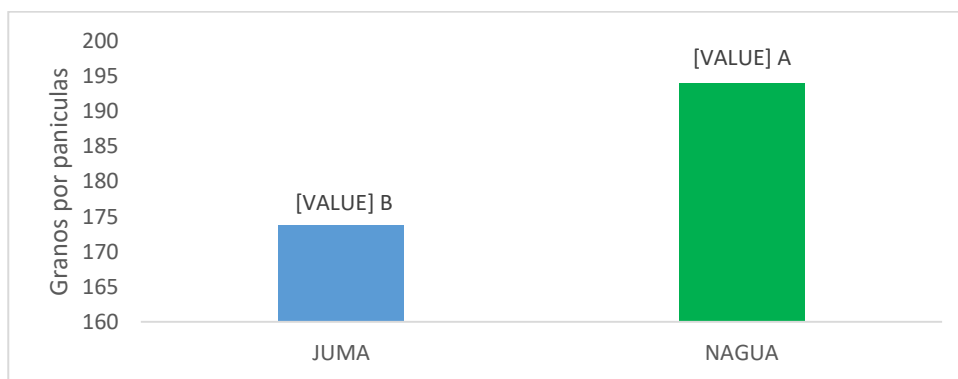


Figura 1. Granos por panículas en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020

Peso de mil granos

Con relación al peso de 1000 granos, es al igual que el número de panículas m² y al número de granos por panícula 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 demuestran que no hubo diferencias significativas entre las localidades en estudio. Con relación a los genotipos evaluados estos mostraron diferencias significativas por localidades. En la Tabla 4, se observa que de separación de medias está conformada por dos grupos A y B en ambas localidades. En Juma, las líneas T4, T5 y T7 se comportan similares a la 'Jaragua' (testigo), con promedio de 30, 31, 30 y 30 gramos, respectivamente y superiores a los demás tratamientos. Los mejores genotipos para la localidad del Pozo fueron la línea T7 y el testigo 'Jaragua', con peso de mil granos de 31 y 30 g, respectivamente, superando a todos los demás. Estos resultados se parecen a los encontrados por Rogelio (2012), que obtuvo peso de 1000 granos por encima de 27 g. Además, esto es considerado un indicativo de alta productividad en el cultivo de arroz.

Tabla 4. Comportamiento del peso de mil granos en genotipos de arroz en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020

Genotipos	Juma	Nagua
J2240-1-2-1-1-6-2	27 b	27 b
J2240-1-2-1-1-6-3	26 b	27 b
J2240-1-8-1-2-12-1	25 b	26 b
J2241-1-11-1-2-15-1	30 a	27 b
J2241-1-17-1-1-43-1	31 a	31 a
J2241-1-18-1-1-52-2	27 b	26 b
J2241-1-23-1-3-80-1	30 a	28 b
'Quisqueya'	27 b	28 b
'Jaragua' FL	30 a	30 a
'Juma 68-18'	27 b	28 b

Leyenda: Peso de mil granos: (g). Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5%)

Fertilidad de panícula

La fertilidad es otro de los componentes de rendimiento importante, ya que junto al peso de 1000 granos, contribuye con un 21.2 % del rendimiento total en el cultivo de arroz. En la Tabla 5, no existen diferencias significativas en cuanto a las dos localidades en estudio. Con respecto a la fertilidad de las espiguillas en la localidad de Juma, esta presenta diferencias estadísticas significativas con respecto a los genotipos evaluados, los testigos 'Jaragua' y 'Juma 68-18' fueron los que presentaron mayor fertilidad con 88 y 86 %, respectivamente, seguida por los tratamientos T1, T3, T5 y el testigo 'Quisqueya' con 83, 85, 81 y 85% respectivamente. Las peores fertilidades las encontramos en los tratamientos T2, T4, T6 y T7 con porcentaje de 80, 80, 80 y 78. Con relación a la localidad del Pozo, Nagua esta no presento diferencias entre los genotipos evaluados. Es importante destacar que algunos de los genotipos incluyendo los testigos tuvieron fertilidad de la espiguilla igual o superior a 85%, con vaneamiento de grano dentro de los valores aceptables 10-15%, en condiciones normales.

Tabla 5. Comportamiento de la fertilidad de la panícula en genotipos de arroz en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020

Genotipos	Juma	Nagua
J2240-1-2-1-1-6-2	83 abc	84 a
J2240-1-2-1-1-6-3	80 bc	82 a
J2240-1-8-1-2-12-1	84 abc	85 a
J2241-1-11-1-2-15-1	80 bc	81 a
J2241-1-17-1-1-43-1	81 abc	80 a
J2241-1-18-1-1-52-2	80 bc	82 a
J2241-1-23-1-3-80-1	78 c	84 a
'Quisqueya'	85 abc	89 a
'Jaragua' FL	88 a	90 a
'Juma 68-18'	86 ab	88 a

Leyenda: Fertilidad del grano: (%). Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5%).

Rendimiento de grano (kg/ha)

Con relación la variable rendimiento, las localidades muestran diferencias significativas, como se puede apreciar en el Cuadro 6. En Juma, los tratamientos mostraron diferencias estadísticas altamente significativa Los genotipos T4 y T5 tuvieron rendimientos estadísticamente iguales al testigo 'Jaragua', los cuales alcanzaron valores iguales a 6400, 6600 y 6937 kg/ha de arroz paddy, respectivamente, superando a los demás genotipos, excepto al T7 que tuvo igual rendimientos que estos. El menos rendidor fue T2 con 4,800 kg/ha. Para el Pozo, Nagua, los genotipos no mostraron diferencias significativas.

Tabla 6 Comportamiento del rendimiento en kg/ha en genotipos de arroz en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020

Genotipos	Juma	Nagua
J2240-1-2-1-1-6-2	5644 de	5390 a
J2240-1-2-1-1-6-3	4800 f	5537 a
J2240-1-8-1-2-12- 1	5280 ef	4930 a
J2241-1-11-1-2-15-1	6400 abc	5020 a
J2241-1-17-1-1-43-1	6600 ab	5060 a
J2241-1-18-1-1-52-2	5886 cde	5307 a
J2241-1-23-1-3-80-1	6240 bcd	5310 a
'Quisqueya'	5910 cd	4877 a
'Jaragua' FL	6937 a	5207 a
'Juma 68-18'	5999 bcd	4967 a

Leyenda: Rendimiento en (kg/ha). Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5%).

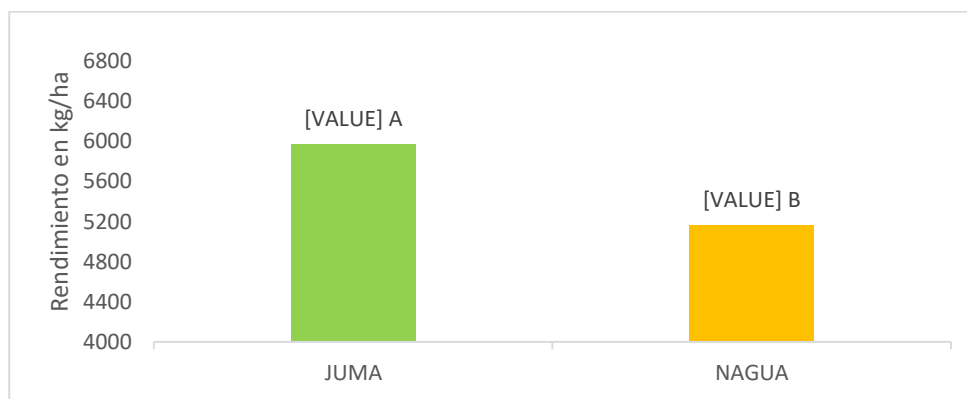


Figura 2. Rendimiento en kg/ha en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020.

El porcentaje de granos enteros

Según los estándares internacionales, el porcentaje de granos enteros es recomendable por encima del 55 %, por lo que es una variable importante para liberar una variedad al mercado. En este estudio, se puede apreciar que los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas con respecto a las zonas de producción (Juma y El Pozo). La mayoría de los genotipos evaluados en la localidad de Juma estuvieron por encima del 55 % incluyendo los testigos, excepto T3 y T5, los cuales obtuvieron porcentaje de 52 y 51%. Entre las líneas evaluadas ninguna superó a los testigos, pero si se mostraron iguales. Las líneas con mayor porcentaje de granos enteros fueron T1. J2240-1-2-1-1-6-2, T2. J2240-1-2-1-1-6-3, T4. J2241-1-11-1-2-15-1, T7. J2241-1-23-1-3-80-1 y los testigos 'Quisqueya', 'Jaragua' y 'Juma 68-18' con porcentaje de 61,62, 60, 60, 59, 63 y 59 %, respectivamente.

Para la localidad del Pozo, los genotipos en estudio mostraron diferencias significativas, el menor porcentaje fue presentado por las líneas T3 y T6 con 50 y 50 %. Mientras que los mayores porcentajes fueron para las líneas T1, T2, T4, T5, T7 con 59, 61, 59, 56, 59 y los testigos 'Quisqueya', 'Jaragua' y 'Juma 68-18' con 59, 60 y 58, respectivamente, los cuales no mostraron diferencias entre sí. 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 %. Como un estándar establecido a nivel internacional, cuando el arroz es cosechado con humedad de grano entre 18 y 20 %, se obtienen los mejores rendimientos industriales, pero a medida que disminuye, el grano tiende a romper.

Tabla 7. Comportamiento de arroz entero en genotipos de arroz en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020.

Genotipos	Juma	Nagua
J2240-1-2-1-1-6-2	61 ab	59 a
J2240-1-2-1-1-6-3	62 a	61 a
J2240-1-8-1-2-12-1	52 dc	50 bc
J2241-1-11-1-2-15-1	60 ab	59 a
J2241-1-17-1-1-43-1	57 bc	56 ab
J2241-1-18-1-1-52-2	51 d	50 c
J2241-1-23-1-3-80-1	60 ab	59 a
'Quisqueya'	59 ab	59 a
'Jaragua'	63 a	60 a
'Juma 68-18'	59 ab	58 a

Leyenda: Arroz entero (%): Letras iguales en la misma columna indica que no hay diferencia significativa entre las medias (Tukey 5%).

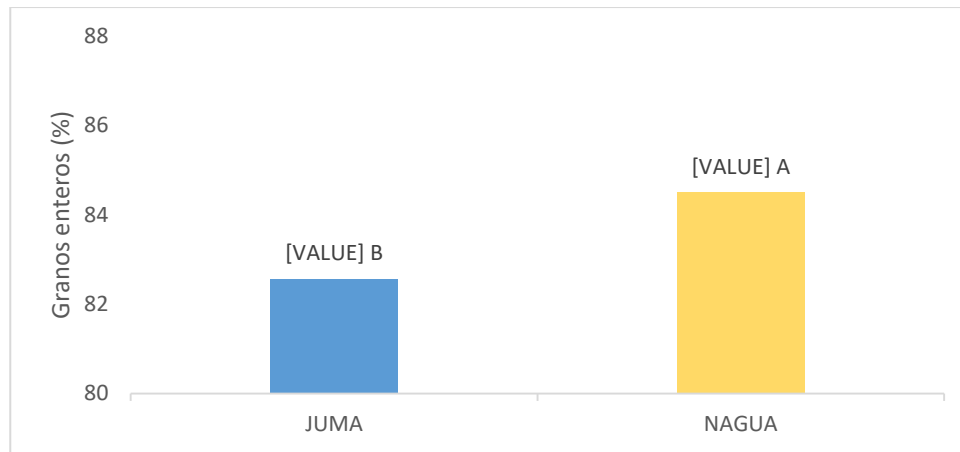


Figura 3. Granos enteros (%) en dos zonas de producción de la República Dominicana, primera etapa 2020

CONCLUSIONES

- De las líneas evaluadas más del 50 % tienen potencial productivo para ser seleccionadas, y en el futuro convertirse en variedades.
- Más del 70 % de los genotipos evaluados presentaron rendimiento industrial competitivo con relación a los testigos, lo que lo hace una opción para futuras variedades.

AGRADECIMIENTOS

- A la Dirección de Bioarroz dependencia del Ministerio de Agricultura, por financiar la realización de esta investigación.
- Al personal técnico de Bioarroz e investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), por su apoyo en la ejecución de esta investigación.
- Al Comité del Centro Norte del IDIAF, por su ayuda y disposición en la corrección de este trabajo.

LITERATURA CITADA

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). 2010. Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina [CD-ROM] Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 487 p. ISBN 978958-694-103-7. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.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.

IRRI (International Rice Research Institute, PH). 1995. Research program highlights, International Report. Manila, PH. P 21. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: http://books.irri.org/9712200884_content.pdf

MA (Ministerio de Agricultura, DO). 2021. Estadísticas Agropecuarias: Siembra, Cosecha, Producción y rendimiento en arroz, 2021. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022, disponible en: <https://agricultura.gob.do/wp-content/uploads/2023/03/2.1-Consolidado-Nacional-Mensual-de-S-C-y-P.-2000-2022.xlsx>

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>

Ricepedia.org. 2016. Rice as a food: The global staple. Ricepedia The online authority on Rice. (En línea). Consultado el 15 de diciembre de 2019. Disponible en: <https://ricepedia.org/rice-as-food/the-global-staple-rice-consumers>

Manejo agronómico de tres especies de vegetales orientales, La Vega, República Dominicana

Pedro Núñez^{1,2*}, Glenny López-Rodríguez¹, Leocadia Sánchez¹, Maira Santana³, Ana Mejía³, y Cecilio Cabral³

¹Investigadores Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF),

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Docente_Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana. ³Egresados Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, UASD.

*Autor para correspondencia: pnunez25@uasd.edu.do. Calle Rafael Augusto Sánchez N° 89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, DO.

RESUMEN

La República Dominicana es pionera en Centroamérica y El Caribe en producción de vegetales orientales (VO), desde el año 1978. Entre 1990 y 1996 se prohibió la entrada de VO dominicanos a EEUU por la presencia de trips y exceso de residuos químicos. El objetivo de este estudio fue determinar el manejo agronómico y cultural de cundeamor hindú (*Momordica charantia* L.), berenjena china (*Solanum melongena* L.) y vainitas largas (*Vigna unguiculata* L.), en el municipio de La Vega, durante el período 2018 a 2019. Se realizó un diagnóstico sobre prácticas de manejo agronómico realizadas por los productores de VO, basado en: análisis de suelo, preparación y desinfección, incorporación y tipo de fertilizantes, material de siembra, monitoreos de plagas y plaguicidas utilizados, número de aplicaciones, malezas y tipo de control, cultivos de rotación, uso, procedencia, frecuencia y cantidad del agua de riego, presencia y almacenamiento de agroquímicos, entre otros. Los datos se analizaron mediante pruebas no paramétricas. Los productores encuestados realizan diversas prácticas de manejo en sus plantaciones como selección y germinación de semillas hasta la cosecha. Son comunes las prácticas de preparación de suelo, siembra, tutorado, manejo de plagas (insectos, enfermedades y malezas), almacenamiento de plaguicidas, cosecha, etc. Se presentan problemas de plagas, disponibilidad de semillas de calidad, así como deficiencias en el manejo de suelos y la fertilización de cultivos. Estas prácticas de manejo son preocupantes, ya que estos cultivos son de exportación y son importantes para generación de divisas para la economía dominicana.

Palabras claves: Suelo, vegetales orientales, plagas, monitoreo.

ABSTRACT

The Dominican Republic is a pioneer in Central America and the Caribbean in the production of oriental vegetables (OV), since 1978. Between 1990 and 1996, the entry of Dominican OV to the US was prohibited due to the presence of travel and excess chemical residues. The objective of this study was to determine the agronomic and cultural management of Indian cundeamor (*Momordica charantia* L.), Chinese eggplant (*Solanum melongena* L.) and long string beans (*Vigna unguiculata* L.), in the municipality of La Vega, during the period 2018 to 2019. A diagnosis was made on agronomic management practices carried out by VO producers, based on: soil analysis, preparation and disinfection, incorporation and type of fertilizers, planting material, monitoring of pests and pesticides used, number of applications, weeds and type of control, rotation crops, use, origin, frequency and quantity of irrigation water, presence and storage of agrochemicals, among others. The data is analyzed using non-parametric tests. The producers surveyed carry out various

management practices in their plantations, such as seed selection and germination until harvest. Soil preparation practices, sowing, tutoring, pest management (insects, diseases and weeds), pesticide storage, harvesting, etc. are common. There are pest problems, availability of quality seeds, as well as deficiencies in soil management and crop fertilization. These management practices are worrisome, since these crops are for export and are important for the generation of foreign currency for the Dominican economy.

Keywords: Soil, oriental vegetables, pests, monitoring.

INTRODUCCIÓN

Los vegetales orientales son productos de especies agrícolas importante en la dieta alimenticia de las familias de origen asiático u oriental y son afectados por plagas y enfermedades, las cuales causan daños a los diferentes cultivos, reducen la calidad de los frutos, disminuyen la producción y generan pérdidas significativas al productor, Serra *et al.* 2007. Martínez *et al.* (2007), reportan un sin número de actividades de manejo de los VO en la República Dominicana, dentro de estas se plantean manejo de variedades, riego, drenaje, tutorado, fertilizantes, plagas, enfermedades, recolección y empaque. En Honduras, se usaron tres VO conocidas como choi sum, kai choi y pak choi, uso de plástico y aumento de los rendimientos, considerando esta práctica como parte del manejo, Wong (2010).

En la República Dominicana, la producción de VO se realiza a campo abierto con una diversidad de más de diez especies de cultivos. Estos VO requieren manejos diferentes, esto en base a incidencia de problemas de manejo diferentes. En ese sentido, Reynoso y Martínez (2009), reportan que los exportadores requieren capacitación y que los aspectos de manejo más importantes son el control de plagas, enfermedades e inocuidad. Larkcom (2008). publicó una guía completa para la producción de VO, describiendo los principales cultivos y su manejo; anteriormente Larkcom (1991), había publicado las técnicas de manejo de plagas, cosecha y almacenamiento de los VO, planteando que su éxito es favorecido por el manejo. En Honduras, se ha establecido la producción de VO, enfatizando el registro de todas las actividades ejecutadas por los productores, tales como la aplicación de insumos, poda, fuente de agua, control de malezas, siembra, cosecha y registro de ubicación de lotes, Rodríguez (2017).

En el año 1978, los productores dominicanos realizaron los ajustes técnicos correspondientes para lograr producciones competitivas de VO, basadas en un manejo adecuado. En el 2002, se conformó el Clúster Hortofrutícola de La Vega (CHLV) con la cooperación de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), con la iniciativa de lograr los ajustes requeridos para mejorar la competitividad en los mercados nacionales e internacionales, Martínez *et al.* (2007). El crecimiento sostenido en los volúmenes de producción y las divisas producidas por los VO en los últimos años, son características atractivas para el mercadeo de los VO, Martínez (2013). Sin embargo, el manejo de VO a nivel de campo y empaque afectan las exportaciones y consumo local de dicha producción. En la República Dominicana, existe la necesidad de contar con información actualizada que sirva como punto de referencia para la toma de

decisiones y como fuente de información para organismos públicos, privados, nacionales e internacionales interesados en el sector de vegetales orientales.

En función de la problemática planteada de manejos diferentes en las plantaciones de VO, se realizó esta investigación, con el objetivo de evaluar el manejo agronómico y cultural en los cultivos cundeamor hindú (*Momordica charantia* L.), berenjena china (*Solanum melongena* L.) y vainitas largas (*Vigna unguiculata* L.) en el municipio de La Vega, en 15 fincas de productores, a fin de compilar la documentación requerida por los mercados para facilitar su trazabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, período y manejo de las plantaciones

Se seleccionaron 15 fincas (tres por localidad) de productores de vegetales orientales distribuidas en cinco localidades (Sabaneta, Rancho Viejo, Las Cabuyas, Los Guayos y El Pinito, todas en la provincia de La Vega, República Dominicana), de acuerdo a los reportado por Núñez *et al.* (2021). Las fincas se seleccionaron de manera aleatoria, tomando en cuenta aspectos económicos, sociales y de cultivo. La investigación se realizó durante el periodo noviembre 2018 a enero 2019. Las plantaciones fueron manejadas de acuerdo a los criterios de los productores, en términos de manejo de plaguicidas y en coordinación con el personal técnico del Programa Pre-inspecciona del Ministerio de Agricultura de la República Dominicana, Núñez *et al.* (2021).

Método de investigación

Esta investigación fue de tipo descriptiva, no experimental, con aplicación de cuestionario mediante entrevistas a unos 15 productores de VO. Se aplicaron cuestionarios a cada productor seleccionado para el levantamiento de información sobre el manejo cultural y agronómico de los cultivos de cundeamor hindú (*M. charantia* L.), berenjena china (*S. melongena* L.) y vainitas largas (*V. unguiculata* L.). Con la aplicación de cuestionarios, se evaluaron los criterios de manejo agronómico y cultural de los cultivos seleccionados y las actividades de manejo realizadas.

El cuestionario contenía 34 preguntas con respuestas de tipos abierta y cerrada. Se abordaron las temáticas de material genético, preparación y manejo de suelos, uso de coberturas, material de siembra, análisis de suelo, fertilización, monitoreo y manejo de plagas (insectos, enfermedades, malezas), rotación de cultivos, riego, cosecha y almacenamiento de agroquímicos. En la identificación de las plagas insectiles y malezas, se realizó mediante observación directa en campo y uso de catálogo de nombres científicos, en la parte de enfermedades fue realizada en base a la información suministrada por el personal técnico del Ministerio de Agricultura. Se realizaron visitas a los actores y socialización del instrumento con cinco productores al azar, posteriormente, en el período ya indicado se levantaron las informaciones para definir el manejo realizado por cultivo y por ciclo.

Análisis y manejo de datos

En el análisis de datos, se utilizó estadística no paramétrica, medidas de tendencia central (promedios y porcentajes), usando Microsoft Excel, versión 2017, presentando los datos en figuras y tablas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Preparación, desinfección y análisis de suelo; y uso de coberturas

El 80 % de los productores de cundeamor en la República Dominicana preparan sus suelos dando pases de arado, construyendo muros y surcando el suelo en unas cuatro localidades evaluadas, estas son: Los Guayos, Sabaneta, Las Cabuya y Rancho Viejo, todas en la provincia de La Vega, en la parte central de la República Dominicana y el resto realizan labranzas. Mientras que en los cultivos de berenjena china y vainitas largas, realizan arado, mureo y surcado en las localidades evaluadas, incluyendo El Pinito (100 %). En otros países con Honduras, en el sistema de producción de VO usan los plásticos como una práctica de manejo, pero en la República Dominicana es de uso muy limitado por su costo.

Hernández y Hernández (2002), reportan que la cantidad de materia orgánica del suelo es un elemento importante a considerar en la elaboración de los modelos conceptuales de producción. La preparación de suelo y su manejo debe considerar los contenidos de materia orgánica (MO) y cómo influye en el ciclaje de nutrientes. El manejo de cultivos es la aplicación de técnicas o labores en los cultivos para mejorar la producción de forma sostenible, optimizando el uso de agua, nutrición y cuidando el medio ambiente, Morales (2015). Entre estas técnicas, se menciona la preparación del suelo; por lo tanto, el manejo adecuado de los suelos es fundamental para obtener éxito en la actividad productiva de los VO en la provincia de La Vega.

En relación a los análisis de suelo, un 40 % de los productores de cundeamor encuestados los realiza, en berenjena un 20 %, mientras que en vainitas largas es una práctica poco frecuente, Tabla 1. Es preocupante que solo tres productores realizan análisis de suelo y fertilizan los cultivos de manera inapropiada y es en base a conocimiento empírico. En este sentido, Castellano (2015), indica que el programa de fertilización y mejoramiento del suelo depende de los análisis e historial del mismo; por lo tanto, los principales problemas del suelo se pueden diagnosticar mediante análisis químico del suelo en laboratorio y no deberían manejarse sin analizar sus componentes.

Tabla 1. Porcentajes de productores que realizan análisis y desinfección de suelos e incorporación de abono verde, orgánico u otras coberturas de suelo (n=15, 5/cultivo).

Cultivos	Porcentaje de productores (%)		
	Realizan análisis de suelo	Desinfección de suelos	Incorporación de abono verde, materiales orgánicos y otras coberturas de suelo
Cundeamor hindú (<i>Momordica charantia</i> L.)	40	80	40
Berenjena china (<i>Solanum melongena</i> L.)	20	0	60
Vainitas largas (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	0	0	0

Según Galantini y Suñer (2008), la realización de análisis de suelo arroja datos sobre los contenidos de materia orgánica (MO), este es un indicador de calidad y sustentabilidad agronómica. En ese sentido, Núñez *et al.* (2020), considera el suelo como un medio de nutrición de los cultivos y al mismo tiempo es la base de la rentabilidad de la agricultura. Por lo tanto, realizar periódicamente análisis del suelo en plantaciones de VO, podría mejorar la rentabilidad de estos sistemas de producción, basado en la cantidad de productores que lo realizan en la provincia La Vega.

En relación a la desinfección del suelo, esta práctica no es frecuente en la producción de VO en el municipio de La Vega. En berenjena china y vainitas largas, el 100 % de los productores encuestados no lo realizan contrario a los productores de cundeamor hindú quienes lo realizan el 80 %, Tabla 1. En general en el suelo, vive una microbiota, esta es responsable de la descomposición, conversión y síntesis de sustancias orgánicas y minerales, Núñez *et al.* (2020). Por un lado, la no realización de esta práctica favorece esta microbiota y por otro lado, podría favorecer el desarrollo de organismos que puedan afectar el desarrollo radical y el desarrollo de los cultivos. Por ejemplo, los nematodos forman parte del funcionamiento de la cadena trófica del suelo, su ausencia indica que las prácticas realizadas causan importantes daños al mantenimiento del suelo, Bello *et al.* (2004). Sin embargo, la desinfección de los suelos debe realizarse aplicando medidas de manejo, que eviten un uso inadecuado de estos productos y mitigar sus posibles impactos negativos al medio ambiente.

En la producción de VO, se ha observado con frecuencia el uso de prácticas como la incorporación de abono verde, materiales orgánicos u otras coberturas. Se determinó que el 40 % de los productores de cundeamor incorporan cobertura al suelo, en berenjena solo un 60 % y en vainitas largas, ninguno de los productores lo hacen, Tabla 1. La aplicación de enmiendas orgánicas (lodos urbanos) al suelo parece ser una estrategia para reciclar estos desechos, ya que un 80 % del material es reutilizable, además de generar mejoras en la productividad y recuperación de suelos degradados, Cuevas *et al.* (2006). El uso de estas prácticas podría favorecer a los productores en el

largo plazo, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y pasar a una agricultura orgánica y/o agroecológica y así poder aprovechar nichos de mercado en el exterior.

Material de siembra

Un 40 % de los productores de cundeamor utilizan semillas como material de siembra, y un 60 % plántulas, en berenjena 60 % utilizan semillas y 40 % plántulas y en vainitas, el 100 % de los productores utilizan plántulas, Tabla 2.

Tabla 2. Tipo de material de siembra usado en los tres VO en estudio (n =15, 5/cultivo).

Cultivos	Material de siembra	Porcentaje (%)
Cundeamor hindú (<i>Momordica charantia</i> L.)	Semillas*	40
	Plántulas**	60
Berenjena china (<i>Solanum melongena</i> L.)	Semillas*	60
	Plántulas**	40
Vainitas largas (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	Semillas*	0
	Plántulas**	100

*Las semillas son colocadas en germinador para producir plántulas y en vainitas largas pueden sembrarse directamente en el suelo o como plántulas; **Las plantas son producidas en viveros y luego se trasplantan al campo.

Al sembrar por trasplante, con un mínimo de dos hojas verdaderas se obtiene un mayor establecimiento y producción de frutos (Moreno *et al.* 2005), mientras que la siembra por semillas tiende a tener un crecimiento inicial más lento y menor porcentaje de anclaje.

Procedencia del material de siembra

De los productores de cundeamor encuestados, el 60 % produce plantas procedentes de vivero establecido en la finca de los productores y el 40 % utiliza plantas obtenidas en viveros comerciales o prestadores de servicio. Mientras que en berenjena china ocurre lo contrario al primer caso, donde el 60 % utiliza plántulas de viveros comerciales y el 40 % la produce en sus fincas; para el caso de las vainitas largas el 100 % produce su propio material de siembra (Tabla 3), en este caso el material se siembra como semilla directamente en el suelo, aunque también se podrían sembrar plantas de vivero. Durante la producción de la planta, en el vivero se manipulan las condiciones ambientales que son determinantes en la calidad de la planta, especialmente con riego y fertilización, Birchler *et al.* (1998).

Tabla 3. Procedencia del material de siembra en tres tipos de plantaciones de vegetales orientales de La Vega (n =15, 5/cultivo).

Cultivos	Procedencia del material de siembra	Porcentaje (%)
Cundeamor hindú (<i>Momordica charantia</i> .L)	Vivero comercial*	40
	Finca del productor**	60
Berenjena china (<i>Solanum melongena</i> L.)	Vivero comercial*	60
	Finca del productor**	40
Vainitas largas (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	Vivero comercial*	0
	Finca del productor***	100

*Siembra directa de las semillas en germinadores establecidos en viveros comerciales; ** plántulas provenientes de vivero local establecido en la finca del productor; ***.Siembra directa de semillas de vainitas directamente en el suelo y en pocos casos se colocan en germinador en la propia finca para obtener las plantas.

Tipos de fertilizantes utilizados y frecuencia de aplicación

Los tipos de fertilizantes utilizados por productores de cundeamor hindú, berenjena y vainitas son similares en los tres cultivos (granulados), aunque con diferentes frecuencia, dosis y número de aplicaciones, Tabla 4, donde se muestra la diversidad de fertilizantes usados entre cultivos y productores/cultivos. Además, se observó que los productores utilizan una alta cantidad de fertilizantes, sin aplicar el conocimiento de la fertilidad del suelo y los requerimientos de los cultivos, opuesto a lo sugerido por Morales (2015) y Castellanos (2015).

En cundeamor, el número de aplicaciones oscila entre 12 y 36 por ciclo. Mientras que en berenjena entre 30 a 40 y en vainitas entre 4 a 14 aplicaciones, Tabla 3. Se infiere que es atribuido al tipo de asesoría recibida y a la influencia de empresas privadas y no del estado.

Tabla 4. Tipos de fertilizantes y dosis utilizado por los productores en plantaciones de tres vegetales orientales de La Vega (n = 5 productores/cultivo).

Cultivos	Tipo Fertilizante	Fórmula Fertilizante	Frecuencia (días)	Dosis (kg/ha)*	Aplicaciones**
Cundeamor hindú (<i>Momordica charantia</i> L.)	Granulado	20-5-20	7 a 30	72 a 361	12-36 (23.2)
		15-15-15			
		21N24S			
		20-0-30			
		Sulfatos			
Berenjena china (<i>Solanum melongena</i> L.)	Granulado	13-6-40	7-30	72-433	30-40 (34.4)
		12-24-12			
		Urea			
		20-0-30			
		20-5-20			
Vainitas largas (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	Granulado	15-15-15	7-30	72-800	4-14 (9.8)
		20-60-0			
		8-7-40			
		13-6-40			
		Sulfatos			
		F-30			
		12-24-12			
		Urea			
		Sulfatos			
		20-5-20			
		8-7-40			
		12-24-12			
		21N24S			

*Intervalo de dosis aplicadas; **Entre paréntesis promedio de aplicaciones de los cinco productores/cultivo.

Monitoreo y manejo de plagas en cundeamor, berenjena china y vainitas

El 100 % de los productores encuestados de cundeamor hindú, berenjena china y vainitas largas realizan monitoreo de plagas seleccionando plantas al azar. En la Tabla 5, se presenta un listado de plagas (insectos) frecuentes en las plantaciones de cundeamor hindú, berenjena china y vainitas largas, estas fueron identificadas a nivel de campo por técnicos agrícolas del Ministerio de Agricultura, en base a las informaciones suministradas por los encuestados y ratificadas por autores, además, se muestran los plaguicidas usados, dosis, frecuencia y porcentaje de productores en donde se presentó ataque de la plaga insectil.

Tabla 5. Principales plagas, plaguicidas con dosis y frecuencia de aplicación en plantaciones de tres vegetales orientales de La Vega (n = 15, 5/cultivo).

Cultivo	Nombre común	Nombre científico	Plaguicidas utilizados	Dosis/55 gl	Frecuencia (días)	Prod. (%)*
Cundeamor hindú	Díptera	<i>Asphondilia</i> sp.	Cypermtrina,	100 g,	7 a 15	20 a
	Hiede vivo	<i>Nezara viridula</i>	Imidacloprid,	250 ml		100
	Lepidopteros	ND	Benzoato de emamectina,			(60.0)
	Ácaro	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Abamectina			
	Trips	<i>Trips palmi</i>				
	Áfidos	<i>Aphidoidea</i> sp.				
Berenjena china	Trips	<i>Frankliniella</i> sp.	Abamectina,	100 g	7 a 30	40 a
	Lepidópteros	ND	Benzoato de emamectina,	250 ml		100
	Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i>	Thiamethoxam			(51.5)
	Díptera	<i>Asphondilia</i> sp.	Bifentrina,			
	Minadores	No identificados	Cypermtrin,			
	Acario	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Ethoprophos			
	Hiede vivo	<i>Nezara viridula</i>				
Vainitas largas	Picudo	<i>Anthonomus eugenii</i>	Cypermtrina,	50 a	7 a 15	20 a
	Larvas de lepidopteras	ND	Abamectina,	250 ml		100
	Hiede Vivo	<i>Nezara viridula</i>	Imidacloprid,			(62.86)
	Trips	<i>Trips tabaci</i>	Chlorfenapyr,			
	Acario	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Benzoato de Emamectina,			
	Acario rojo	<i>Tetranychus urticae</i>	Spiromesifen,			
	Díptera	<i>Asphondilia</i> sp.	Bifentrina			

ND = no determinado; * = promedio entre paréntesis; cundeamor hindú (*Momordica charantia*); berenjena china (*Solanum melongena*); vainitas largas (*Vigna unguiculata*); prod 0 productores.

En la Tabla 6, se presenta un listado de enfermedades frecuentes en las plantaciones de cundeamor hindú, berenjena china y vainitas largas, estas fueron identificadas en base a lo informado por los agricultores y en algunos casos la identificación visual en campo por los autores, además, se muestran los plaguicidas usados, dosis, frecuencia y porcentaje de productores en los cuales se presentó ataque de enfermedades.

Tabla 6. Principales enfermedades y tipo de control químico en plantaciones de tres vegetales orientales de La Vega (n = 15, 5/cultivo).

Cultivos	Enfermedades		IA	Dosis/55gl	Frec. (d)	Prod. (%)*
	Nombre común	Nombre científico				
Cundeamor hindú	Oídio	<i>Erysiphe</i> sp.	Azoxistrobina	100 g,	7 a 15	20-40 (30)
	Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>	Azufre	1 k		
	Bacteriosis común	<i>Xanthomonas phaseoli</i>				
	Mildiu veloso	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>				
Berenjena china	Damping-off	<i>Pythium</i> sp. y <i>Phytophthora</i> sp.	Sulfato cobre pentrahidratado,	250 cc	15 a 30	20- 60 (34)
	Bacteriosis común	<i>Xanthomonas phaseoli</i>	Azoxistrobina,	100 g		
	Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>	Flint	1 kg		
	Oídio - Polvillo	<i>Leveillula taurica</i>	Azufre			
	Antracnosis	<i>Colletotrichum</i> spp.				
	Mancha del fruto	<i>Phoma</i> sp.				
	Marchitez	<i>Fusarium oxysporium</i>				
Vainitas largas	Roya	<i>Uromyces phaseoli</i>	Azufre	1 kg	10 a 15	20-100 (45)
	Mancha bacteriana	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	Azoxistrobina	100 g		
	Mildiu veloso	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Bicarbonato de sodio	12 Lb		
		<i>Erysiphe</i> sp.				
	Oídio o cenicilla					

* = promedio entre paréntesis; cundeamor hindú (*Momordica charantia*); berenjena china (*Solanum melongena*); vainitas largas (*Vigna unguiculata*); F = frecuencia; prod.= productores. IA = ingrediente activo; frec.=frecuencia; d = días.

En la Tabla 7, se presenta un listado de malezas frecuentes en las plantaciones de cundeamor hindú, berenjena china y vainitas largas, estas fueron identificadas por técnicos del Ministerio de Agricultura, además, se muestran los plaguicidas usados, dosis, frecuencia y porcentaje de productores en donde se presentó malezas. En la encuesta realizada a los productores de cundeamor hindú, vainitas largas y berenjena china se encontró que el 100 % realizan control químico/manual de malezas en sus plantaciones.

Tabla 7. Principales malezas y tipo de herbicidas que utilizan para su control en plantaciones de tres vegetales orientales de La Vega (n = 15, 5/cultivo).

Cultivos	Nombre* común	Nombre científico	IA	Dosis L/55gl	Frec. (días)	Prod. (%)**
Cundeamor hindú	Pie de gallo	<i>Tillandsia leiboldiana</i>	Glufosinato de armonio, Paraquat	2-2.5	15-30	20- 100 (40)
	Pelo de mico	<i>Fimbristylis annua</i>				
	Quinino	<i>Parthenium hysterophorus</i>				
	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>				
Berenjena china	Pie de gallo	<i>Tillandsia leiboldiana</i>	Glifosato, Paraquat	2-3	15-30	20- 100 (57)
	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>				
	Pangola	<i>Digitaria eriantha</i>	Glufosinato de armonio			
	Quinino	<i>Parthenium hysterophorus</i>				
	Junquillo	<i>Cyperus rotundus</i>				
	Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i> L.				
Suelda	<i>Symphytum officinale</i>					
Vainitas largas	Pie de gallo	<i>Tillandsia leiboldiana</i>	Glufosinato de armonio, Paraquat	1-2.5	18-30	20- 100 (30)
	Junquillo	<i>Cyperus rotundus</i>				
	Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>				
	Suelda	<i>Symphytum officinale</i>				
	Quinino	<i>Parthenium hysterophorus</i>				
	Pangola	<i>Digitaria eriantha</i>				

* = de acuerdo a la zona; **= promedio entre paréntesis; cundeamor hindú (*Momordica charantia*); berenjena china (*Solanum melongena*); vainitas largas (*Vigna unguiculata*); prod. = productores; IA = ingrediente activo; Frec. = frecuencia.

En los tres casos, se presentan las dosis, frecuencias y tipos de productos que causan problemas ambientales, como lo reporta Del Puerto *et al.* (2014); en términos económicos, afectan el costo de producción y mejorar la productividad por la reducción de plagas. Se ha seguido plantear alternativas tecnológicas para manejar las plagas artrópodos (Serra *et al.* 2007); que conlleva identificar las plagas y realizar investigaciones (Díaz, 2001). En reporte de Martínez *et al.* (2007), se muestra una lista de plagas en VO, pero esta lista debería ser actualizada por el Ministerio de Agricultura.

Rotación de los cultivos

El 100 % de los productores de cundeamor hindú, berenjena china y vainitas largas indicaron que realizan rotación de cultivos (datos no mostrados). Hacer rotación de cultivo es una alternativa favorable para reducir los efectos de una enfermedad bacteriana, Alonso (1996). Según Martínez *et al.* (2007), los productores de VO, usan como manejo la rotación de cultivos dentro de sus fincas. La rotación de cultivos mejora las propiedades de suelo (Espinosa *et al.* 2007), mejora la biomasa microbiana y actividad enzimática del suelo (Zamora *et al.* 2005) y el manejo de plagas (Pérez y Vásquez 2004).

En la Tabla 8, se presenta un listado de cultivos utilizados en la rotación dentro de las fincas como sustituto de los tres VO en estudio. Los productores de cundeamor tienen unos seis cultivos en rotación, con un promedio de 53.33 % por especie, en berenjena china unos cinco cultivo (68 %) y en vainitas largas siete (46 %). En la encuesta realizada a los productores de cundeamor hindú, vainitas largas y berenjena china se encontró que el 100 % realizan control químico/manual de malezas en sus plantaciones.

Tabla 8. Tipos de cultivos utilizados para rotación en plantaciones de tres vegetales orientales de La Vega (n = 15, 5/cultivo).

Cultivos	Cultivos de rotación*		Productores (%)
	Nombre* común	Nombre científico	
Cundeamor hindú (<i>M. charantia</i> L.)	Bangaña culebra	<i>Trichosanthes anguina</i>	80
	Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	20
	Musú	<i>Luffa</i> spp.	60
	Habas	<i>Vicia faba</i>	40
	Ajjes	<i>Capsicum</i> spp.	20
	Vainita	<i>Vigna unguiculata</i>	100
Berenjena china (<i>S. melongena</i> L.)	Vainita	<i>Vigna unguiculata</i>	100
	Bangaña culebra	<i>Trichosanthes anguina</i>	100
	Cundeamor	<i>Momordica charantia</i>	100
	Musú	<i>Luffa</i> spp.	20
	Ajjes	<i>Capsicum</i> spp.	20
Vainitas largas (<i>V. unguiculata</i> L.)	Bangaña larga	<i>Trichosanthes anguina</i>	100
	Musú	<i>Luffa</i> spp.	60
	Ajjes	<i>Capsicum</i> spp.	20
	Tindora	<i>Coccinia grandis</i>	20
	Cundeamor	<i>Momordica charantia</i>	60
	Berenjena	<i>Solanum melongena</i>	20
	Haba hindú	<i>Vicia faba</i>	40

*El 100 % de los productores usan rotación de cultivos.

Fuente de agua y riego

El 100 % de los productores de cundeamor hindú, berenjena china y vainitas largas señalaron que aplican riego a sus cultivos (datos no mostrados). Según Cáceres (1997), el agua es el principal constituyente de todos los organismos vivos y en las plantas representa el 80 % o más de su peso. Además, el agua es el medio de transporte de los nutrientes provenientes del suelo y en el proceso fotosintético. El agua se combina con el dióxido de carbono para constituir la biomasa.

Sobre la procedencia del agua utilizada para riego proviene de pozos, ríos y canales, Tabla 9. De los productores de cundeamor, el 60 % utilizan agua de canales de riego y 40 % de pozos. Mientras que en berenjena el 40 % utilizan agua de río, el 40 % de canales y el 20 % la obtiene de pozos. En los productores de vainitas, el 40 % utiliza de pozos, el 20 % de ríos y el 40 % utilizan de canales de riego.

Tabla 9. Procedencia del agua utilizada para riego en plantaciones de tres vegetales orientales de La Vega (n = 15, 5/cultivo).

Cultivos	Procedencia del agua para riego	Productores* (%)
Cundeamor hindú (<i>Momordica charantia</i>)	Pozo	40
	Río	0
	Canal	60
Berenjena china (<i>Solanum melongena</i>)	Pozo	20
	Río	40
	Canal	40
Vainitas largas (<i>Vigna unguiculata</i>)	Pozo	40
	Río	20
	Canal	40

*El 100 % de los productores seleccionados usan riego.

En relación a los métodos de riego, en el cundeamor un 40 % de los productores utiliza riego por goteo y un 60 % utiliza otros métodos. En el caso de berenjena solo el 20 % utiliza riego por goteo, 20 % por inundación y 60 % otros sistemas. Por otro lado, un 40 % de los productores de vainitas largas utilizan goteo, 20 % inundación y un 60 % otros métodos. Palada y Bhattarai (2013), realizaron una evaluación tecnológica y socioeconómica, restricciones y perspectivas del riego por goteo de bajo costo para el cultivo de hortalizas en el sudeste asiático, recomendando la adopción de este sistema para mejorar la calidad de vida para los productores de vegetales en países de Asia. El riego por gravedad o inundación, es de bajo costo, pero con pérdidas de agua y causa problemas de suelo; el uso de este sistema es dominante en el Municipio de La Vega, razones por las cuales se debe considerar una conversión a otros sistemas como goteo y aspersión.

En la Tabla 10, se muestra las frecuencias de riego utilizadas por los productores para cundeamor, donde el 33.34 % de los productores moja cada 10 días; 26.66 % cada dos días; 20.01 % cada cinco días; un 13.33 % diario y por monitoreo un 6.66 %. En el cultivo de berenjena, el 39.99 % de los productores moja cada cinco días; el 33.34 % cada cuatro días; el 20.01 % cada dos días y un 6.66 % cada tres días. Sobre los productores de vainitas, un 46.67 % moja cada cinco días, 39.99 % cada siete días y el 13.33 % cada dos días. En relación a la cantidad de agua aplicada, el 100 % de los productores encuestados de cundeamor, berenjena y vainitas desconocen la cantidad de agua aplicada por riego. Gardiazabal (2004), sugiere que el sistema de riego usado debería cubrir entre un 50 y 70 % de la superficie de la proyección de la canopia.

Tabla 10. Frecuencia de riego (n = 15, 5/cultivo).

Cultivos	Frecuencia (días)	Productores (%)
	Por monitoreo	6.66
Cundeamor hindú (<i>Momordica charantia</i> L.)	1	13.33
	5	20.01
	2	26.66
	10	33.34
Berenjena china (<i>Solanum melongena</i> L.)	3	6.66
	2	20.01
	4	33.34
	5	39.99
Vainitas largas (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	2	13.33
	5	46.67
	7	39.99

Almacenamiento de los plaguicidas y frutos cosechados

El 100 % de los productores de cundeamor, berenjena y vainitas no almacenan los plaguicidas. En el año 1978, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una clasificación de los plaguicidas basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un corto período de tiempo, Del Puerto *et al.* (2014). El 100 % de los productores encuestados en cundeamor, berenjena y vainitas no almacenan los vegetales cosechados. Uno de los aspectos básicos para lograr la competitividad y sostenibilidad de la agricultura es la ubicación adecuada de los cultivos de manera que se logre las condiciones agroecológicas y socioeconómicas apropiadas para una producción eficiente y sostenida, Miranda *et al.* (2009).

CONCLUSIONES

Los productores encuestados realizan diferentes prácticas de manejo de sus plantaciones, éstas van desde la selección y germinación de semillas hasta la cosecha y almacenamiento de productos. Son comunes las prácticas de preparación de suelo, siembra, tutorado, manejo de plagas insectiles, enfermedades y malezas, almacenamiento de plaguicidas y cosecha, etc.

En los tres cultivos evaluados se observó la presencia de cinco plagas principales en cundeamor, berenjena y vainitas, siendo variables en los cultivos. En relación a las enfermedades, se observó la presencia de *Erysiphe* sp, *Alternaria solani* Sor., *Xanthomonas phaseoli* pv. *Phaseoli*, y *Pseudoperonospora cubensis* Berk. & Curt. en el cultivo de cundeamor; en berenjenas *Pythium* sp., *Phytophthora* sp., *Xanthomonas phaseoli* pv. *Phaseoli*, *Alternaria solani* Sorg., *Leveillula taurica* (Lév.) G.Arnaud, *Colletotrichum* sp., *Phoma* sp. y *Fusarium oxysporum* y en vainitas *Uromyces phaseoli* (Pers.) G. Winter, *Xanthomonas vesicatoria* (Doidge) Dowson, *Pseudoperonospora cubensis* y *Erysiphe* sp. En torno a las malezas, estas son muy similares, siendo el pelo de mico (*Fimbristylis annua* (All.) Roemer & J.A. Schultes), pie de gallo (*Tillandsia leiboldiana* Schltdl), quinino

(*Parthenium hysterophorus* L.), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), junquillo (*Cyperus rotundus* L.), bledo (*Amaranthus albus* L.) y suelda (*Symphytum officinale* L.), las de mayor frecuencia.

En las plantaciones visitadas se observó gran variedad de fertilizantes usados, en términos de marcas comerciales, formulaciones, cultivos y productores. Además, se apreció que los productores utilizan fertilizantes sin tener conocimiento sobre la fertilidad adecuada del suelo y los requerimientos de los cultivos, en términos de análisis de suelo, siendo preocupante para el desarrollo de los VO en la región.

AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros José A. Suriel Silvano, José Luis Almonte, José Manuel Monegro, Ramón Jiménez, Alexis Peguero de los Santos, José Antonio de León y Laura García del Ministerio de Agricultura, del Programa Preinspecciona por el seguimiento a las actividades de campo en la aplicación y revisión de los cuestionarios aplicados a los productores. Además se agradece la colaboración de 15 productores de VO por suministrar las informaciones requeridas para esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Alonso, F. 1996. El cultivo de la patata. Bacterias en cuarentena que afectan al cultivo de patata. Barcelona: Ediciones Mundi Prens 5 p. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Vrural/Vrural_2005_213_16_20.pdf.
- Bello, A.; Ibañez, J. J.; García-Álvarez, A. 2004. El suelo en Agricultura Ecológica. Manejo de un Ente Vivo, in: V Congreso de La SEAE Y I Congreso Iberoamericano de Agroecología: La Agricultura Y Ganadería Ecológicas En Un Marco de Diversificación Y Desarrollo Solidario. Pp. 43–63.
- Birchler, T.; Royo, A.; Pardos, M. 1998. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Forest Systems*, 7(1): 109-121. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2806/2169>.
- Cáceres, J. 1997. Sistemas de riego. Instituto de Estudios Superiores Santa María Anexo San José. 5 p. Consultado en enero 2022. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://iessantamaria-cat.infed.edu.ar/sitio/plan-de-estudio-5/upload/Sistema%20de%20Riego.pdf>.
- Castellanos, J. 2015. Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, Intagri. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36681808/Guia_de_interpretacion_de_analisis_de_suelos_y_aguas_INTAGRI-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1643644146&Signature=MdfgDCa5WL8gDmXaBa-cBY8ik20HzjYIYB342AwNsKoZ8ZTQs3VI5NC0Mi1AtmaPSSooLf0Q6Rs6ywb5MfFmBhWoyJjQsKSMNef2zxWYDITcprmjTH9BYPSB U9LNvZH6rYh2znWLJXUkYc~i6cPIHL5ghe2seNISxJAE215RR07ceQgd7ky95fsBi6j3mCMhXxnhlqbXxYApsxfhTuKjRE5vAFc1pMMh WmBACzjp~VbpBr5IYbzGLG2GrfbQ9cXsksChyR1SHM8S~m8c-BPFsSIRznIzyKtdaunMNVwCSgigBZ8vg6uh3QB08vYT98hkA2EelXe4tMEsZNwRrsdmQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Cuevas, J.; Seguel, O.; Ellies, A.; Dörner, J. 2006. Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 6 (2): 1-12.
- Díaz, F.; Mcleod, P.; Vásquez, L. 2001. Insectos plagas en vegetales orientales en Honduras. Estudio preliminar (No. 00448). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). La Lima, HN.
- Del Puerto, R.; Suárez, S.; Palacio, E. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3): 372-387. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33907304.pdf>
- Espinoza, Y.; Lozano, Z.; Velásquez, L. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Interciencia*, 32(8): 554-559.

- Galantini, J.; Suñer, L. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia*, 25(1). 15 pág.
- Gardiazabal, F. (2004). Riego y nutrición en paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. 2do Seminario internacional de paltos. *AgriScientia*, 25(1), 41–55. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2740/2168>
- Gardiazabal, F. 2004. Riego y nutrición en paltos. Sociedad Gardiazabal y Magdahl Ltda. 2do Seminario Internacional De Paltos. Quillota, 1-21. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: https://www.avocadosource.com/Journals/2_Seminario/2_Seminario_Gardiazabal_Fertilizacion_y_Riego_SPAN.pdf
- Hernández, R.; Hernández, D. 2002. El tipo de labranza como agente modificador de la materia orgánica: un modelo para suelos de sabana de los llanos centrales venezolanos. *Interciencia* 27(10): 529-536.
- Larkcom, J. 2008. *Oriental vegetables: the complete guide for the gardening cook*. Kodansha America. New York, Tokyp, London. Third edition, 92 p.
- Larkcom, J. 1991. *Oriental vegetables: the complete guide for the garden and Kitchen*. Kodansha International. New York, US. Third edition, 232 p.
- Martínez, C.; Jiménez, J.; Wu, P. L. 2007. *Vegetales Orientales*. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Primera edición. Santo Domingo, DO. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://www.idiaf.gob.do/index.php/publicaciones/category/26-hortalizas?download=92:vegetales-orientales-rd>
- Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S.; Casierra, F.; Piedrahíta, W.; Flórez, L. 2009. Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas.
- Morales, E. 2015. Manejo de cultivos andinos del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui, EC. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Moreno, S.; Ibarra, M.; Martínez, R.; Cohen, I.; Valencia, E.; Castorena, M. 2005. Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4): 351-357.
- Núñez, R.; Colocho, O.; Encina, R. 2020. Breve visión sobre el suelo: rol, importancia, funciones, calidad e indicadores. *Revista Agropecuaria y Forestal, APF* 9(1): 97-114. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/view/118/102>
- Núñez, R.; Páez, M.; Mejía, C.; Cabral, T.; Arias, M.; López-Rodríguez, G.; Sánchez, L. 2021. Presencia de residuos de organofosforados y carbamatos en vegetales orientales, La Vega, República Dominicana *Revista Agropecuaria y Forestal, APF*. *Revista Agropecuaria y Forestal, APF*, 10(1): 69-80. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://sodiaf.org.do/apf/index.php/apf/article/view/124/114>
- Palada, M.; Bhattarai, M. 2013. Assessing technology and socioeconomic constraints and prospects of low-cost drip irrigation for vegetable farming in Southeast Asia . In Holmer, R. , Linwattana, G. , Nath, P. , & Keatinge, J. D. H. (Eds.), *Proceedings of the Regional Symposium on High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand (SEAVEG2012)*, 24-26 January 2012, Chiang Mai, Thailand (pp. 154-167). Tainan, Taiwan: AVRDC – The World Vegetable Center.
- Parton, W.; Schimel, D.; Cole, C.; Ojima, D. 1987 Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1173-1179.
- Pérez, N.; Vázquez, L. L. 2004. Manejo ecológico de plagas. CEDAR: La Habana. CU. *Revista de Agroecología*. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol34n1.pdf>
- Reynoso, Á.; Martínez, C. 2009. Perfil básico de los exportadores de vegetales orientales de la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Santo Domingo, DO. 40p. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://www.idiaf.gob.do/index.php/publicaciones/category/26-hortalizas?download=89:perfil-exportador-vegetales-orientales>
- Rodríguez, R. 2017. Estudio de factibilidad para la exportación de vegetales orientales del Valle de Comayagua, Honduras a Estados Unidos para la empresa J&R Import and Export SA. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Zamorano HN. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/52241e9a-a384-413b-9951-19fa5d59b388/content>
- Serra, C.; Medrano, S.; Ayala, C.; Galicia, J.; Baltensperger, S. 2007. Alternativas para el manejo de artrópodos en vegetales orientales en la República Dominicana. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*. 43:124-116. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: https://static1.squarespace.com/static/5bb88ab5aadd347e10f9c704/t/5bd5b291e79c702f879a7ad5/1540731593158/CFCS_2007_Vol.+43+San+Jose%2C+Costa+Rica.pdf

Theng, B.; Tate, K.; Sollins, P. 1989 Constituents of organic matter in temperate and tropical soil. En Coleman D, Oades JM, Uehara G (Eds) Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. NifTAL Project. Honolulu, Hawaii. Pp 5-32. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnabp504.pdf

Wong, M. 2010. Producción de tres variedades de vegetales orientales bajo condiciones de campo evaluando factores de mulch plástico y *Trichoderma harzianum* en Zamorano, Honduras. 22 p. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/5c91a6bc-8800-4d12-a72f-428ee2970790/download>

Zamora, F.; Mogollón, J. P.; Rodríguez, N. 2005. Cambios en la biomasa microbiana y la actividad enzimática inducidos por la rotación de cultivos en un suelo bajo producción de hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. Universidad del Zulia, VN. Multiciencias, 5(1): 62-70. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90450107.pdf>

Efecto del ácido giberélico AG3 sobre la latencia y vigor de la semilla de arroz

Freddy Contreras^(1,4), Damaris Amarante⁽²⁾ y Ana Avilés^(1,3)

¹ profesores de la Universidad Autónoma de Santo Domingo, Investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuaria y Forestales; ² Estudiantes de Agronomía en la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)

Autor para correspondencia: sinencio@yahoo.com.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto del ácido giberélico sobre la germinación y vigor de la semilla de arroz, se instaló un experimento en el Laboratorio de Calidad de Semilla de la Estación Experimental Juma en Bonao, provincia Monseñor Nouel, en el 2020, con semillas de la variedad comercial 'Puitá'. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones, siendo los factores imbibición en agua y ácido giberélico al 400 ppm y el otro factor el tiempo de cosechada la semilla con 8 semanas de estudios. Las semillas de arroz fueron embebidas por 24 horas tanto en ácido giberélico como en agua, de acuerdo a los tratamientos. Se evaluó el porcentaje de germinación y el vigor de la semilla, a través de la altura de la planta a los 7 días. Los resultados definen un efecto positivo de la imbibición por 24 horas en ácido giberélico a una concentración de 400 ppm para la germinación de la semilla superó el 80 % para todos los tiempos de cosechadas las semillas evaluadas, y a la tercera semana del corte sobrepasa el 90 % de germinación, de igual forma ocurrió con la altura de la planta que presentó un efecto positivo la aplicación de ácido giberélico, con relación a la imbibición en agua. La altura de la planta presentó tendencia a disminuir en relación a la edad de la semilla (semanas después corte de la planta de arroz), independiente de que la imbibición sea en ácido giberélico o en agua.

Palabras claves: Arroz, Fisiología, Imbibición, República Dominicana.

ABSTRACT

In order to determine the effect of gibberellic acid on the germination and vigor of the rice seed, an experiment was installed in the Seed Quality Laboratory of the Juma Experimental Station in Bonao, Monseñor Nouel province, in 2020, with seeds of the commercial variety 'Puitá'. A completely randomized design was used with a factorial arrangement with four repetitions, the factors being imbibition in water and gibberellic acid at 400 ppm and the other factor being the time the seed was harvested with 8 weeks of studies. The rice seeds were soaked for 24 hours in both gibberellic acid and water, according to the treatments. The germination percentage and the vigor of the seed were evaluated through the height of the plant at 7 days. The results define a positive effect of the imbibition for 24 hours in gibberellic acid at a concentration of 400 ppm for the germination of the seed exceeded 80 % for all the harvest times of the evaluated seeds, and at the third week of the cut it exceeds 90 % of germination, in the same way it happened with the height of the plant that presented a positive effect of the application of gibberellic acid, in relation to the imbibition in water. The height of the plant presented a tendency to decrease in relation to the age of the seed (weeks after cutting the rice plant), regardless of whether the imbibition is in gibberellic acid or in water.

Keywords: Rice, Physiology, Imbibition, Dominican Republic

INTRODUCCIÓN

Las giberelinas (GAs) fueron aisladas del hongo *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenw en el año 1926 por el japonés Eiichi Kurosowa, posteriormente en 1930 en Inglaterra fue denominado ácido giberélico (AG), paralelamente en Estados Unidos de América (EEUU) lo denominaron Giberellin X y, finalmente, en el año 1956, giberelinas. Las AG contienen entre 19 a 30 átomos de carbonos, son un grupo de tetracíclicos diterpenos y al día de hoy se conocen unas 125 AG diferentes, de las cuales sólo 12 están en *G. fujikuroi*, 100 son exclusivas de plantas y 13 están presentes en hongos y plantas, Crozier *et al.* (2000).

Las técnicas que inducen una mayor germinación y calidad fisiológica son factores importantes para incrementar el potencial de rendimiento de las semillas y, por tanto, la uniformidad de las plantas en condiciones de campo. Remojar semillas en un sustrato que contiene una solución con sustancias promotoras del crecimiento es una técnica bien conocida desde hace años. Se ha demostrado que los efectos beneficiosos de este tratamiento permanecen incluso después de que las semillas hayan secado, Rosseto *et al.* (2000).

Las giberelinas juegan un papel clave en la germinación de semillas, interviniendo tanto en la superación de la latencia como en el control de la hidrólisis de las reservas, al inducir la síntesis de α -amilasa, enzima responsable de la hidrólisis del almidón. El ácido giberélico, considerado un activador enzimático endógeno, promueve la germinación, (Levitt 1974) y la aplicación exógena de este promotor influye en el metabolismo de las proteínas y puede duplicar la tasa de síntesis de proteínas de la semilla, Mc Donald y Khan (1983).

Las AG afectan el crecimiento y el desarrollo de las plantas, pueden sustituir la señal del fotoperíodo y tratamiento del frío en la floración de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh, retardar la senescencia de las hojas y frutos, y promover la germinación de las semillas. La GA1 controla la elongación de la plúmula en maíz, arroz y guisante. En arroz sumergido, las AG actúan en la división y expansión rápida de las células en respuesta a la inundación, Crozier *et al.* (2000).

Justice (1972) define la energía de germinación como el porcentaje de semillas de una muestra que germinan dentro de un periodo determinado en determinadas condiciones.

Las variedades semi enanas de arroz utilizadas en Louisiana, US, tienen baja estatura y reducido acame, alto potencial de crecimiento y buena respuesta al nitrógeno, sin embargo, sus semillas poseen bajo vigor y emergencia, por esta razón se usa el ÁG (GA3) para incrementar el establecimiento de plántulas de arroz, debido a que este regulador de crecimiento produce un aumento de la longitud del coleóptilo y mesocótilo, Bolich y Dunand (1999).

El término "latencia" se refiere a una condición de una semilla viable, que impide que ésta germine en presencia de los factores que normalmente se consideran suficientes para la germinación: temperatura adecuada, humedad y medio ambiente gaseoso. Una semilla viable es la que puede germinar en condiciones favorables, siempre que en su caso se elimine la latencia que pueda estar presente, Roberts (1972). Se conoce que en el mantenimiento o interrupción de la latencia interactúan hormonas promotoras del crecimiento, entre las cuales la giberelina es un ejemplo muy conocido, y hormonas inhibitoras del crecimiento, Willan (1991).

En la República Dominicana se utiliza la giberelina en el cultivo de arroz para inducir el alargamiento de la panícula, para evitar incidencia de enfermedades como Piricularia del cuello que induce al vaneamiento, pero un uso excesivo de ácido giberélico en esta etapa puede reducir el número de espiguillas por espiga y, consecuentemente, el rendimiento.

El objetivo de este estudio es determinar el efecto del ácido giberélico sobre la germinación y vigor de la semilla de arroz, en comparación con la imbibición en agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación fue realizada en el Laboratorio de Calidad de Semilla de la Estación Experimental Juma en Bonaó, provincia Monseñor Nouel, en el año 2020, con semillas de la variedad comercial 'Puitá

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 8, con cuatro repeticiones, siendo los factores: 1) medio de imbibición de la semilla por 24 horas (agua y ácido giberélico al 400 ppm) y 2) semanas de imbibición después del corte de la semilla (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8), para un total de 64 unidades experimentales. Las unidades experimentales estuvieron constituidas por 50 semillas puestas a germinar en arena fina.

Para establecer el experimento se seleccionó una muestra de 2 libras de semillas de la variedad de arroz 'Puita' en estado de madurez, las cuales fueron venteadas para eliminar los granos vanos. Para la primera semana se procedió a utilizar semillas con humedad de 23 %, correspondiendo al mismo día de corte. Posteriormente, las semillas restantes fueron secadas hasta 11% de humedad y mantenidas en cuarto frío, de las cuales se utilizó semanalmente hasta la semana 8, según tratamiento. Para la aplicación de los tratamientos, cada semana se pusieron 250 semillas a embeber en agua en un vaso plástico y 250 en ácido giberélico al 400 ppm en otro vaso. Cada semana se embebió un poco más de las 200 semillas necesarias para las cuatro repeticiones por tratamiento para asegurarse de tener disponibles las semillas de cada unidad experimental. Pasadas las 24 horas, se seleccionaron 50 semillas de cada vaso y se pusieron a germinar por separado en caja Petri, que contenían arena fina del río, debidamente identificadas, por 7 días.

El porcentaje de germinación fue evaluado por medio de la fórmula

$$G = \frac{e}{s} \times 100$$

Donde G = germinación %, e = números de semillas emergidas y s = semillas colocadas (50)

Además, fue evaluado el vigor de la semilla por medio de la altura (cm) de la planta a los 7 días de germinadas, para tales fines, fueron seleccionadas 10 plantas al azar por unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis de los datos de la germinación en porcentaje analizados estadísticamente indican un efecto altamente significativo para la imbibición de las semillas de arroz por 24 hora. Esto indica que hay diferencia entre embeber la semilla en ácido giberélico o en agua; de igual manera, la germinación varió con el tiempo después de cosechadas las semillas. El coeficiente de variación fue de 6.6 % para la variable germinación en este experimento y un promedio general de 79 %.

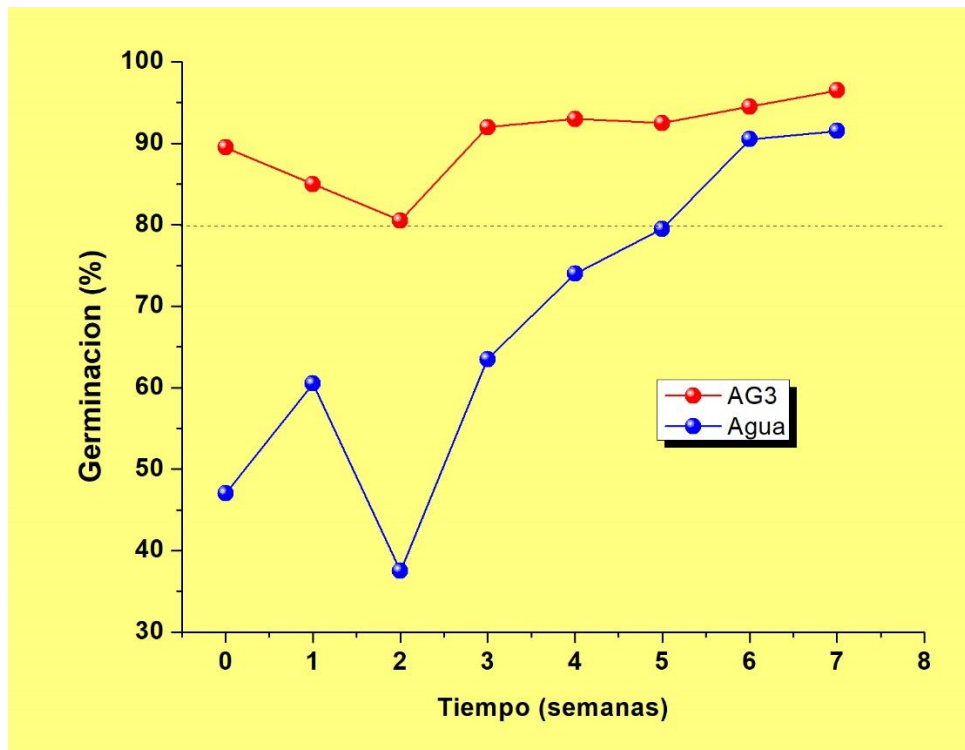


Gráfico 1. Porcentaje de germinación en relación a la aplicación de ácido giberélico AG3 a la semilla de arroz en función de la imbibición y el tiempo después de la cosecha de la semilla.

Con la aplicación de una solución de ácido giberélico de 400 ppm, los valores de germinación sobrepasaron el 80 % valor mínimo recomendable para la venta de semilla de arroz, indicando que es posible el uso de semilla de arroz recién cortada y con el tratamiento de imbibición de la semilla por 24 hora con ácido giberélico. El porcentaje de germinación aumentó con el tiempo de cosecha, esto es debido a que la semilla de arroz presenta latencia y cerca de la cosecha la latencia es mayor, posteriormente disminuye con el tiempo de cosecha. La germinación de la semilla de arroz sobrepasó el 90 % a la tercera semana del corte, cuando se embebe en una solución de ácido giberélico a 400 ppm, Gráfico 1.

Cuando la semilla de arroz no es tratada con ácido giberélico, sino con agua, las semillas de la variedad 'Puita' alcanzan un 80% de germinación a las 5 semanas después de cosechadas, esto conlleva tiempo y espacio para almacenamiento de la semilla.

La diferencia entre el porcentaje de germinación con aplicación de ácido giberélico y aplicación de agua es mayor mientras más próximo a la cosecha, siendo la diferencia de 42.5 % para la semana cero y de 5 % para la semana de número 7 después de la cosecha, Gráfico 1.

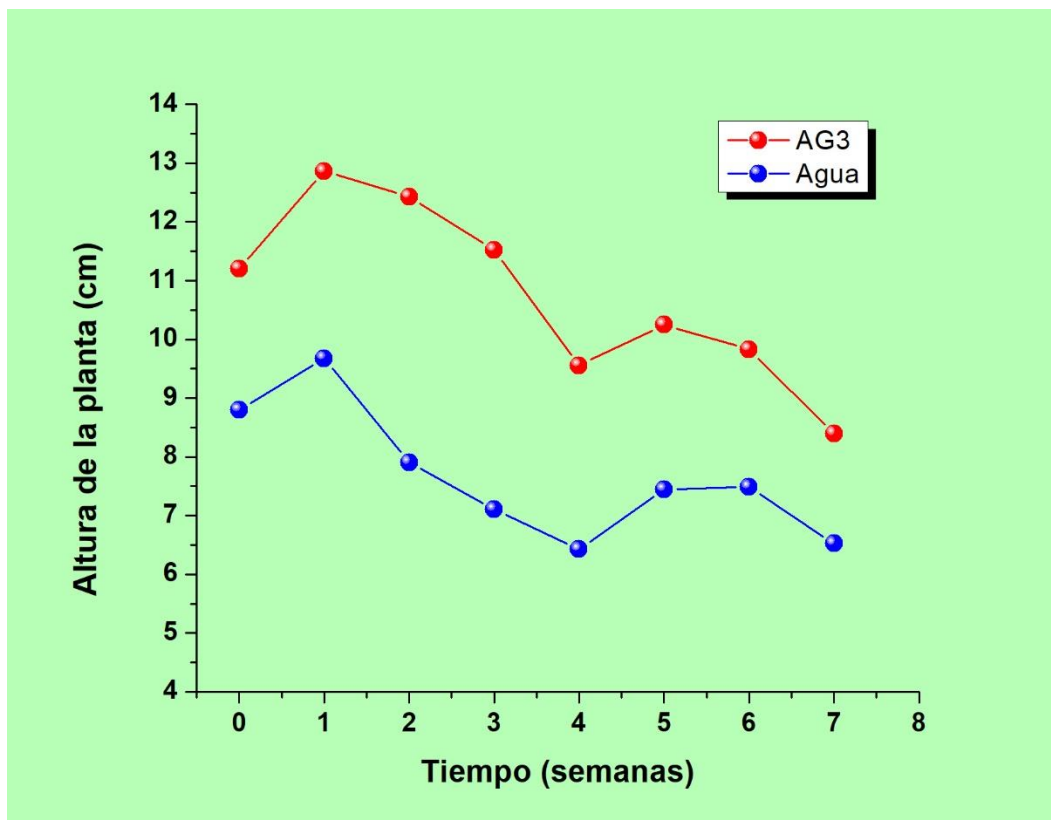


Gráfico 2, altura de la planta de arroz (cm) en función de la aplicación de ácido giberélico AG3 a la semilla de arroz en contraste con el tiempo después de la cosecha de la semilla.

Con respecto a la altura de la planta de arroz, esta variable presentó un efecto significativo en relación a la aplicación de ácido giberélico en contraste con la aplicación de agua a la semilla; este efecto se mantuvo durante todo el experimento, con tendencia a bajar el tamaño de la planta con el tiempo.

La mayor altura de la planta fue de 12.9 cm a la primera semana de cortado el arroz y con la aplicación de ácido giberélico en una concentración de 400 ppm en esta misma semana la planta alcanzó una altura de 9.7 cm con la imbibición en agua de la semilla de arroz, representado un aumento de la altura de 32.9 % con la aplicación de ácido giberélico, Gráfico 2.

La altura de la planta presentó tendencia a disminuir en relación a la edad de corte de la semilla de arroz, independiente de que la imbibición sea en ácido giberélico o en agua, pero se mantuvo los valores más elevados de la altura de la planta con la aplicación de ácido giberélico, esto indica un efecto positivo de la aplicación de esta hormona en la semilla favoreciendo la altura de la planta, Gráfico 2.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento se puede concluir que;

- La aplicación de ácido giberélico rompe la latencia de la semilla de arroz de la variedad 'Puita'.
- La aplicación de ácido giberélico a 400 ppm induce una mayor germinación de la semilla de arroz que la imbibición en agua.
- El tiempo de cosecha afecta positivamente la germinación de la semilla de arroz.

LITERATURA CITADA

- Bolich, P.; Dunand, R. 1999. Gibberellic acid use in stale seed bed rice production. In: J., Hook (Ed). Proceeding of the 22nd Annual Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture. Tifton, G.A. 6-8 July 1999. Georgia. Agriculture Experiment Station Special Publication 95. Athens, GA. Pp 1-6
- Crozier, A.; Kamiya, Y.; Bishop, G.; Yokata, T. 2000 Biosynthesis of hormones and elicitor molecule. In: B., Buchanan, W., Grissem and R., Jones. American Society of Plant Physiologist. Rockville, Maryland. EE.UU. Pp. 850–929.
- Justice. 1972. In: Guía para la manipulación de semillas forestales, 1991. Roma FAO: Montes N° 20/2. – 20/3. 502 p. (En línea). Revisado el 5 de enero 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm>
- Levitt, J. 1974. Introduction to plant physiology. 2.ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Company, 447 p.
- McDonald, M.; Khan, A. 1983. Acid scarification and protein synthesis during seed germination. Agronomy Journal 75 (2): 111-114.
- Roberts, E. 1972. Viability of seeds. Chapman and Hall, Londres.
- Rosseto, C.; Coneglian, R.; Nakagawa, J.; Shimizu, M.; Marin, V. 2000. Germinação de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryand) em função de tratamento pré-germinativo. Revista Brasileira de Sementes, 22(1): 247-252. (En línea). Revisado el 5 de enero 2022. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Martha-Mischan/publication/237569313_Germinacao_de_sementes_de_maracuja-doce_Passiflora_alata_Curtis_Fases_e_efeito_de_reguladores_vegetais/links/0ob7d528bbb76eef76000000/Germinacao-de-sementes-de-maracuja-doce-Passifl-ora-alata-Curtis-Fases-e-efeito-de-reguladores-vegetais.pdf
- Willan, R. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos. (En línea). Revisado el 5 de enero 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm>

Composición química y nutricional del sargazo colectado en la costa de la provincia La Altagracia, República Dominicana

Smerlin Paulino, Helmut Bethancourt y César López

Investigadores Universidad Nacional Evangélica (UNEV), Paseo de los Periodistas 54, Ensanche Miraflores, Santo Domingo, DO. Contacto: smerlin.paulino@gmail.com / spaulino@unev.edu.do;

RESUMEN

Sargazo colectado en la provincia La Altagracia de la República Dominicana está compuesto por las especies *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon y *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen y, en menor grado, por *Sargassum polyceratum* Montagne Var. *Ovatum*. El objetivo de este estudio es realizar una caracterización química y nutricional para identificar su potencial para el mejoramiento de la fertilidad de suelos, producción de forrajes y alimentación animal. Entre los resultados, se determinó que el sargazo contiene un 11.72% de materia seca (MS), el nivel de proteína cruda (PC) es de 6.8% de la MS. El contenido de fibra detergente ácida (FDA) es de 25.8%, provee bajo nivel de energía y digestibilidad *in vitro* con 3.05 MJ EM/kg MS y 22%, respectivamente. Al igual que otras algas, el sargazo contiene minerales; el contenido medio de Ca, Mg y K con 5.99%, 1.21% y 6.30%, respectivamente, en MS. Se encontró metales pesados, con As de 100.92 ppm, lo cual puede constituir una limitante para la alimentación animal. Como fuente para ser utilizado como fertilizante o enmienda de suelo, el sargazo presenta bajos niveles de nitrógeno (N) con 1.1%, y fósforo (P) con 0.096% en MS, sin embargo, presenta altos valores de K, Ca y Mg. Asimismo, el contenido de óxido de potasio (K₂O) es de 7.56% y de pentóxido de fósforo (P₂O₅) de 0.26%. Se concluyó que los metales pesados no representan una limitación para su uso como abono orgánico o enmienda de suelo porque sus valores están dentro de los rangos permitidos por la Unión Europea.

Palabras claves: Sargazo, *Sargassum*, algas marinas, nutrición animal, enmiendas orgánicas.

ABSTRACT

Sargassum collected in the La Altagracia province of the Dominican Republic is composed of the species *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen and, to a lesser extent, by *Sargassum polyceratum* Montagne Var. *Ovatum*. The objective of this study is to carry out a chemical and nutritional characterization to identify its potential for improving soil fertility, forage production and animal feeding. Among the results, it was determined that the sargassum contains 11.72% dry matter (DM), the level of crude protein (PC) is 6.8% of the DM. The acid detergent fiber (FDA) content is 25.8%, it provides a low level of energy and *in vitro* digestibility with 3.05 MJ ME/kg DM and 22%, respectively. Like other algae, sargassum contains minerals; the average content of Ca, Mg and K with 5.99%, 1.21% and 6.30%, respectively, in MS. Heavy metals were found, with As of 100.92 ppm, which may constitute a limitation for animal feeding. As a source to be used as fertilizer or soil amendment, sargassum has low levels of nitrogen (N) with 1.1%, and phosphorus (P) with 0.096% in DM, however, it has high values of K, Ca and Mg. Likewise, the content of potassium oxide (K₂O) is 7.56% and phosphorus pentoxide (P₂O₅) is 0.26%. It was concluded that heavy metals do not represent a limitation for their use as organic fertilizer or soil amendment because their values are within the ranges allowed by the European Union.

Keywords: Sargasso, *Sargassum*, marine algae, animal nutrition, organic amendments.

INTRODUCCIÓN

Los arribazones de sargazo es un fenómeno natural en las costas caribeñas. Sin embargo, a partir del año 2011 este fenómeno se agudizó con la llegada de cantidades masivas de sargazo pelágico a la costa este de la República Dominicana. Son críticos los años 2015 y 2017, donde los arribazones de sargazo excedieron los demás años, Méndez y Rosado (2019).

En las costas del este y sur de la isla Hispaniola, se reportan dos especies dominantes de sargazo: *Sargassum natans* y *Sargassum fluitans*, que son especies de macroalgas pardas pelágicas y en menor medida la especie *Sargassum polyceratum* Var. *Ovatum*, Rosado Jiménez (2019).

En general, las algas son fuente de vitaminas, minerales, antioxidantes y colorantes naturales. La incorporación de biomasa de algas en alimento de animales se sugiere como proveedor de color, incrementar el valor nutricional o resistir la oxidación. Aun utilizado en pequeñas cantidades en la nutrición animal, se ha reportado que las algas mejoran el sistema inmune, el aumento de peso y el desempeño reproductivo, entre otros beneficios que pueden mejorar la calidad de la carne y huevos, Kovač *et al.* (2013).

La producción de alimentos para animales tiene altos costos en la República Dominicana, debido a la dependencia de suplementos alimenticios y fuentes minerales químicas importadas, así como de fertilizantes para la agricultura. Se ha reportado que los sargazos constituyen una fuente de minerales como fósforo, sodio, magnesio, potasio, calcio y elementos traza, hierro, cobre y zinc. Una de las ventajas de estos minerales para los animales es que, por encontrarse en forma orgánica, son asimilables, Chapman y Chapman (1980).

El objetivo del presente estudio fue realizar una caracterización química y nutricional del sargazo arribado a la costa de la provincia La Altagracia localizada en el este de la República Dominicana en el año 2017, con la finalidad de identificar su potencial aprovechamiento para el mejoramiento de la fertilidad de suelos, producción de forrajes y alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo y localización del estudio

Se establecieron tres puntos de monitoreo de los arribazones de sargazo arribado a la costa de la provincia La Altagracia localizada en el este de la República Dominicana y se colectaron muestras en Playa Cabeza de Toro, ubicada en el distrito municipal de Verón, Punta Cana en la provincia La Altagracia. La colecta del sargazo para su muestreo se realizó en el mes de octubre de 2017 en las coordenadas UTM 19Q 567607.45E y 2062216.87N.

Muestreo de sargazo

El muestreo estuvo conformado por 9 muestras tomadas en playa Cabeza de Toro, las cuales fueron colectadas bajo distintas condiciones de sitio y manipulación. Se tomaron tres (3) muestras de sargazo fresco sobre la arena de la playa, fue lavado y secado al sol (SPL); tres (3) muestras del sargazo fresco flotando sobre las aguas del mar, lavado y secado al sol (SML) y tres (3) muestras del sargazo fresco flotando sobre las aguas del mar lavado y secado en horno a 60°C (SMH).

Tabla 1. Distribución y descripción de las muestras de sargazo.

No.	Código	Cantidad	Descripción General
1	SMH	3	Sargazo fresco flotando sobre el mar. Lavado y secado mediante horno a 60°C.
2	SML	3	Sargazo fresco flotando sobre el mar. Lavado y secado solar.
3	SPL	3	Sargazo fresco sobre la arena con exposición solar fuera del agua marina, con contenido de humedad producto del oleaje. Lavado y secado solar.
Total		9	

La colecta de sargazo se realizó en el mes de octubre del año 2017.; fueron colectadas en cajas plásticas con un volumen de 0.057m³ y pesadas. La preparación de muestras se realizó en el Centro de Agricultura Sostenible con Tecnología Apropiada (CASTA), campo experimental de la Facultad para el Ambiente y el Desarrollo Rural de la Universidad Nacional Evangélica (UNEV), ubicado en el paraje Tubo Prieto de Villa Altigracia, provincia San Cristóbal. El sargazo fue lavado, se determinó impurezas (materias extrañas diferentes al sargazo) y se secaron bajo ambiente semiprotegido, techado con plástico (200 micras) y ventilación abierta. Las muestras fueron secadas a horno fueron lavadas y secadas a 60°C en estufa por unas 30 horas. Se tomó una porción de material de unos 400 g de sargazo seco, las cuales fueron empacadas al vacío.

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio Cumberland Valley Analytical Services, Inc., en Waynesboro, PA. Se realizó un perfil químico y nutricional del sargazo y un perfil químico para uso como fertilizante, "Manure Report". Dentro del perfil como nutrición animal se incluyó: proteína cruda, PC % de MS¹; fibra detergente neutro, FDN de %MS; fibra detergente ácido, FDA % de MS; FDA, % de FDN; lignina, % de MS; lignina, % NDF; grasa cruda, GC % de MS; contenido de carbono no fibroso, CNF % de MS; nutrientes digestibles totales, NTD % de MS; energía neta de lactación, ENL en Mcal/lb y MJ/Kg; ganancia de energía neta, GEN Mcal/lb y digestibilidad *in vitro*, DIV a 30 h % de MS.

Análisis de datos

Los datos se tabularon y analizaron utilizando el software Infostat (2014), para la elaboración de resúmenes estadísticos, análisis de varianza y gráficos.

¹ MS, Materia Seca

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad del sargazo

El peso del sargazo húmedo al momento de la recolección en la zona de la playa después de su escurrimiento tuvo una densidad media de 167.26 kg/m^3 , siendo más alta para el sargazo fresco tomado flotando sobre el mar (SM) con una densidad de 184.33 Kg/m^3 y la más baja para el sargazo sobre la playa (SP) de 133.060 Kg/m^3 , Tabla 2.

Tabla 2. Resumen estadístico de la densidad del sargazo fresco.

Muestras	n	Densidad húmedo (Kg/m^3)	E. E.	D. E.	CV
SM	4	184.36	6.66	13.32	7.23
SP	2	133.06	7.78	11.00	8.27
Total general	6	167.26	11.78	28.85	17.25

Tiempo de secado al sol y secado

El secado del sargazo al sol se realizó durante siete días en el mes de octubre de año 2017, con un porcentaje de promedio de peso fresco de 15.24% como se presenta en la Tabla 3. No se encontró relación significativa entre las diferentes fuentes de sargazo y los método de preparación de las muestras. Sin embargo, el contenido de materia seca calculado con reporte de secado de muestras en laboratorio fue de $11.72\% \pm 1.72$.

Tabla 3. Resumen estadístico del porcentaje de peso seco alcanzado por el sargazo después de 7 días de secado al sol.

Código	n	Media (% peso seco)	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx
SML	3	12.64	0.65	0.38	5.14	11.9	13.12
SMSL	1	16.02	0	0	0	16.02	16.02
SPL	2	18.75	3.5	2.48	18.67	16.27	21.22
General	6	15.24	3.42	1.40	22.46	11.90	21.22

Impurezas

Se considera impurezas todo material presente en las muestras diferente al sargazo. La media general del porcentaje de impurezas fue de 6.08%. Sin embargo, el porcentaje en el sargazo tomado en la playa sobre la arena (SP) fue de 8.44% y para el sargazo flotando sobre el agua (SM) fue de un 4.52%.

Tabla 4. Resumen estadístico del porcentaje de impurezas presentes en muestras del sargazo arribado a la costa de la provincia La Altagracia.

Código	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx
SM	3	4.52	0.62	0.36	13.71	3.86	5.09
SP	2	8.44	0.98	0.69	11.65	7.74	9.13
General	5	6.08	2.24	1.00	36.90	3.86	9.13

SM= Muestra de sargazo fresco flotando sobre el agua

SP= Muestra de sargazo colectado sobre la arena de la playa

Humedad y materia seca

Las muestras de sargazo presentaron diferentes niveles de humedad, en función del procedimiento de secado y punto de muestreo. El contenido de materia seca del sargazo fresco fue de 11.76 ± 0.82 , el sargazo secado en horno (60°C) presentó el nivel de humedad más bajo $6.27\% \pm 0.07$ y el más alto para el sargazo fresco tomado del mar y secado al sol con un $25.1\% \pm 0.85$.

Proteínas y fibras

El porcentaje de PC contenida sobre materia seca del sargazo fue de 6.80 ± 0.15 . El valor más alto se obtuvo en el sargazo fresco secado al horno con un valor de 7.37 ± 0.13 . En tanto que el porcentaje de la proteína ajustada (PA) sobre materia seca fue de 4.88 ± 0.14 y no fue afectado significativamente por el método de secado, ni el estado del sargazo muestreado.

El contenido de proteína en la fibra detergente neutro (FDN) en base a materia seca promedio fue de 3.63%. Los valores obtenidos para el sargazo fresco colectado flotando sobre el mar y sobre la arena fue de 4.02%.

Las muestras de sargazo colectadas sobre la arena y secadas al sol presentaron el mayor nivel porcentual de fibra detergente ácido (FDA) con valores de 25.8 ± 0.29 , similar a las muestras de sargazo fresco secadas al horno (22.57 ± 0.09); en tanto, diferentes para el sargazo fresco secado al sol, 19.67 ± 2.18 . En cuanto al contenido de lignina fue de 22.31% en base a materia seca y no presentó diferencias significativas en función del método de secado y muestreo del sargazo. Sin embargo, la lignina en base al contenido porcentual de FDN presentó diferencia significativa con valores medios de 81.32 ± 0.63 para sargazo fresco secado al horno, 71.26 ± 2.48 para el sargazo fresco secado al sol y 63.06 ± 1.14 para el sargazo colectado sobre la arena.

Energía e índices de cálculos

El porcentaje de contenido de grasa cruda (GC) promedio en base a materia seca fue de 0.27 ± 0.06 , y el contenido de carbohidratos no fibrosos (%CNF) en base a materia seca de 29.02%. Ambas no presentaron diferencia significativa para el método de secado y lugar de recolección del sargazo. El porcentaje de nutrientes digestibles totales (NDT) en base a materia seca azo fue de 26.92 ± 1.36 . Realizando la conversión a energía metabolizable, esto equivale a 3.05 Megajoules de energía metabolizable por kg de materia seca (MJ EM/kg MS), Moran (2005). Siendo el sargazo colectado en la arena y secado al sol el cual presentó mayor porcentaje, 32.07 ± 2.1 , similar al sargazo fresco secado al sol, 25.67 ± 1.4 y diferente para el sargazo fresco secado a horno 24.83 ± 0.56 .

El contenido de energía neta de lactancia (ENL) presente fue de 0.27 ± 0.02 Mcal/lb siendo la media más alta para el sargazo colectado sobre la arena y secado al sol con 0.32 Mcal/lb. La ganancia de energía neta (GEN) promedio fue de -0.16 ± 0.02 Mcal/lb y similar a la ENL del sargazo colectado en la arena secado al sol presentó una media mayor con -0.07 ± 0.04 Mcal/lb.

En digestibilidad *in vitro* (DIV) a 30 horas en base a materia seca, expresadas en porcentaje, el promedio general del sargazo fue de 22.00 ± 2.35 y presentó diferencia significativa en función del secado y el estado del sargazo. El porcentaje de digestibilidad *in vitro* fue mayor para el sargazo colectado sobre la arena para un 29.87, seguido del sargazo fresco secado al sol con 23.10 y 12.13 para el sargazo fresco secado al horno.

Tabla 5. Análisis bromatológico del sargazo arribado a la costa de la provincia La Altagracia, República Dominicana, 2017.

Indicadores	Muestras de sargazo (media ± E.E.)*		
	SMH	SML	SPL
Humedad (%)	6.27 ± 0.07 a	25.1 ± 0.85 c	18.13 ± 0.58 b
MS-muestras (% w/w),	93.73 ± 0.07 c	74.9 ± 0.85 a	81.87 ± 0.58 b
PC (% MS),	7.37 ± 0.13 b	6.43 ± 0.19 a	6.73 ± 0.19 ab
Proteína FDN (%MS)	4.02 ± 0.2 b	3.07 ± 0.06 a	4.02 ± 0.08 b
FDA (%MS)	22.57 ± 0.09 ab	19.67 ± 2.18 a	25.8 ± 0.29 b
FDA (%FDN)	86.03 ± 2.25 b	76.47 ± 3.09 ab	73.43 ± 0.43 a
Lignina (%MS)	21.38 ± 0.66 a	18.33 ± 1.94 a	22.16 ± 0.28 a
Lignina (%NDF)	81.32 ± 0.63 c	71.26 ± 2.48 b	63.06 ± 1.14 a
Grasa cruda (%MS)	0.36 ± 0.08 a	0.18 ± 0.04 a	0.33 ± 0.18 a
CNF (%MS),	26.97 ± 0.82 a	28.47 ± 1.3 a	33.33 ± 2.79 a
NDT (%MS),	24.83 ± 0.56 a	25.67 ± 1.4 ab	32.07 ± 2.1 b
ENL (Mcal/lb) (MJ/Kg),	0.25 ± 0.01 a	0.25 ± 0.02 a	0.32 ± 0.02 b
GEN (Mcal/lb)	-0.2 ± 0.01 a	-0.18 ± 0.02 a	-0.07 ± 0.04 b
DIV a 30 h (%MS)	12.13 ± 0.70 a	23.10 ± 0.91 b	29.87 ± 0.27 c
n	3	3	3

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

Minerales

El porcentaje medio de cenizas en base a materia seca fue de 38.79 ± 2.39 , siendo el sargazo colectado sobre la arena el que contiene menor porcentaje de cenizas con 28.45 ± 2.18 .

El contenido medio de calcio expresado en porcentaje de MS fue de 5.99 ± 0.33 , no identificándose diferencia para el método de secado y sitio de colecta del sargazo. Este mismo comportamiento se presentó con el sodio cuya media fue de 1.8 ± 0.08 , el cobre (ppm) 5.22 ± 0.66 y el zinc (ppm) 10.78 ± 0.57 .

Los minerales cuyos contenidos medios presentaron diferencias con respecto al método de secado o sitio de colecta del sargazo fueron P, K, Mg, y Fe. En la Tabla 6, se presentan las medias para los distintos procedimientos de preparación de las muestras. El contenido de potasio fue de 6.30 ± 1.17 (% ms), el magnesio 1.21 ± 0.05 (% ms) y el hierro 104.89 ± 18.31 (ppm). Para el arsénico, bario y boro cuyos valores medios expresados en ppm fueron: 100.92 ± 13.12 , 27.36 ± 1.04 y 280.40 ± 40.14 , respectivamente.

Tabla 6. Contenido mineral de sargazo arribado a la costa de la provincia La Altagracia, República Dominicana, 2017.

Minerales	Muestras de sargazo (media)*		
	SMH	SML	SPL
Cenizas (% MS)	43.08 b	42.39 b	28.45 a
Ca (% MS)	5.63 a	6.74 a	5.59 a
P (% MS)	0.12 b	0.11 b	0.06 a
Mg (% MS)	1.08 a	1.15 a	1.40 b
K (% MS)	9.54 c	7.6 b	1.76 a
Na (% MS)	1.74 a	2.03 a	1.63 a
Fe (ppm)	41.33 a	106.00 b	167.33 c
Mn (ppm)	26.33 a	54.67 c	40.33 b
Zn (ppm)	10.00 a	10.33 a	12.00 a
Cu (ppm)	5.33 a	3.67 a	6.67 a
As (ppm)	143.03 c	106.20 b	53.53 a
Ba (ppm)	25.00 a	26.30 ab	30.77 b
B (ppm)	161.13 a	252.00 b	428.07 c
N	3	3	3

Otros metales como plomo, cadmio y mercurio se encontraron por debajo de parámetros medibles por el laboratorio por lo que los resultados fueron expresados como sigue: Pb < 2.5 ppm, Cd < 0.5 ppm y Hg <10 ppm.

Análisis de indicadores para fertilización de suelo

El contenido promedio de nitrógeno orgánico en las muestras fue de 1.095%, en base al contenido de materia seca (w/w). En tanto que el nitrógeno amoniacal (NA) fue de 0.027%. Se identificó diferencia significativa del contenido de nitrógeno para el método de secado, las muestras secadas al horno con mayor contenido que las muestras secadas al sol.

El contenido promedio de potasio total fue de 6.3% en base al materia seca (w/w), presentado diferencia significativa en cuanto en el método de secado y el lugar de toma de las muestras. El sargazo secado al horno (SMH) presentó un mayor contenido de potasio 9.54% y el contenido más bajo fue para el sargazo colectado en la playa y secado al sol con un 1.76%. Este mismo comportamiento se presentó para el contenido del óxido de potasio (K₂O, potasio disponible) en el cual fue de 7.56% y de 11.45% para el sargazo secado al horno.

El contenido promedio de fósforo total en las muestras de sargazo en base a materia seca (w/w) fue de 0.096%, siendo más alto para el sargazo secado al horno y sargazo fresco tomado sobre el agua. El sargazo en la playa y secado al sol presentó la media más baja con 0.06%. Para el pentóxido de fósforo (P₂O₅) se presentó el mismo comportamiento, cuya media general fue de 0.219%.

Minerales	Media general	Tipo de muestra de sargazo (valores en % del w/w en base a MS)		
		SMH	SML	SPL
Nitrógeno	1.095	1.18 ± 0.03 b	1.03 ± 0.03 a	1.08 ± 0 ab
NA	0.027	0.06 ± 0 b	0.02 ± 0 a	0.01 ± 0 a
K	6.300	9.54 ± 0.16 c	7.6 ± 0.26 b	1.76 ± 0.15 a
K ₂ O	7.560	11.45 ± 0.19 c	9.12 ± 0.31 b	2.12 ± 0.18 a
P	0.096	0.12 ± 0 b	0.11 ± 0.01 b	0.06 ± 0 a
P ₂ O ₅	0.219	0.28 ± 0.01 b	0.24 ± 0.02 b	0.13 ± 0.01 a
n	9	3	3	3

NA, Nitrógeno Amoniacal

Discusión de los resultados

El contenido de materia seca de los forrajes varía entre 15-35% (Instituto Nacional Tecnológico, 2016) por lo que el sargazo muestreado se encuentra por debajo de estos niveles con 11.72%, Oliva *et al.* (2015).

El nivel de proteína cruda (PC) en las macroalgas marinas pardas tiene un rango de 2.4 a 16.8%, siendo este inferior a lo reportado para las macroalgas verdes y rojas (Øverland *et al.* 2019) y valores reportados para insumos utilizados como fuentes de proteína como la soya con un 40% de MS (De Luna 2006). Aunque los resultados PC del sargazo arribado a la provincia La Altagracia fue de 6.8%, está dentro del rango reportado para algas marinas, son inferiores al 15.4% de PC de mezclas de especies de *Sargassum* reportado en las

costas de África (Oyesiku & Egunyomi 2014). También, por debajo del 12.8% de proteína cruda en *Sargassum fluitans* reportado por Milledge & Harvey (2016). Sin embargo, fue similar al 7.7% de proteína cruda de variedades de *Sargassum* reportadas en México (Casas Valdez *et al.* 2006). No obstante, según estudios realizados con gramíneas tropicales de diversos géneros típicamente utilizados en alimentación de vacas de leche y cortadas en un estado avanzado arrojaron una media de 6.5% de PC (Mlay *et al.* 2006), por lo que constituyen valores similares a la PC identificada en el sargazo.

Los forrajes tropicales usados en la alimentación de ganado tienen un alto nivel de FDN. Un estudio realizado con varios géneros de gramíneas y leguminosas tropicales arrojó como resultado un promedio de 69.8% de FDN en las gramíneas y 37.8% en las leguminosas, Mlay *et al.* (2006). La FDA en gramíneas *Brachiaria spp.*, *Panicum spp.* y *Pennisetum spp.* reportada por Ortega *et al.* (2011), fue de 41.6 a 48.7%. En el sargazo arribado a la provincia La Altagracia hay menor contenido de FDN y FDA que en las gramíneas tropicales. Esto se puede comparar con otros ingredientes usados en la alimentación animal como el afrecho de arroz y el afrecho de trigo, los cuales tienen 33.5 y 49.0% de FDN, respectivamente. Sin embargo, la FDA del sargazo (25.8%) es más alta que el 15.0% reportado para el afrecho de trigo (Mlay *et al.* 2006 y Schulze *et al.* 1994). Debido a que la FDA representa los componentes menos digeribles de la planta, incluyendo la lignina, pudiera representar una limitante para el consumo voluntario del sargazo.

Si se realiza la conversión a partir de los NDT del sargazo arribado a la provincia la Altagracia (26.92%), obtenemos 3.05 megajoules de energía metabolizable por kg de materia seca (MJ EM/kg de MS). Se espera en gramíneas tropicales un mínimo de 48% NDT, esto equivale a 7.0 MJ EM/kg MS. El mínimo esperado en leguminosas tropicales es entre 50 y 73% de NDT, Moran (2005). Por lo que se concluye que el sargazo que arriba a la costa este de República Dominicana es una planta que provee bajo nivel de energía para la alimentación animal.

La digestibilidad de la materia seca de gramíneas tropicales se encuentra entre 50% y 65%, Moran (2005) y Aminah y Chen (1989), si es comparado con los resultados del sargazo de un 22%, se observa una baja digestibilidad lo cual se puede asociar a su bajo nivel de energía, lo que implica que su uso en dietas de animales debe estar sujeto a ser complementado por otros ingredientes con mayor nivel de energía, para evitar desbalances nutricionales.

En cuanto a contenido de minerales del sargazo, se encontró niveles de calcio, magnesio y potasio de 5.99%, 1.21% y 6.30%, respectivamente. Los niveles de calcio en sargazo están por encima de los valores reportados para algunas pasturas como alfalfa, 2.26 % MS, sorgo tipo sudan, 0.43 %MS y maíz, 0.33 %MS, Parsi (2001). Varios autores reportan valores entre 0.14 a 0.35% MS para el contenido de fósforo, relativamente superiores a las encontradas en el sargazo 0.096% MS. La inclusión de sargazo en la formulación de dietas para animales puede conllevar a una reducción del uso de minerales de fuentes inorgánicas.

El contenido total de sodio en el sargazo fue de 1.8 % de la MS, valor esperado para una especie pelágica. Considerando que la sal contiene un 38.758 % de Na, se estima que el contenido de sal en el sargazo equivale a 4.64 % de MS, lo que representa una interesante fuente para la dieta animal. La ingesta de sal sugerida por el NRC (1996) para vacas lactantes es de 0.10% de la dieta total, y en ganado de carne entre 0.06 y 0.08 % de la dieta total, Johansson (2008). Sanchez *et al.* (1994) reportaron que las vacas en climas tropicales (bajo estrés calórico) excretan 1.5 veces la cantidad de sodio que vacas en clima fresco. Autores sugieren elevar la

ingesta de sodio con una ingesta óptima para vacas lecheras de 0.40 % MS, Phillips *et al.* (2000). El sargazo podría jugar un papel importante como suplemento de sal en dietas basadas en forrajes tropicales.

El arsénico y sus compuestos son venenos potentes que causan contaminación ambiental generalizada, así como en plantas y animales, Singh *et al.* (2014). La Unión Europea ha establecido el contenido máximo de arsénico de 2 mg/kg en el alimento completo (con 12% de humedad) para todas las especies animales y 10 mg/kg para especies de animales de cuero, Bampidis *et al.* (2013), esto es equivalente 10 ppm, valor que está por debajo del contenido por el sargazo de 100.92 ppm en base a MS y 88.28 ppm en el sargazo seco con 11.72% de humedad, sin embargo, en el rango del máximo tolerable en vacas según el NRC es de 50 a 100 mg/kg. Para utilizar el sargazo como complemento animal, debe regularse el suministro mediante el equilibrio de la dieta diaria o proporción de sargazo que no supere los límites permitidos. Bampidis *et al.* (2013) señala que la dosis tóxica para el arsenico de sodio oral (NaAsO_2) es de 6.5 mg/kg de peso corporal en caballos, 7.5 mg / kg de peso corporal en bovinos, 11 mg/kg de peso corporal en ovejas y 2 mg/kg de peso corporal en cerdos.

La Unión Europea establece que el contenido máximo de cadmio en alimento es de 0.5 mg/kg de alimento (con 12% de humedad) para todas las especies animales y 1 mg/kg para rumiantes, Bampidis *et al.* (2013). Dado que los valores de cadmio resultantes del sargazo arribado a la costa de la provincia la Altagracia se encuentra por debajo de estos valores, menor de < 0.5, indica que pueden ser utilizados para la alimentación animal. Para contenido de plomo, los valores encontrados en el sargazo son menores de 2.5 ppm, valores máximos permitidos por la Unión Europea es de 5 mg/kg, Bampidis *et al.* (2013).

En el caso del mercurio, los valores para el sargazo encontrados fueron menores a 10 ppm, mientras los valores establecidos por la EU son de 0.1 mg/kg de alimento, Bampidis *et al.* (2013). Sin embargo, en reporte de sargazo de otras localidades de la República Dominicana, se reportan valores promedios de 1.14 mg/kg, Fernández *et al.* (2016). Esto indica que la utilización del sargazo para la alimentación animal debe ser cuidadosamente monitoreada para garantizar que los valores de mercurio se encuentren por debajo de una concentración máxima de 2 mg/kg, según el US NRC², Bampidis *et al.* (2013).

Algas marinas han sido utilizadas reportadas como fuente para la elaboración de fertilizantes; se producen más de 15 millones de toneladas de algas y se utilizan como fertilizantes, Gencsoylu (2016). El contenido de nitrógeno promedio del sargazo arribado a la costa de la provincia la Altagracia fue de 1.1 % en base a materia seca, lo cual lo coloca en el límite inferior de los niveles de los extractos de materiales de plantas entre el 1 % a 4 %, Román *et al.* (2013); esto indica que puede aportar valores de nitrógeno similares a restos de algunas plantas o residuos de cosecha, aunque se encuentra por debajo de otras enmiendas, tales como: estiércoles de gallinaza, vacuno, porcino y ovino, cuyos valores típicos están entre el 2 % a 8 %, Figueroa y Cueto (2003).

En cuanto a los niveles de potasio, el sargazo se encuentra por encima de los valores reportados para estiércoles con 1 a 3 %, Figueroa y Cueto (2003); por lo que puede constituir una fuente para la formulación de fertilizantes. Los valores de potasio que presenta el sargazo arribado a la provincia la Altagracia fue de 6.3% se corresponden con los reportados por especies del género *Sargassum* dentro de la Bahía de La Paz en Baja California Sur, MX; con valores de 6,800 mg/100g (Casas *et al.* 2006) equivalentes a un 6.8%. Estos valores son

superiores algunos estiércoles como gallinaza y estiércol vacuno entre el 1.11 % a 1.67 %, Figueroa y Cueto (2003).

Al comparar los contenidos de P, K, Ca, Mg del sargazo arribado a las costas del provincia la Altagracia y los valores para otros insumos con potencial para la elaboración de fertilizantes orgánicos como el estiércol bovino lechero reportados por Figueroa y Cueto (2003), se debe destacar que el contenido de fósforo es más bajo en el sargazo 0.51% a 0.096%; en el potasio 3.41% a 6.3%, el sargazo por encima; el calcio 3.68% a 5.99% y magnesio 0.71% a 1.21%. En el caso del sodio, en de 0.51% y en el sargazo de 1.8%.

Con relación óxido de potasio (K_2O), presente en el sargazo arribado a la provincia La Altagracia este, se encuentra con valores medios por encima de varios insumos utilizados como enmiendas de suelo en la producción agropecuaria, tales como: estiércoles de bovinos, gallinaza y *Canavalia ensiformis*, entre otros. El sargazo presenta valores similares a los reportados por Garro (2016) para los tallos de banano con un 7.36% y 7.56% para el sargazo. También, se reportan valores de P_2O_5 de 0.26% para la cascarilla de café y 0.25% para el bagazo de caña, los cuales son comparables con los valores medios del sargazo, sin embargo, se encuentra por debajo de los valores de diferentes estiércoles, tales como: cerdaza, bovino y gallinaza, los cuales se encuentran entre 0.68 % a 3.60 %. El potencial de uso del sargazo puede estar asociado a la elaboración de enmiendas orgánicas para suelo que demanden minerales como calcio, potasio y magnesio.

Basado en las normas de la Unión Europea, un abono orgánico no puede superar las concentraciones de metales pesados como sigue: cadmio (cd) 1.5 mg/kg de MS; , mercurio (hg) 1 mg/kg de MS, plomo (pb) 120 mg/kg de MS, arsénico inorgánico (as) 40 mg/kg de MS, cobre (cu) 300 mg/kg MS, 800 mg/kg MS, Reglamento (ue) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo (2019). Los valores de estos metales pesados en el sargazo colectado en la provincia la Altagracia se encuentran por debajo de los valores máximos permitidos en el Reglamento de la UE, por lo que pueden utilizarse como enmienda para suelos o como insumo para la elaboración de abonos orgánicos.

CONCLUSIONES

- Los valores de PC en el sargazo arribado en la provincia La Altagracia fue de 6.8% de MS, similar a PC reportado en gramíneas tropicales utilizados en alimentación de ganado vacuno, por lo que puede utilizarse como suplemento o complemento en el suministro de PC en ganado.
- El sargazo presenta valores similares de FDN a insumos, comúnmente utilizados en la alimentación animal, tales como: afrecho de arroz y afrecho de trigo.
- El sargazo provee bajo nivel de energía para la alimentación animal (3.05 MJ EM/kg de MS), así como una baja digestibilidad (22%). Su uso en dietas de animales debe estar complementado por otros ingredientes con mayor nivel de energía para evitar desbalances nutricionales.
- El potencial del sargazo está relacionado con su contenido de minerales, entre los cuales se destacan los niveles de calcio, magnesio y potasio con 5.99 %, 1.21 % y 6.30%, respectivamente.
- La inclusión de sargazo en la formulación de dietas para animales puede conllevar a una reducción del uso de minerales de fuentes inorgánicas.
- Los niveles de arsénico presente en las muestras de sargazo evaluadas fueron de 100.92 ppm de MS y 53.53 ppm para el sargazo colectado sobre la playa y secado al sol, respectivamente. Esto constituye una limitante para su uso en la alimentación animal; para utilizar el sargazo como complemento animal debe regularse el suministro mediante el equilibrio de la dieta diaria.
- En términos del potencial para la elaboración de fertilizantes, el sargazo tiene bajos niveles de nitrógeno con 1.1% de MS, que lo colocan en el límite inferior de los valores de extractos de plantas. Adicionalmente, tiene bajos niveles de fósforo (0.096% de MS) y P_2O_5 (0.26% de MS) al compararse con otras fuentes. Sin embargo, el potencial del sargazo como fuente o fertilizante puede estar asociado a la elaboración de enmiendas orgánicas

para suelo que demanden minerales como calcio, potasio y magnesio, el mismo presenta valores altos de calcio (5.99% de MS), potasio (6.3% de MS), magnesio (1.21% de MS) y K₂O (7.56% de MS).

- En cuanto al contenido de metales pesados del sargazo arribado a la provincia la Altagracia, se encuentran por debajo de los valores máximos permitidos por la UE, por lo que puede utilizarse como enmienda para suelos o como insumo para la elaboración de abonos orgánicos.

LITERATURA CITADA

- De Luna, A. 2006. Valor nutritivo de la proteína de soya. *Investigación y Ciencia*, 14(36): 29-34. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf>
- Aminah, A.; Chen, C. 1989. *Future Prospects for Fodder and Pasture Production*. In: *Feeding dairy cows in the tropics. Proceedings of the FAO Expert Consultation held in Bangkok*. Thailand. 7-11 July 1989; Eds.: A. Speedy y R. Sansoucy.
- Bampidis, V.; Nistor, E.; Nitas, D. 2013. Arsenic, Cadmium, Lead and Mercury as Undesirable. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 46(1): 17-22.
- Casas, M. 2009. *Recursos Marinos y Servicios Ambientales en el Desarrollo Regional*. (J. Urciaga, L. Beltrán, & S. C. Lluch, Edits.) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Casas, M.; Hernández, H.; Marín, A.; Aguila, R.; Hernández, C.; Sánchez, I.; Carrillo, S. 2006. El alga marina Sargassum (Sargassaceae): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Revista Biología Tropical*, 54(1): 83-92. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000100010&lng=en&tlng=es
- Fernández, F.; Boluda, C.; Olivera, J.; Guillermo, L.; Gómez, B.; Echavarría, E.; Gómez, A. 2016. Análisis elemental prospectivo de la biomasa algal acumulada en las costas de la República Dominicana durante 2015. (Y. Albernas Carvajal, Ed.) *Revista Centro Azúcar*, 44(1): 11-22.
- Figuroa, U.; Cueto, J. 2003. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. En S. M. Suelo (Ed.), *Abonos Orgánicos y Plásticultura* (págs. 1-21). México: Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED.
- Garro, J. 2016. *El suelo y los abonos orgánicos*. Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Gencsoylu, I. 2016. Effect of Seaweeds and Organic Foliar Fertilizers on the Cotton Pests Predators, Yield and Fiber Quality in Cotton. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, 13(2): 33-34. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/278013>
- Instituto Nacional Tecnológico. 2016. *Manual del protagonista: pastos y forrajes*. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forrajes.pdf
- Johansson, K. 2008. *Salt to ruminants and horses*. Uppsala: Department of Animal Nutrition and Management. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Kovač, D.; Simeunović, J.; Babić, O.; Mišan, A.; Milovanović, I. 2013. Algae in Food and Feed. *Food and Feed Research*, 40(1), 21-31.
- Mendez, R.; Rosado, G. 2019. Influence of climatic factors on Sargassum arrivals to the coasts of the Dominican Republic. *Journal of Oceanography and Marine Science*, 22-32. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://academicjournals.org/journal/JOMS/article-full-text-pdf/5E6723C62067>

- Milledge, J.; Harvey, P. 2016. Golden Tides: Problem or Golden Opportunity? The Valorisation of Sargassum from Beach Inundations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(3). (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: doi:10.3390/jmse4030060
- Mlay, P.; Pereka, A.; Phiri, E.; Balthazary, S.; Igusti, J.; Hvelplund, T.; Madsen, J. 2006. Feed value of selected tropical grasses, legumes and concentrates. *VETERINARSKI ARHIV*, 76(1): 53-63. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <http://vetarhiv.vef.unizg.hr/papers/2006-76-1-6.pdf>
- Moran, J. 2005. *Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics*. Australia: Landlinks Press. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: http://www.tarunpaul.sitew.org/fs/Root/cr2ow-Tropical_dairy_farming.pdf
- Oliva, M.; Rojas, D.; Morales, A.; Oliva, C.; Oliva, M. 2015. Contenido nutricional, digestibilidad y rendimiento de biomasa de pastos nativos que predominan en las cuencas ganaderas de Molinopampa, Pomacochas y Leymebamba, Amazonas, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3). (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.07>
- Ortega, R.; Castillo, E.; Jarillo, J.; Escobar, R.; Ocaña, E.; Valles, B. 2011. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and untisol soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13: 481-491.
- Øverland, M.; Mydland, L.; Skrede, A. 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of science of food and agriculture*, 13-24. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: 10.1002/jsfa.9143
- Oyesiku, O.; Egunyomi, A. 2014. Identification and chemical studies of pelagic masses of Sargassum natans (Linnaeus) Gaillon and S. fluitans (Borgessen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 13(10): 1188-1193. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: 10.5897/AJB2013.12335
- Parsi, J.; Godio, L.; Miazzo, R.; Maffioli, R.; Echevarría, A.; Provensal, P. 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. Cursos de Producción Animal. Argentina: FAV UNRC. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf
- Phillips, C.; Chiy, P.; Arney, D.; Kärt, O. 2000. Effects of sodium fertilizers and supplements on milk production and mammary gland health. *Journal of Dairy Research*, 67(1): 1-12. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0022029999003970>
- Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo. 2019. *Diario Oficial de la Unión Europea. Actos Legislativos*, L 170/1 -L 170/114. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2019/170/L00001-00114.pdf>
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual del compostaje del agricultor: experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: FAO. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Rosado, G. 2019. Las arribaciones de Sargazo en la costa Este de la República Dominicana. XV Congreso Internacional de Investigación Científica Mescyt. 5 al 7 de Junio 2019. Santo Domingo, DO.
- Sanchez, W.; Mcguire, M.; Beede, D. 1994. Macromineral Nutrition by Heat Stress Interactions in Dairy Cattle. *Dairy Science Department*, 77(7): 2051-2079.
- Schulze, H.; Leeuwen, P.; Verstegen, M.; Huisman, J.; Souffrant, W.; Ahrens, F. 1994. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. *Journal of animal science*, 72(9): 2362-2368. (En línea). Revisado el 1 de enero 2022. Disponible en: 10.2527/1994.7292362x
- Singh, S.; Singh, Z.; Hundal, S. 2014. Assessment of Arsenic Toxicity in Animal and Plant Models: a review. *International Journal of Analytical, Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 4(2): 6-15.

Emisiones de metano entérico proveniente de novillas doble propósito en condiciones de pastoreo

Gregorio García¹, Joaquín Caridad², Víctor Asencio² y Pedro Núñez³

¹Líder del proyecto e Investigador Titular proyecto Mescyt 2015-1A1-085 "Medición, Cuantificación y Opciones de Mitigación de Gases con Efecto Invernadero (óxido nitroso y metano entérico) Emitidos por la Ganadería Dominicana que Influyen en el Cambio Climático". Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), calle Rafael Augusto Sánchez N° 89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana.

²Investigadores Asociados del proyecto Mescyt 2015-1A1-085, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf).

³Investigador Titular, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Investigador Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), docente Cátedra de Suelos Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD),

*Autor para correspondencia: glagombra@idiaf.gov.do, glagombra@gmail.com

RESUMEN

El metano (CH₄) es un gas de efecto invernadero (GEI), importante en los sistemas de producción ganadera. En la República Dominicana no existen precedentes en la aplicación de técnicas para coleccionar muestras y medir las emisiones de metano en bovinos; por tanto, el objetivo de este estudio fue cuantificar las emisiones de metano entérico mediante la técnica de trazado con hexafluoruro de azufre (SF₆) en novillas mestizas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) de doble propósito, en condiciones de pastoreo en la República Dominicana. El estudio se realizó con tres grupos (I, II y III) de 14, 9 y 5 animales, respectivamente y tres dietas: novillas en pastoreo, pastoreo + concentrado y pastoreo + concentrado + monensina sódica. Se tomaron 140 sub-muestras de aire directamente del collar de los animales, se pasaron a viales y analizadas mediante cromatografía gaseosa. En novillas que consumió solo forraje se obtuvo como resultado un promedio de 130.37 g de CH₄/día, 20.25 g de CH₄/kgMSI/día y 0.48 g CH₄/kgPV/animal. En novillas consumiendo forraje y alimento concentrado, se obtuvieron emisiones de 127.30 g de CH₄/día, de 15.41 g de CH₄/kgMSI/día y 0.44 g de CH₄/kgPV/día. En el grupo consumiendo alimento con monensina, la emisión de metano se redujo en 42.75% comparado con las otras dietas. Se concluyó que el incremento del consumo de alimento incrementa las emisiones de CH₄ basado kg de PV, que se producen emisiones similares basadas en el consumo kg de MS, pero al agregar monensina al concentrado se reducen las emisiones de CH₄.

Palabras claves: Metano, Hexafluoruro de azufre, GEI, bovino.

ABSTRACT

Methane (CH₄) is a greenhouse gas (GHG), important in livestock production systems. In the Dominican Republic there are no precedents in the application of techniques to collect samples and measure methane emissions in cattle; therefore, the objective of this study was to quantify enteric methane emissions using the sulfur hexafluoride (SF₆) tracing technique in dual-purpose crossbred heifers (*Bos taurus* x *Bos indicus*) under grazing conditions in the Dominican Republic. The study was carried out with three groups (I, II and III) of 14, 9 and 5 animals, respectively and three diets: grazing heifers, grazing + concentrate and grazing + concentrate + sodium monensin. 140 sub-samples of air were taken directly from the animals' collar, transferred to vials and analyzed by gas chromatography. In heifers that consumed only forage, an average of 130.37 g of CH₄/day,

20.25 g of CH₄/kgMSI/day and 0.48 g CH₄/kgPV/animal was obtained as a result. In heifers consuming forage and concentrated feed, emissions of 127.30 g of CH₄/day, 15.41 g of CH₄/kgMSI/day and 0.44 g of CH₄/kgPV/day were obtained. In the group consuming monensin feed, the methane emission was reduced by 42.75% compared to the other diets. It was concluded that increased feed consumption increases CH₄ emissions based on kg LW, that similar emissions are produced based on kg DM consumption, but adding monensin to the concentrate reduces CH₄ emissions.

Keywords: Methane, sulphur hexafluoride, GHG, bovine.

INTRODUCCIÓN

La República Dominicana es un país insular en desarrollo localizado en la región del Caribe. Genera menos del 0.1% de las emisiones GEI (Usaid, 2013), contribuye con un 0.06% de las 49 Gt de GEI registradas como cifras record en las emisiones históricas. La Tercera Comunicación Nacional contiene el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) y el análisis de la composición de la matriz de emisiones nacionales, según el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (Mepyd) y otras instituciones, la República Dominicana emite menos del 0.1% de las emisiones globales de GEI. Sin embargo, dada su condición de insularidad es muy vulnerable a los impactos del cambio climático, tales como: el incremento en la temperatura, el aumento del nivel del mar y la variabilidad extrema de las precipitaciones, USAID (2013).

República Dominicana inició investigaciones para monitorear GEI en sistemas ganaderos. Se ha recibido financiamiento del Fondo Regional para la Agropecuaria (Fontagro, 2015) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt) del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Mescyt). Se ha estado recopilando informaciones sobre las emisiones de N₂O y metano entérico (CH₄) en suelos pastoreados con animales bovinos y uso de suplementación bajo influencia de heces, orina y fertilizantes de liberación lenta, Núñez *et al.* (2021).

El CH₄ es considerado como el GEI que más contribuye al cambio climático y emite radiación térmica, influyendo de esta forma al fenómeno del calentamiento global y al cambio climático. Se estima que cerca de 500 millones de tm de CH₄ ingresan a la atmósfera anualmente debido a actividades humanas y fenómenos naturales, Carmona *et al.* (2005), Johnson y Johnson (1995) y Lassey (2014).

La agricultura y la producción pecuaria contribuyen a las emisiones antropogénicas de CH₄ a la atmósfera, siendo la ganadería una de las actividades que más aportan a las emisiones de este gas, Johnson y Johnson (1995) y INGEI (2015). En ese sentido, los rumiantes, principalmente los bovinos, producen una considerable cantidad de CH₄ en los procesos de fermentación anaeróbica en el rumen.

Existen diferentes especies de microorganismos que transforman la materia vegetal ingerida por el rumiante en sustancias químicamente simples que luego pasan a ser absorbidas por el sistema digestivo del animal. Sin embargo, en estos procesos también se producen moléculas no utilizables por el rumiante como el hidrógeno (H₂) y el dióxido de carbono (CO₂), los cuales deben eliminarse para mantener un balance en el pH del ambiente ruminal, Beauchemin *et al.* (2008), Carmona *et al.* (2005) y Galindo *et al.* (2005). En los procesos químicos de la metanogénesis se produce un gasto

de energía que consecuentemente no podrá ser aprovechado por el animal, Beauchemin *et al.* (2008), Carmona *et al.* (2005) y Ramírez-Bribiesca (2018).

La producción de CH₄ por rumiantes representa un gasto energético que resulta en una disminución de la productividad. Al reducir las emisiones de CH₄, la energía que normalmente se destinaba a la metanogénesis (2 - 12% energía bruta ingerida) podrá ser reorientada a la producción de leche o a la ganancia de peso, Johnson *et al.* (2007). De esta forma se estarían contemplando beneficios, tanto para el animal como para el productor y al mismo tiempo, se reducirán las emisiones GEI, disminuyendo así la contribución al fenómeno del cambio climático.

Existen diversos métodos destinados a reducir las emisiones de CH₄, tales como: la utilización de dietas concentradas con mayor digestibilidad, el uso de leguminosas en el forraje, las vacunas anti-metanogénicas, la aplicación de extractos vegetales en el alimento y la adición de algunas sustancias a la dieta de los animales. Entre estas sustancias se destacan los antibióticos ionóforos, como la monensina sódica, Beauchemin *et al.* (2008), Bonilla y Lemus (2012) y Ramírez-Bribiesca (2018).

Para evaluar los efectos de los diversos tipos de alimentación de los animales en la mitigación de la producción de CH₄, se requiere cuantificar las emisiones de CH₄ y para esto se ha desarrollado la técnica de trazado con hexafluoruro de azufre (SF₆), creada por Johnson y Johnson (1995), para condiciones de pastoreo, Berndt *et al.* (2014).

En la República Dominicana no se tiene disponible estudios científicos ni datos donde se determine la emisión de GEI producidos por el sector ganadero a nivel nacional, Ingei (2015). Asimismo, no hay precedentes en la aplicación de técnicas para coleccionar muestras y medir las emisiones de metano en bovinos y por esta razón, se realizó esta investigación con el objetivo de cuantificar las emisiones de metano (CH₄) entérico mediante la técnica de trazado con hexafluoruro de azufre (SF₆) en novillas mestizas (*Bos taurus* × *Bos indicus*) de doble propósito, en condiciones de pastoreo en la República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental Pedro Brand del Centro de Producción Animal (CPA) del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), Santo Domingo Oeste, República Dominicana. Ubicada en los 18°54'84" latitud norte y 70°07'65" longitud oeste, a una altitud de 90 msnm, con una temperatura media anual de 25 °C y precipitación promedio anual de 1800 mm.

Metodología

La investigación es de tipo no experimental, donde se usaron tres grupos de animales (I, II y III) con 14, 9 y 5 novillas de doble propósito, respectivamente, del cruce de las razas *Bos taurus* × *Bos indicus*, no gestantes, con peso variado. Estos animales fueron seleccionados a través del método reversado de acuerdo a su peso, luego se asignaron al azar a cada grupo de manera homogénea. El experimento siguió las normas metodológicas establecidas por el «*Protocolo para determinación de emisión de metano en rumiantes*», diseñado por el Grupo de Medición de GEI, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), La Estanzuela, Uruguay (Ciganda, 2015).

Fases, grupos y variables

El experimento se llevó a cabo en tres fases (I, II y III), con tres grupos de animales de 14, 9 y 5 animales, respectivamente y tres dietas: pastoreo; pastoreo + concentrado y pastoreo + concentrado + monensina sódica. Se midieron las emisiones de metano entérico y hexafluoruro de azufre emitido/animal y en el ambiente y el consumo estimado de forraje en condiciones de pastoreo/animal. Además, el rendimiento de emisiones por peso vivo y materia seca ingerida, propiedades bromatológicas del pasto, de los concentrados y las heces.

Manejo del experimento

En el establecimiento del experimento y para identificar a los animales, se utilizaron arneses rojo y azul con uniones de velcro y hebilla para ajuste según tamaño de cada animal, porta-tubos con fondo de tela reforzada y broches para acoplarse al arnés. Además, se usó recipientes colectores cilíndricos metálicos (500 ml) de acero inoxidable con base y tapa de acople rápido "Swagelok", detallados en el protocolo guía de Ciganda (2015). En la Figura 1, se observa el proceso para el pesaje de los tubos de permeación, los cuales fueron introducidos al rumen de cada una de las novillas, una vez conocida su tasa de pérdida de SF₆ (tasa de permeación). En la Figura 2, se presenta el sistema/retículo de vacío completo, incluyendo las partes, materiales y equipos usados. En la Figura 3, se presenta la configuración de los restrictores de flujo y su ajuste (Figura 4), en la Figura 5, se observa el sistema de medición de metano instalado en los animales y en la Figura 6, el sistema de colectores de metano para el ambiente.



Figura 1. Entorno de pesaje de los tubos de permeación de SF₆ (Fuente: elaboración propia).

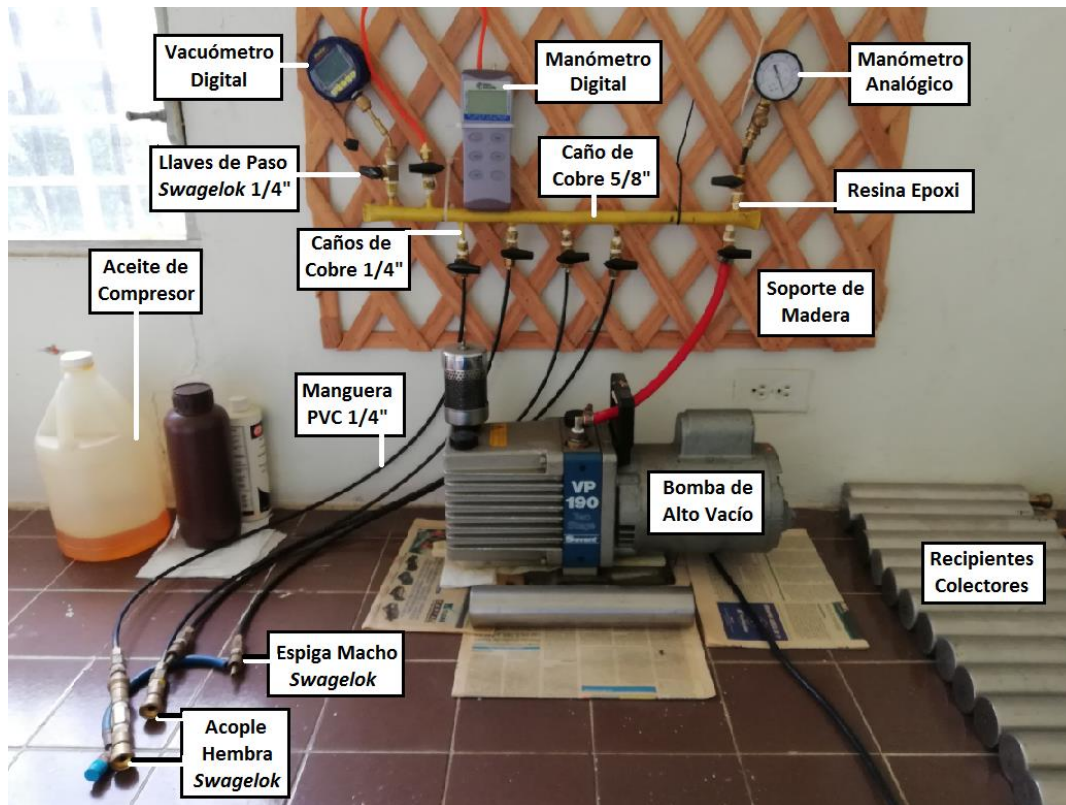


Figura 2. Sistema/retículo de vacío completo, elaborado por los autores.

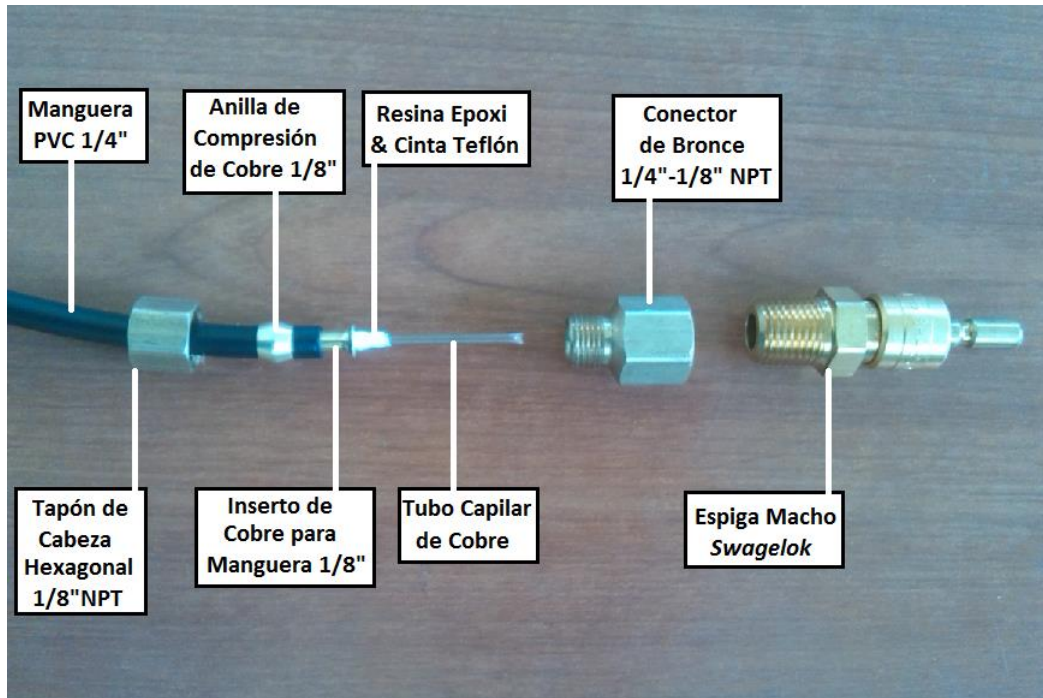


Figura 3. Detalles de la configuración de los restrictores de flujo, elaborado por los autores.

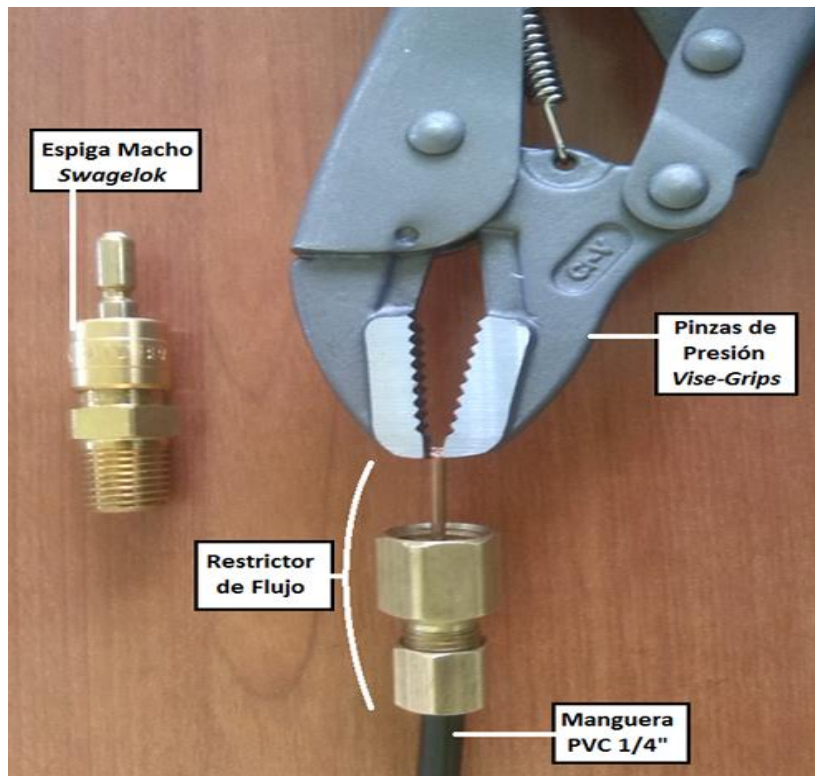


Figura 4. Proceso de ajuste de restrictores de flujo, elaborado por los autores.

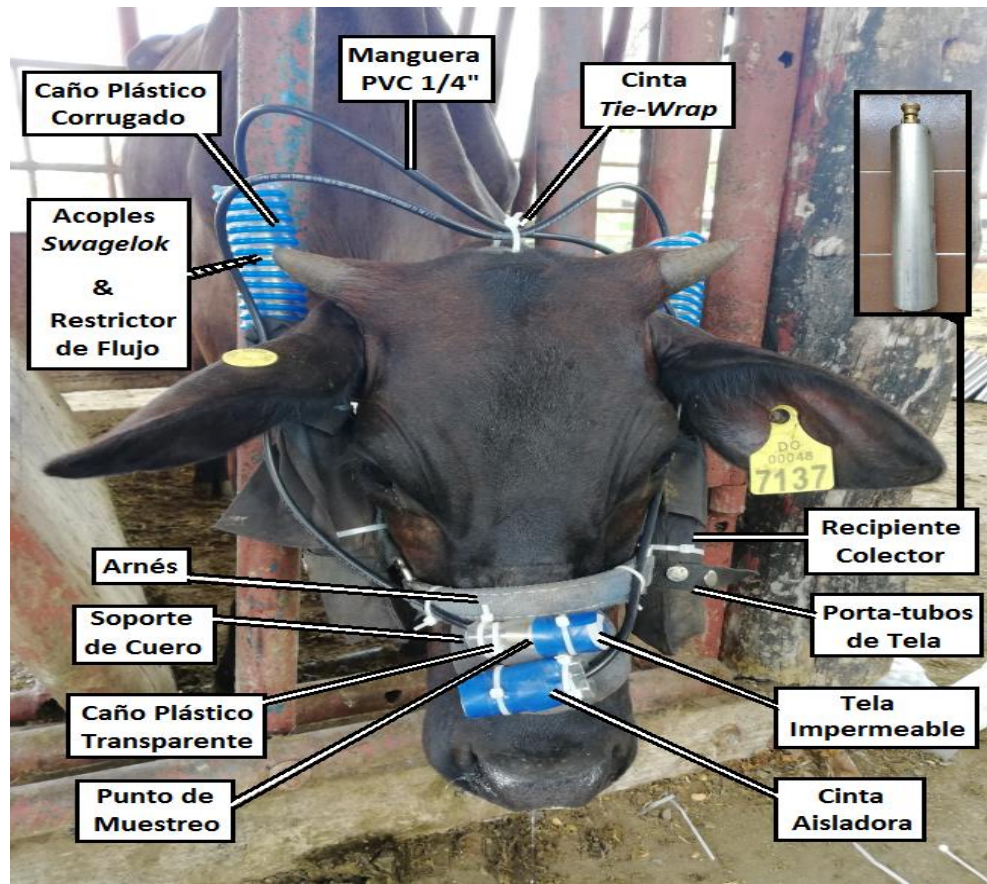


Figura 5. Sistema completo de colección de CH₄ entérico instalado en las novillas, elaborado por los autores.



Figura 6. Sistemas colectores de aire ambiental, colocados en el potrero (a) y en los establos (b), elaborado por los autores.

Cálculo de emisiones

En la investigación se utilizaron materiales, equipos e instalaciones según figuras 1 al 6. Las emisiones fueron calculadas adaptando el protocolo de la técnica de SF₆, Ciganda (2015). En la Figura 7, se observa el ensamblado para la extracción de muestras en tubos de acumulación de aire y colocación en viales para la lectura en laboratorio, por cromatografía de gases. Las concentraciones de metano se obtuvieron utilizando la tasa de liberación de SF₆ (SF₆ TL) de cada tubo de permeación correspondiente a cada animal, valores de concentración de CH₄ (ppm) y de SF₆ (ppt) de cada una de las sub-muestras de aire emitidas por los animales. También, se usaron los parámetros de área CH₄ [μV.s], concentración de CH₄ [ppm], área SF₆ [μV.s] y concentración de SF₆ [ppt]. En los casos que se utilizaron dos recipientes colectores ambientales, se promediaron los resultados de las sub-muestras y fueron analizadas en el laboratorio de gases de la Estación Experimental de Remehue, Ozorno, del Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA) de Chile. En total, para los análisis de metano (CH₄) y de hexafluoruro de azufre (SF₆), se recolectaron 140 muestras de aire.

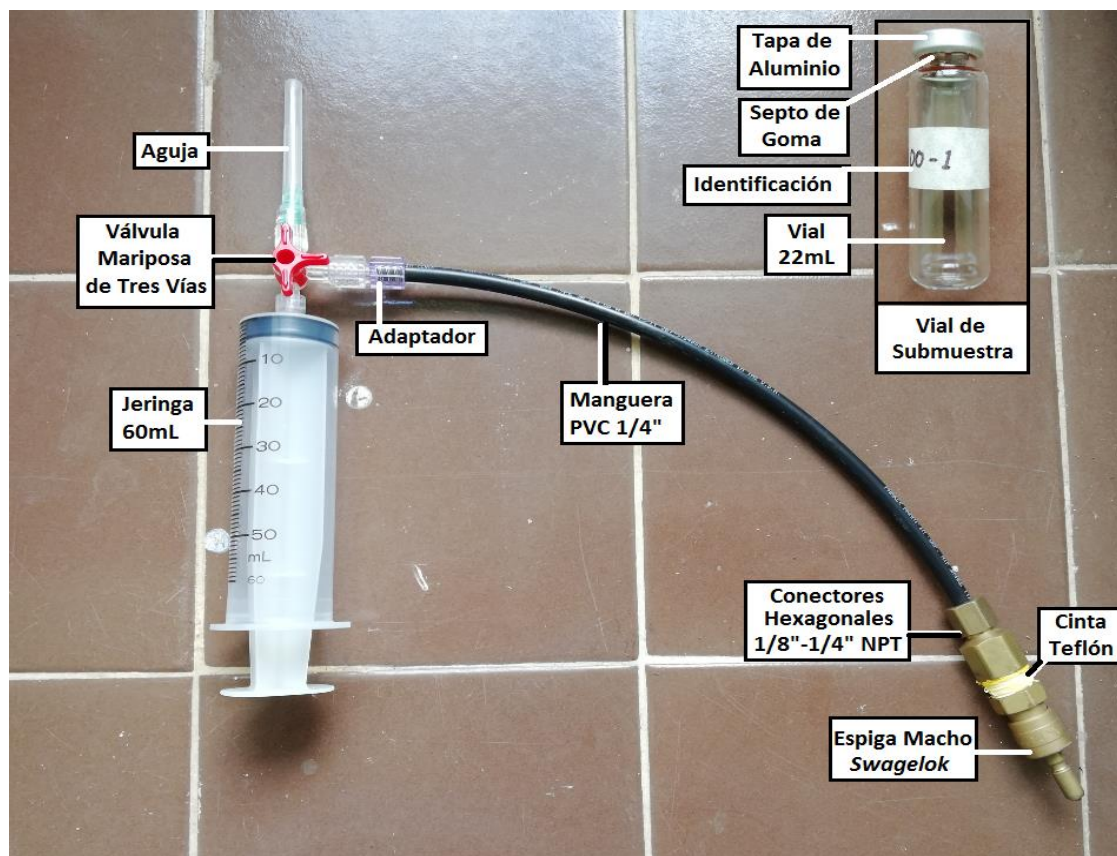


Figura 7. Configuración de adaptador/extractor de sub-muestras y vial ensamblado, elaborado por los autores.

El factor de corrección (FC) de las concentraciones, se calculó utilizando los datos de presión P_i y P_f : $FC = P_f/P_i$. Luego, se multiplicó cada valor por FC para corregir las concentraciones de CH_4 y SF_6 entéricos (CH_{4ent} y SF_{6ent}) de las sub-muestras colectadas de los animales y las concentraciones atmosféricas de control ($CH_{4atm.}$ y $SF_{6atm.}$). Para determinar la emisión diaria de CH_4 entérico, se utilizó la siguiente ecuación, Ciganda (2015), que incluye la corrección por los pesos moleculares (PM) de cada gas (PM $CH_4 = 16$ y PM $SF_6 = 146$):

Ecuación 1:

$$CH_4 \text{ (g día}^{-1}\text{)} = SF_6 \text{ TL (mg día}^{-1}\text{)} * \left[\frac{CH_{4ent} - CH_{4atm} \text{ (ppm)}}{SF_{6ent} - SF_{6atm} \text{ (ppt)}} \right] * \left[\frac{16 \text{ (PM } CH_4\text{)}}{146 \text{ (PM } SF_6\text{)}} \right] * 1000$$

Los datos obtenidos fueron tabulados en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel. Se utilizó la misma herramienta para aplicar las ecuaciones necesarias para el análisis de los resultados de emisión de CH_4 entérico.

Consumo de materia seca por los animales

El consumo de materia seca en pastoreo se obtuvo siguiendo las recomendaciones de Montenegro-Ballester y Barrantes-Guevara (2016). Para datos específicos de la República Dominicana, se recomienda estimar este consumo en menos de un 2%, según datos no publicados del CPA del Idiaf. Los forrajes utilizados fueron muestreados al inicio y al final del ensayo, utilizando una tijera, tomando las muestras a una altura de cinco (5) centímetros (cm), en un área 0.5 m^2 . Estas informaciones fueron usadas para determinar la producción/superficie y posterior análisis de laboratorio.

Toma de muestras de heces

Las muestras de heces fueron tomadas directamente del recto de tres animales de cada grupo que fueron seleccionados al azar, se tomaron dos muestras por animal, para un total de 12 muestras fecales. Las heces fueron colocadas en contenedores de plástico sellables y almacenadas en refrigeración hasta su análisis. Se caracterizó las heces y los forrajes y concentrados en términos de materia seca, humedad, proteína cruda, carbohidratos, grasas, cenizas, fibra cruda, fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD). Las muestras fueron analizadas en los laboratorios de la Junta Agroempresarial Dominicana (JAD) y Veterinario Central (Lavecen).

Análisis de datos

Los datos fueron tabulados y analizados usando estadística descriptiva y el software Excel de Office, versión 2020. Los resultados son presentados en tablas según fases y número de grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emisiones de metano

Se observó que los resultados de las concentraciones ambientales de metano (CH_4) y de hexafluoruro de azufre (SF_6) varían entre fases, al igual que con las otras muestras control, Tabla 1. En la Fase I, luego de aplicar los factores de corrección a los resultados recibidos, el promedio de las concentraciones de CH_4 en las muestras atmosféricas fue de 9.48 ppm y el de las concentraciones atmosféricas de SF_6 fue de 7.17 ppt.

Tabla 1. Concentraciones atmosféricas de CH_4 y SF_6 en novillas de doble propósito, en condiciones de pastoreo.

Sub-muestra	Concentraciones CH_4 y SF_6 / fases					
	Fase I		Fase II		Fase III	
	$^1\text{CH}_4$	$^2\text{SF}_6$	$^1\text{CH}_4$	$^2\text{SF}_6$	$^1\text{CH}_4$	$^2\text{SF}_6$
1	8.79	6.92	17.89	9.67	10.75	22.66
2	6.09	6.97	18.29	11.96	11.27	21.85
3	9.07	7.17	16.98	19.97	11.17	16.57
4	9.78	6.88	18.05	13.99	10.59	22.73
5	11.22	7.53	11.56	9.90	ND	ND
6	11.16	7.98	10.25	10.26	ND	ND
7	9.93	7.93	10.36	11.04	ND	ND
8	9.76	5.94	11.01	10.98	ND	ND
Promedio	9.48	7.17	14.30	12.22	10.94	20.95

¹ppm = partes por millón; ²ppt = partes por trillón. ND = no disponible. En la Fase III solo se evaluaron cuatro sub-muestras de aire ambiental.

En la Fase II, el promedio de las concentraciones atmosféricas de CH_4 fue de 14.30 ppm, y en el caso del SF_6 fue de 12.22 ppt. En la Fase III, el promedio de las concentraciones atmosféricas de CH_4 s fue de 10.94 ppm, y de las de SF_6 fue de 20.95 ppt, Tabla 1. Para las sub-muestras enviadas del gas nitrógeno puro (N_2) que se utilizó para diluir las muestras tomadas con los recipientes colectores, en la Fase I se obtuvo una concentración promedio de 0.98 ppm de CH_4 y 1.59 ppt de SF_6 . En la Fase II, se obtuvieron valores similares, siendo las concentraciones 1.15 ppm y 1.75 ppt de CH_4 y SF_6 , respectivamente, Tabla 2.

Tabla 2. Concentraciones control de CH₄ y SF₆ en N₂ emitido por novillas de doble propósito, en condiciones de pastoreo.

Submuestra	Fase I		Fase II	
	¹ CH ₄	² SF ₆	¹ CH ₄	² SF ₆
00-1	0.98	1.54	1.17	1.14
00-2	1.06	1.36	1.07	2.17
00-3	1.08	1.99	1.22	2.32
00-4	0.81	1.46	1.13	1.38
Promedio	0.98	1.59	1.15	1.75

¹ppm = partes por millón; ²ppt = partes por trillón.

Al evaluar las muestras obtenidas a partir de los animales control se determinó que en la Fase I las muestras del animal control arrojaron como resultado un promedio de 36.22 ppm de CH₄ y 12.55 ppt de SF₆. En la Fase II, se obtuvo un promedio de concentraciones de 53.70 ppm de CH₄ y 19.81 ppt de SF₆, Tabla 3. Se pudo determinar que los colectores colocados en las novillas detectaron cantidades apreciables de metano entérico (CH₄) y hexafluoruro de azufre (SF₆), tanto en el aire exhalado por las novillas como en las muestras de aire ambiental de control (cuyas concentraciones, como era esperado, fueron menores en estas últimas en comparación a las de origen animal).

Tabla 3. Concentraciones control de CH₄ y SF₆ emitidos por novillas de doble propósito control en condiciones de pastoreo.

Sub-muestra	Concentraciones CH ₄ y SF ₆ / fases			
	Fase I		Fase II	
	¹ CH ₄	² SF ₆	¹ CH ₄	² SF ₆
A13-1	36.93	12.82	ND	ND
A13-2	35.65	13.08	ND	ND
A13-3	36.26	12.62	ND	ND
A13-4	36.03	11.69	ND	ND
B33-1	ND	ND	51.98	19.90
B33-2	ND	ND	54.72	19.22
B33-3	ND	ND	53.98	21.61
B33-4	ND	ND	54.12	18.51
Promedio	36.22	12.55	53.70	19.81

¹ppm = partes por millón; ²ppt = partes por trillón. Las sub-muestras A13 corresponden al animal control utilizado en la Fase I. Las sub-muestras B33 corresponden al animal control de la Fase II; DD = no disponible.

Los resultados obtenidos de emisión diaria de CH₄ por animal obtenidos en esta investigación son similares a los valores obtenidos en otras investigaciones en las que se usaron animales y alimentos de características similares a los evaluados en esta investigación, Montenegro-Ballesteros y Barrantes-Guevara (2016) y Morrison *et al.* (2017), lo que sustenta la confiabilidad de estos resultados y de los métodos utilizados. Con respecto a la relación de las emisiones de CH₄ con el alimento consumido, es importante mencionar que la producción de CH₄ está predominantemente relacionada con la cantidad de alimento ingerido por los animales más que con las propiedades inherentes de la dieta y por lo tanto, los animales a los que se les ofreció un suplemento alimenticio concentrado a base de fórmula produjeron más gramos de CH₄ por día que los que consumieron exclusivamente hierba. Según los resultados de las estimaciones de consumo, el grupo con alimento consumió un mayor volumen de materia seca.

Hay contrastes entre la producción de metano de este experimento y los estudiados por otros investigadores, Beauchemin *et al.* (2008) y Gil (2005); los cuales han concluido que la cantidad de CH₄ entérico emitido tienen una relación con el volumen de alimento consumido y la composición de la ración (menores emisiones en dietas bajas en fibra y de alta digestibilidad).

En la presente investigación, las emisiones de CH₄ en bovinos que consumieron solo forrajes fueron más bajas que las emisiones de los que consumieron forrajes y alimento concentrado, posiblemente por las diferencias de peso de los animales manejados. Galindo *et al.* (2005), indica que una manipulación de estos factores sería una opción de mitigación efectiva de CH₄ para el ganado en pastoreo. Otros autores informan que existe una débil correlación entre la producción de CH₄ y la edad del pasto consumido, Clark *et al.* (2011).

En cuanto a la edad de los animales, se ha establecido que los rumiantes inmaduros tienden a producir menos emisiones de CH₄ en función de la materia seca ingerida; estas emisiones aumentan con la edad, Morrison *et al.* (2017) y Swainson *et al.* (2007). Morrison *et al.* (2017) realizaron un estudio en Irlanda del Norte con novillas lecheras de raza Holstein bajo condiciones de pastoreo con *Lolium perenne* L., donde determinaron que el promedio de emisiones de CH₄ en becerras fue de 98-106 g/día, en novillas añejas fue de 155-189 g/día y en novillas gestantes fue de 169-172 g/día.

Montenegro-Ballesteros y Barrantes-Guevara (2016) en Costa Rica, con novillas lecheras de raza Jersey consumiendo *Digitaria decumbens* y *Brachiaria brizantha*, obtuvieron valores de emisión de 141-147 gramos de CH₄ por día y con vacas adultas lactantes de raza Holstein, bajo condiciones de pastoreo en Uruguay, se obtuvo un promedio de emisión de CH₄ de 368 g/día, Dini (2012). Todos estos valores son más altos que los obtenidos en esta evaluación, debido a que los animales evaluados son jóvenes.

En estos resultados, se encontró que la producción de CH₄ entérico en bovinos representa un aporte significativo a las emisiones GEI, por lo cual es importante buscar opciones de mitigación para así reducir la producción de este gas, principalmente en un país como República Dominicana en el que existen más de 2,300,000 de cabezas bovinas. Varios autores puntualizan que en la producción de CH₄, intervienen diversas rutas metabólicas que implican un gasto de energía para el animal, categorizada en pérdidas de más del diez por ciento de la energía bruta ingerida, dado de que este gas no puede ser aprovechado por el rumiante, Galindo *et al.* (2005). El CH₄ producido entonces es eliminado principalmente en el proceso de eructación, algo a través de exhalación y alrededor de 1% en forma de flatulencias por el ano, Johnson *et al.* (2007 y Ramírez-Bribiesca (2018).

Con relación a las emisiones de metano, en la Fase I, de las novillas del grupo de solo pastoreo, se obtuvo un promedio de producción de metano (CH₄) diaria de 105.32 g/día. De las novillas del grupo que consumió el suplemento alimentario concentrado junto con pastoreo se obtuvo un promedio de producción de CH₄ diaria de 132.31 g/día, Tabla 4.

Tabla 4. Concentraciones de metano entérico emitido en Fase I, por novillas de doble propósito control en condiciones de pastoreo.

Novilla	Emisión de CH ₄ en pastoreo	Emisión de CH ₄ con alimento
7141	102.62	ND
7938	103.65	ND
7944	109.68	ND
7137	ND	102.12
0328	ND	159.68
7923	ND	135.12
Promedio	105.32	132.31

Las emisiones de CH₄ están expresadas en gramos (g) emitidos por día (d); ND = no disponible.

En la Fase II, de las novillas del grupo de solo pastoreo, se obtuvo un promedio de producción de CH₄ diaria de 94.48 g/día. De las novillas del grupo que consumió el suplemento alimentario concentrado junto con pastoreo se obtuvo un promedio de producción de CH₄ diaria de 122.29 g/día, Tabla 5. En la Fase III, de las novillas del grupo de solo pastoreo, los datos de emisiones resultaron ser erráticos; solo uno de ellos fue considerado viable, con un dato arrojado de producción de CH₄ diaria de 191.32 g/día. De las novillas del grupo que consumió el alimento concentrado y monensina, se obtuvo un promedio de producción de CH₄ diaria de 95.53 g/día, Tabla 6.

Tabla 5. Concentraciones de metano entérico emitido en Fase II, por novillas de doble propósito control en condiciones de pastoreo.

Novilla	CH ₄ en pastoreo	CH ₄ pastoreo con alimento
7141	97.07	ND
7938	93.37	ND
7944	92.99	ND
7137	ND	139.63
7923	ND	104.94
Promedio	94.48	122.29

Las emisiones de CH₄ están expresadas en gramos (g) emitidos por día (d); ND = no disponible.

Tabla 6. Concentraciones de metano entérico emitido en Fase III, por novillas de doble propósito en condiciones de pastoreo.

Novilla	CH ₄ en pastoreo	CH ₄ pastoreo + alimento + monensina
7926	191.32	ND
7141	ND	71.27
0328	ND	61.70
7923	ND	97.23
7941	ND	151.92
Promedio	191.32	95.53

Las emisiones de CH₄ están expresadas en gramos (g) emitidos por día (d); ND = no disponible.

Rendimientos de emisión de metano en base a materia seca

En la Fase I, de las novillas del grupo de pastoreo exclusivo, el rendimiento de producción de metano (CH₄) en base a los estimados de materia seca ingerida (MSI) por cada animal arrojó un promedio de 18.67 g de CH₄/MSI/día y el promedio del rendimiento de CH₄ en base al peso vivo del animal (PV) fue de 0.47 g de CH₄/PV/día. En cuanto a las novillas del grupo que consumió el suplemento alimentario concentrado junto con pastoreo, se obtuvo un promedio de rendimiento de 16.60 g de CH₄/MSI/día y de 0.58 g de CH₄/PV/día, para el rendimiento en base a MSI y PV por día, respectivamente, Tabla 7.

Tabla 7 Rendimiento de emisiones de CH₄ en la Fase I en base a la alimentación de novillas de doble propósito control en condiciones de pastoreo.

Novilla	CH ₄ en pastoreo		CH ₄ en suplementación	
	g de CH ₄ /MSI/día	g de CH ₄ /PV/día	g de CH ₄ /MSI/día	G de CH ₄ /PV/día
7141	26.66	0.67	ND	ND
7938	16.20	0.40	ND	ND
7944	13.17	0.33	ND	ND
7137	ND	ND	14.14	0.52
0328	ND	ND	21.31	0.76
7923	ND	ND	14.34	0.47
Promedio	18.67	0.47	16.60	0.58

El Rendimiento de CH₄ está expresado en gramos (g) de CH₄/MSI/día (d) y en gramos (g) de CH₄/PV/día (d), para el rendimiento en base a MSI y PV por día, respectivamente; ND = no disponible.

En la Fase II, de las novillas del grupo de pastoreo exclusivo, el rendimiento de producción de CH₄ en base a los estimados de MSI por cada animal arrojó un promedio de 15.41 g de CH₄/MSI/día, y el promedio del rendimiento de CH₄ en base al PV del animal fue de 0.39 g de CH₄/PV/día. Para las novillas del grupo que consumió el suplemento alimentario concentrado junto con pastoreo se obtuvo un promedio de rendimiento de 14.30 g de CH₄/MSI/día y de 0.49 g de CH₄/PV/día, Tabla 8.

Tabla 8. Rendimiento de emisiones de CH₄ en la Fase II en base a la alimentación de novillas de doble propósito en pastoreo.

Novilla	CH ₄ en pastoreo		CH ₄ en suplementación	
	Materia seca ingerida*	Peso vivo animal*	Materia seca ingerida*	Peso vivo animal*
7141	22.84	0.57	ND	ND
7938	13.15	0.33	ND	ND
7944	10.25	0.26	ND	ND
7137	ND	ND	18.57	0.66
7923	ND	ND	10.02	0.32
Promedio	15.41	0.39	14.30	0.49

*El Rendimiento de CH₄ está expresado en gramos (g) de CH₄/MSI/día (d) y en gramos (g) de CH₄/PV/día (d), para el rendimiento en base a MSI y PV por día, respectivamente; ND = no disponible.

En la Fase III, la novilla de la cual se generaron datos viables de emisión, presentó un rendimiento de 23.69 g de CH₄/MSI/día, y de 0.59 g de CH₄/PV/día. De las novillas que consumieron el suplemento alimentario concentrado + Monensina, se obtuvo un promedio de rendimiento de 10.11g de CH₄/MSI/día y 0.34g de CH₄/PV/día, Tabla 9.

Tabla 9. Rendimiento de emisiones de CH₄ en la Fase III en base a la alimentación de novillas bovinas mestizas de doble propósito control en condiciones de pastoreo.

Novilla	CH ₄ en pastoreo		CH ₄ en suplementación	
	Materia seca ingerida*	Peso vivo animal*	Materia seca ingerida*	Peso vivo animal*
7926	23.69	0.59	ND	ND
7141	ND	ND	9.97	0.37
0328	ND	ND	7.42	0.25
7923	ND	ND	9.26	0.30
7941	ND	ND	13.79	0.43
Promedio	23.69	0.59	10.11	0.34

*El Rendimiento de CH₄ está expresado en gramos (g) de CH₄/MSI/día (d) y en gramos (g) de CH₄/PV/día (d), para el rendimiento en base a MSI y PV por día, respectivamente; ND = no disponible.

Con relación a los resultados de la investigación para medir las emisiones de metano (CH₄) entérico en novillas, se procedió a realizar un análisis de datos comparando las emisiones de los animales consumiendo solo forrajes (A), forrajes con alimento concentrado + un ionóforo (B) y forrajes con alimento concentrado (C).

En este experimento, se decidió incluir un ionóforo (monensina sódica) con fines de incrementar la síntesis de propionato, reduciendo las proporciones de los otros ácidos grasos volátiles, acetato y butirato. Debido a lo anterior, disminuye la producción de hidrógeno y en consecuencia, se reduce la formación de CH₄. Algunos autores opinan que este efecto es dependiente de la dosis del medicamento y que debe de ser administrado continuamente ya que los efectos inhibitorios no suelen ser persistentes, Beauchemin *et al.* (2008), Galindo *et al.* (2005) y Patra *et al.* (2017). También, es importante considerar el efecto de defaunación que los ionóforos ejercen sobre los protozoarios ruminales, (Beauchemin *et al.* 2008), ya que esto afecta directamente a los microorganismos metanogénicos con los que suelen encontrarse en estrechas relaciones simbióticas, McAllister y Newbold (2008) y Patra *et al.* (2017).

Donde a las novillas se le administró la dieta con monensina resultaron en reducciones significativas de CH₄ entérico en comparación con los animales alimentados con forraje o con forraje + concentrado. Las novillas del primer grupo lograron emitir 12.52 g de CH₄/ kg de materia seca (MS) consumido, lo cual equivale a una reducción de un 42.75%, en comparación con valores de 21.54 y 22.19 g de CH₄/kgMS consumido, respectivamente, en los grupos de animales. Este valor indica que, siempre y cuando se pueda reducir CH₄ en esta proporción por el efecto de los ionóforos, se reduce este gas de efecto invernadero proveniente de la ganadería tanto a nivel nacional como mundial.

Los resultados de este experimento son similares a las conclusiones de varios autores sobre la producción de CH₄ por rumiantes, la cual representa un gasto energético que resulta en una disminución de la productividad. Al reducir las emisiones de CH₄, la energía que normalmente se destinaba a la metanogénesis (de un 2% hasta un 12% de la energía bruta ingerida, dependiendo de la dieta) podrá ser reorientada a la producción de leche o a la ganancia de peso, Johnson *et al.* (2007). De esta forma se estarían contemplando beneficios tanto para el animal como para el productor, y al mismo tiempo se reducirán las emisiones de este gas de efecto invernadero (GEI) disminuyendo así la contribución al fenómeno del cambio climático.

De varias opciones que existen, o de los diversos métodos destinados a reducir las emisiones de CH₄ (como la utilización de dietas concentradas con mayor digestibilidad, el uso de leguminosas en el forraje, las vacunas anti-metanogénicas, la aplicación de extractos vegetales en el alimento y la adición de algunas sustancias a la dieta de los animales) se destacan los antibióticos ionóforos, Beauchemin *et al.* (2008), Bonilla y Lemus (2012) y Ramírez-Bribiesca (2018).

Para este caso específico, al agregar concentrado a las raciones de bovinos se incrementa la emisión de CH₄, tomando en consideración el peso vivo de los animales, pero cuando se calcula en base al consumo de materia seca/animal, entonces esta emisión se reduce. Esto indica que se ha mejorado la eficiencia del sistema de producción y que los concentrados con monensina sódica tienen su rol en generar más producto, en reducir la producción de CH₄ (así mitigando el impacto ambiental) y en utilizar menos animales para obtener más beneficios en producción de leche y carne.

Propiedades organolépticas pastos, concentrados y heces bovinas

Los porcentajes de humedad, contenidos de materia seca, carbohidratos, fibras y proteína variaron con el tipo de pasto y concentrado analizado (Tabla 10), mientras el extracto etéreo y porcentajes de cenizas fueron similares. El tipo de alimentación con pasto y concentrados afectó los contenidos nutricionales en las heces de los animales en el experimento.

Tabla 10. Análisis nutricional de los pastos y concentrados usados en la alimentación de novillas de doble propósito.

Análisis nutricional	Pastos decumbentes (%)	<i>Pennisetum purpureum</i> (%)	Alimento concentrado (%)
Humedad	67.15	88.38	13.32
Materia seca	32.85	11.62	86.68
Carbohidratos	86.60	83	61.63
Proteínas	5.39	4.05	10.48
Extracto etéreo	1.62	1.55	4.50
Cenizas	9.38	11.39	10.06
Fibra cruda	32.04	41.5	12.40
Fibra neutro detergente	66.03	68.03	20.48
Fibra ácido detergente	44.44	43..27	12.24

Valores expresados en porcentaje por peso (% p/p).

Tabla 11. Análisis de heces bovinas en pastoreo y con suplementación en novillas de doble propósito.

Análisis nutricional	Grupo solo forraje (%)	Grupo forraje + Alimento (%)
Humedad	84.64	82.40
Materia seca	15.36	17.60
Carbohidratos	11.04	12.48
Proteínas	2.00	1.72
Extracto etéreo	0.16	1.62
Cenizas	2.26	3.16
Fibra cruda	3.70	3.95
Fibra neutro detergente	3.	4
Fibra ácido detergente	1.66	2.28

CONCLUSIONES

El incremento del consumo de alimento en general en una dieta de forrajes causa incrementos en la producción de CH₄ entérico en función de cantidad de emisiones (g de CH₄ entérico/kg de peso vivo) basado en un aumento en el consumo de alimento.

Las informaciones obtenidas en el experimento, sugieren que al agregar concentrados a la dieta de los animales, la emisión se eleva en un 32.88%, por lo tanto al incrementar el número de animales, se incrementará la producción de CH₄ entérico.

En general, el incremento del consumo de alimento en una dieta de forrajes, causa emisiones similares en la producción de CH₄ entérico, en función de calcular las emisiones en g de CH₄ entérico/kg de MS consumido, basado en una mejor eficiencia del uso de alimento. Esto significa que con menos animales se puede producir igual o menor CH₄ entérico, mejorando la producción de leche-carne y reduciendo el impacto ambiental.

En las condiciones de este experimento con bovinos, al agregar monensina sódica a un alimento concentrado y comparar la emisión de CH₄ con alimentación basada en solo forrajes y en forrajes más alimentos concentrados, se redujo significativamente la producción de este gas, en función de g CH₄ entérico/kg de MS consumido) en alrededor de un 42.75%.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (Mescyt), a través de Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondocyt) por haber financiado el proyecto “Medición, cuantificación y opciones de mitigación de gases con efecto invernadero (óxido nitroso y metano entérico) emitidos por la ganadería dominicana que influyen en el cambio climático”, código 2015-1A1-085. Así también, al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf), por el apoyo técnico y financiero y por facilitar los terrenos del Centro de Producción Animal (CPA) para el establecimiento de los experimentos.

LITERATURA CITADA

Beauchemin, K.; Kreuzer, M.; O’ Mara, F.; McAllister, T. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 48:21-27.

Berndt, A.; Boland, T.; Deighton, M.; Gere, J.; Grainger, C.; Hegarty, R.; Iwaasa, A.; Koolaard, J.; Lassey, K.; Luo, D.; Martin, R.; Martin, C.; Moate, P.; Molano, G.; Pinares-Patiño, C.; Ribaux, B.; Swainson, N.; Waghorn, G.; Williams, S. 2014. Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. Pages 166. M. G. Lambert, ed. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre, New Zealand.

Bonilla J.; Lemus, C. 2012. C. Enteric methane emission by ruminant and its contribution to global climate change. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(2): 215-246.

Carmona, C.; Bolívar, M.; Giraldo, A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev. Col. Cienc. Pecu.* 18(1): 49-63.

Ciganda, V. 2015. Protocolo para Determinación de Emisión de Metano en Rumiantes: “Técnica de Trazador SF6 para Períodos de Medición Prolongados” Grupo de Medición de GEI en INIA-La Estanzuela, Uruguay. (En línea). Revisado 1 noviembre 2015. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/280934335_Protocolo_para_Determinacin_de_Emisin_de_Metano_en_Rumiantes_Tcnica_del_Trazador_SF6_para_Perodos_de_Medicin_Prolongados

Clark, H. 2011. Assessment of the sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique using respiration chambers for estimation of methane emissions from sheep. *Animal Feed and Science Technology* 166: 201-209.

Clark, H.; Kelliher, F.; Pinares-Patiño, C. 2011. Reducing CH4 Emissions from Grazing Ruminants in New Zealand: Challenges and Opportunities. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24(2): 295-302.

Dini, Y. 2012. Emisión de metano entérico de vacas lecheras en pastoreo de praderas dominadas por gramíneas o por leguminosas (tesis de maestría). Universidad de la República, Montevideo, UY.

Fontagro (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, US). 2015. Cambio Climático y Ganadería: Cuantificación y Opciones de Mitigación de las Emisiones de Metano y Óxido Nitroso de Origen Bovino en Condiciones de Pastoreo. (En línea). Revisado el 1 de noviembre 2015. Disponible en: <http://www.fontagro.org/proyectos/cambio-clim%C3%A1tico-y-ganader%C3%AD-cuantificaci%C3%B3n-y-opciones-de-mitigaci%C3%B3n-de-las-emisiones-de-me>

Galindo, J.; Marrero, Y.; González, N.; Sosa, A. 2005. Manipulación de la Fermentación Microbiana Ruminal. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, CU. 104 p.

Gil, S. 2005. Feedlot, Elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente. (En línea). Revisado 1 de noviembre 2015. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/76-fedlot_impactos_medio_ambiente.pdf

Ingei (Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la República Dominicana – Año Base 2010, DO). 2015. Proyecto “Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCNCC)”. (En línea). Revisado el 1 de noviembre 2015. Disponible en: <https://ccclimatico.files.wordpress.com/2016/01/gases-efecto-invernadero-tcncc-informe-ingei-rd-2015.pdf>

Johnson, K.; Johnson, D. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal Animal Science* 73: 2483-2492.

Johnson, K.; Westberg, H.; Michal, J.; Cossalman, M. 2007. The SF6 tracer technique: methane measurement from ruminants. In: *Measuring Methane Production from Ruminants*. Makkar H, Vercoe P. (En línea). Revisado el 1 de noviembre 2015. Disponible en: <http://www.ansci.wsu.edu/People/johnson/Documents/SF6Technique.pdf>

Lassey, K. 2014. Chapter 1: Introduction. Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. pp (11-15). M. G. Lambert, ed. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre, NZ. (En línea). Revisado el 1 de noviembre 2015. Disponible en: <http://globalresearchalliance.org/wp-content/uploads/2012/03/SF6-Guidelines-all-chapters-web.pdf>

McAllister, T.; Newbold, C. 2008. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. Australian Journal of Experimental Agriculture 48: 7-13.

Mepyd (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, DO). 2016. Política Nacional de Cambio Climático (PNCC). República Dominicana. (En línea). Revisado el 1 de noviembre 2015. Disponible en: <https://cambioclimatico.gob.do/phocadownload/Documentos/-cop25/Politica-de-cambio-climatico-RD.pdf>

Montenegro-Ballesteros, J.; Barrantes-Guevara, E. 2016. Implementación de la técnica del hexafluoruro de azufre para cuantificar metano entérico en bovinos en Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales. Tropical Journal of Environmental Sciences 50(2): 62-74.

Morrison, S.; McBride, J.; Gordon, A.; Wylie, A.; Yan, T. 2017. Methane Emissions from Grazing Holstein-Friesian Heifers at Different Ages Estimated Using the Sulfur Hexafluoride Tracer Technique. Engineering, 3(5): 753–759.

Núñez-Ramos, P.; García-Lagombra, G.; Caridad, J.; Asencio-Cuello, V. 2021. Mediciones de óxido nitroso (N₂O) en suelo manejado bajo pastoreo con bovinos de leche. Terra Latinoamericana, 39:1-12.

Patra, A.; Park, T.; Kim, M.; Yu, Z. 2017. Rumen methanogens and mitigation of methane emission by anti-methanogenic compounds and substances. Journal of Animal Science and Biotechnology 8:13.

Ramírez-Bribiesca, J. 2018. Eventos químicos-fisiológicos del metano en los rumiantes. Agro productividad, 11(2): 22-33.

Swainson, N.; Hoskin, S.; Clark, H.; Lopez-Villalobos, N. 2007. The effect of age on methane emissions from young, weaned red deer (*Cervus elaphus*) stags grazing perennial-ryegrass (*Lolium perenne*), based pasture, New Zealand Journal of Agricultural Research 50:3.

Usaid (United State Agency International for Development, US). 2013. Dominican Republic climate change vulnerability assessment report. United States Agency for International Development. (En línea). Revisado el 1 de noviembre 2015. Disponible en: https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/DR_CCVA_Report_FINAL.pdf

Woese C.; Kandler, O.; Wheelis, M. 1990. Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eukarya. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 87: 4576-4579.

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 (1) 2022
Revista Científica Agropecuaria y Forestal