

Editorial

El desarrollo de *Rev. AIA* a través de su segunda época ha estado marcado por logros y desencuentros. Ahora que cumplimos 14 años de edición ininterrumpida en esta segunda época, nuestro grupo se pregunta cuál es el camino a seguir. Pues para mantener una propuesta editorial de difusión de la ciencia, es necesario contar con los artículos suficientes que permitan la puntualidad de la publicación y ello conlleve a cumplir con uno de los principales objetivos: el tener a tiempo la revista. No es tarea menor, pues a pesar de indicar en otros momentos que tenemos un periodo promedio de ocho meses para la publicación de los artículos, nos enfrentamos a un sistema de puntuación, que provoca que colegas de México y otros países de Latinoamérica valoren poco el esfuerzo editorial de las revistas universitarias que no estén en JRC o CONACyT.

Por lo tanto, esta situación nos plantea una disyuntiva: continuar o detener este proceso de difusión científica. Al respecto, tal vez con características de alta resiliencia, se optó por dar continuidad por un periodo máximo de un quinquenio más, aunque no se descarta que tal vez sea necesaria una renovación en la dirección para que nuevas ideas y métodos de trabajo dirijan *Rev. AIA* y logren nuevas posiciones que permitan un mayor prestigio para la revista.

La decisión de mantener el proyecto implica nuevas estrategias, en especial, en la edición de los artículos, pues estamos considerando que en cuanto sean aceptados se desarrolle su edición final y sean publicados de manera inmediata en el número correspondiente, sin tener que esperar a completar el número completo respectivo; ello, con la finalidad de que los autores se vean beneficiados con una mayor visibilidad de su trabajo. Veremos el resultado y lo ajustaremos para que tenga el impacto esperado, es un planteamiento para este 2018.

Sin embargo, la parte medular es la invitación a la comunidad nacional e internacional para que presenten sus escritos, tanto a jóvenes investigadores como aquellos consolidados.

Además, estamos implementando cursos sobre escritura de artículos científicos con estudiantes de posgrado, tanto regional como nacionalmente, sin que éste sea un candado para la publicación de su artículo en *Rev. AIA* y sí una invitación para ello.

Otra estrategia es la invitación personalizada de aquellos investigadores que presenten trabajos en eventos académicos, los conminamos a que presenten sus resultados en *Rev. AIA*, con ello, buscamos lograr una reserva de trabajos científicos que permitan la edición en tiempo y forma.

También estamos solicitando la participación activa de nuestro comité editorial, para que además del prestigio que le dan a *Rev. AIA* dado el prestigio que tienen nuestros colaboradores, se busquen esquemas de participación en la promoción de trabajos de investigación.

Nuestro reto sigue siendo el mismo: difundir el trabajo científico. Sin embargo, como hemos expresado, las nuevas condicionantes, tanto nacionales como internacionales, hacen esta tarea con mayor grado de dificultad puesto que aparecemos en varios índices, pero no en aquellos que se consideran dan puntuación en el programa de estímulos a la productividad.

Estamos abordando el reto y esperamos superarlo. Pues haremos el trabajo con el mayor de los compromisos por acceder aquellos estándares solicitados, aunque muchas veces con poco reconocimiento.

Evidentemente, cualquier sugerencia o aporte para superar estas limitantes son bienvenidos, desde cualquier óptica y perspectiva.

José Manuel Palma García
Director de *Rev. AIA*

Estudio del régimen de precipitaciones pluviales en dos áreas del Instituto de Ciencia Animal

Study of some precipitation indicators in two areas of the Animal Science Institute

**Rafael S. Herrera García, Manuel García Martínez,
Ana M. Cruz Santillán y Aida Romero Utria**

Instituto de Ciencia Animal
Apartado 24. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
herrera@ica.co.cu

Resumen

Se estudiaron las diferencias en el régimen de las precipitaciones pluviales en dos áreas del Instituto de Ciencia Animal: Estación meteorológica principal (ICA) y en el Centro Experimental de Pastos y Forrajes “Miguel Sistachs Naya” (Centro), en el periodo 2002-2009. Se realizó análisis estadístico para la lluvia caída por meses, por año, por estación climática y el número de días con lluvias. La mayor precipitación anual (1,391.8 mm) ocurrió en el ICA con la menor desviación estándar (264.63), error estándar (93.56) y coeficiente de variación (19.04%). Similar situación presentó este indicador por meses (116.98 mm, 85.75, 35.75 y 75.26%, respectivamente). Junio, julio, agosto y septiembre fueron los meses más lluviosos mientras que enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre resultaron los más secos (inferior a 50 mm). El número de días con lluvias en el año, en el periodo poco lluvioso y en el lluvioso alcanzaron valores superiores en el ICA (84.4, 21.8 y 62.2, respectivamente). La probabilidad, al 95%, de ocurrencia de las lluvias en la primera quincena del mes fue similar para ambas zonas (50%) en los meses de enero, fe-

Abstract

The differences in the rain precipitation regime were studied in two areas of the Institute of Animal Science: main meteorological station (ICA) and in the Experimental Center of Pastures and Forages “Miguel Sistachs Naya” (Center), in the period of 2002-2009. Statistical analysis was performed for rainfall for months, for year, for season, and the number of days with rain. The greatest annual precipitation (1,391.8 mm) occurred in the ICA with the minor standard deviation (264.63), standard error (93.56) and coefficient of variation (19.04 %). A similar situation presented this indicator for months the rainiest months were June, July, August, and September while January, February, March, November and December were the driest (lower than 50 mm). The number of days with rain in the year, in the dry season and in the rainy season was superior in the ICA (84.4, 21.8 and 62.2, respectively). The probability, at 95%, the occurrence of rains in the first fortnight of the month was similar for both places and it is recommended to realize future long-term studies and greater number of climatic indicators, as well as conducting modeling,

brero, octubre y noviembre. Hubo diferencias en el régimen de precipitaciones entre ambos lugares y se recomienda realizar futuros estudios a largo plazo y mayor número de indicadores climáticos, así como conducir estudios de modelación, simulación y predicción del efecto de los factores climáticos en rendimiento de los pastos.

Palabras clave

Lluvia, estación climática, distribución hídrica.

simulation and prediction studies of the effect of climatic factors on pasture yield.

Keywords

Rain, climatic season, hydric distribution.

Introducción

El Instituto de Ciencia Animal se encuentra ubicado en la llanura Habana-Matanzas, específicamente en el municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba, y dicha área presenta condiciones climáticas características que difieren del resto de la provincia (Anon, 1985) en cuanto a temperatura, precipitaciones y otros indicadores del clima.

Estas condiciones establecen, al igual que en el resto del país, dos estaciones climáticas definidas, denominadas periodo lluvioso (mayo-octubre) y periodo poco lluvioso (noviembre-abril), que determinan el comportamiento estacional del rendimiento de los pastos. Así, se ha demostrado en varias especies la relación existente entre el rendimiento de materia seca y los indicadores del clima (Crespo y Herrera, 1982; Herrera y Ramos, 2006; Herrera *et al.*, 2013, 2016).

El Instituto de Ciencia Animal tiene un área total de 1,200 ha y tiene habilitada la Estación Meteorológica Central que se encarga de recopilar la información diaria de algunos elementos del clima y dispone de información desde la década de 1960; mientras que el Departamento de Pastos, de la referida institución, cuenta con el Centro Experimental de Pastos y Forrajes “Miguel Sistachs Naya”, encargado de las investigaciones de campo en pastos, forrajes y otros cultivos de interés para la ganadería, y se encuentra a 4 km de la Estación Meteorológica Central. En este Centro solo se recopila la información diaria de las lluvias ocurridas.

Observaciones prácticas del personal que labora en el Centro y en el Instituto señalan que entre los dos lugares el valor de las precipitaciones difiere, pero no existe testimonio científico que demuestre esta aseveración.

Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue realizar la comparación de las precipitaciones pluviales ocurridas en el periodo 2002-2009 en ambos lugares.

Materiales y métodos

Se tomaron los datos de las lluvias diarias ocurridas en la Estación Meteorológica Central (ICA) y del pluviómetro instalado en el Centro Experimental de Pastos y Forrajes “Miguel Sistachs Naya” (Centro) ubicado a 4 km de la Estación Meteorológica Central.

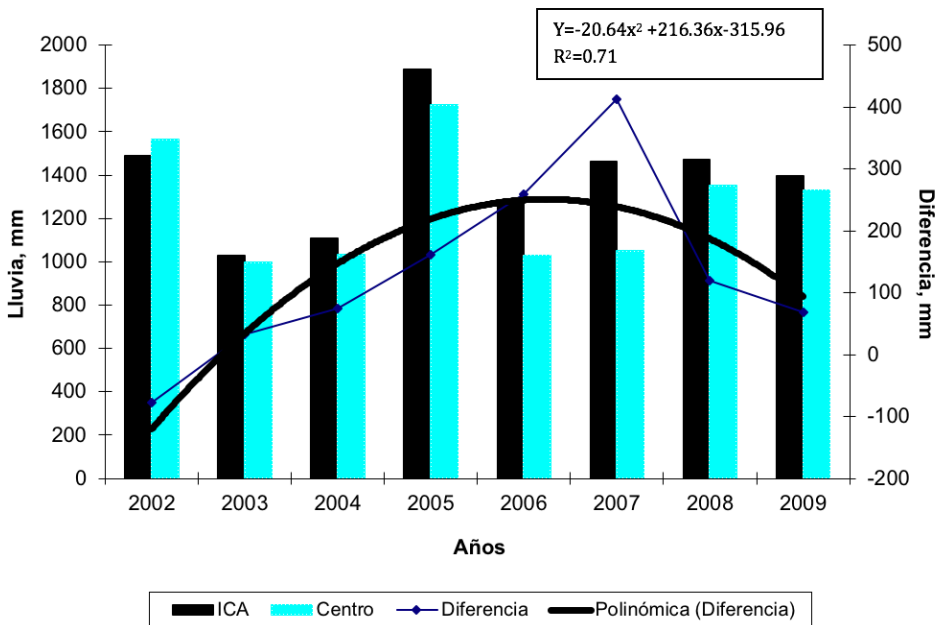
Ambos lugares están comprendidos en las 1,200 ha de extensión del Instituto. El estudio se realizó durante el periodo 2002-2009.

A partir de esa información se procedió a realizar el análisis estadístico considerando la lluvia caída por meses, por año, por estación climática y el número de días con lluvias. Se calcularon los estadígrafos: media, varianza, desviación estándar, error estándar, coeficiente de variación expresado en por ciento, rango de la lluvia por meses, probabilidad al 95% de ocurrencia de lluvia en la primera quincena del mes y se obtuvo la ecuación que ajusta la diferencia de la lluvia caída entre ambos lugares, teniendo en cuenta el R^2 y su significación. Para todo lo anterior se utilizó el programa SPSS (2002).

Resultados

El comportamiento de las lluvias ocurridas en la Estación Meteorológica Central (ICA) y en el Centro Experimental de Pastos y Forrajes “Miguel Sistachs Naya” (Centro) en el periodo 2002-2009 se presenta en la figura 1. Con excepción del año 2002, las mayores ($P < 0.01$) precipitaciones ocurrieron en el ICA y la ecuación que refleja el comportamiento de la diferencia entre ambos lugares fue de segundo grado ($P < 0.001$).

Figura 1
Lluvia anual ocurrida en el ICA y en el Centro
en el periodo 2002-2009



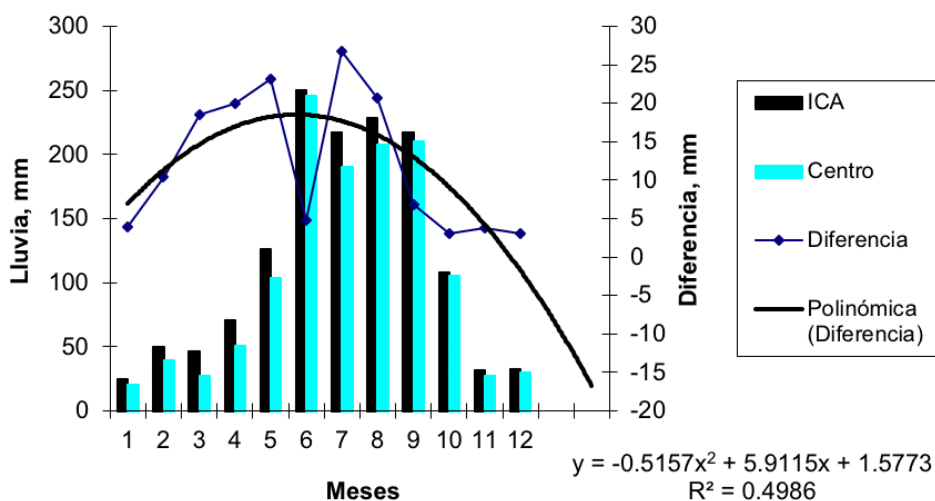
Los estadígrafos demuestran la mayor ocurrencia de lluvias y menor variabilidad por año para el ICA, expresado mediante la varianza, la desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación (cuadro 1).

Cuadro 1
Estadígrafos por años para el ICA y el Centro del periodo 2002-2009

Estadígrafos	ICA	Centro
Media, mm	1391.80	1250.80
Varianza	70031.40	89344.30
Desviación estándar	264.63	298.90
Error estándar	93.56	112.98
Coefficiente de variación, %	19.04	23.91

Al realizar similar análisis, pero por meses, los mayores valores de precipitaciones ($P < 0.05$) ocurrieron en el ICA, y la ecuación ($P < 0.01$) que refleja el comportamiento de la diferencia entre ambos lugares fue de segundo grado (figura 2). La menor variabilidad, expresado mediante la varianza, la desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación, también fue para el ICA (cuadro 2). Estos resultados demuestran estadísticamente las diferencias entre ambos lugares, tanto cuando se tienen en cuenta los meses como los años.

Figura 2
Lluvia mensual ocurrida en el ICA y en el Centro



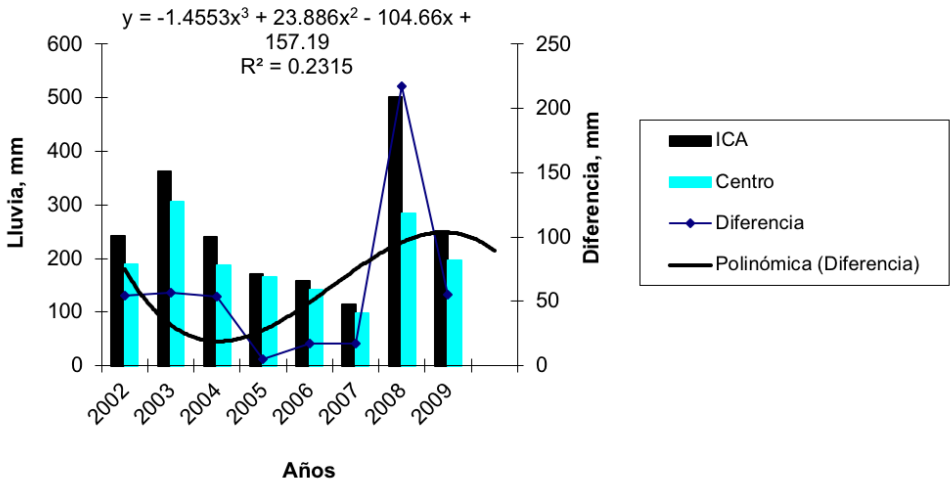
Cuadro 2
Estadísticos para la lluvia por meses en el ICA y el Centro
en el periodo 2002-2009

Estadísticos	ICA	Centro
Media	116.98	104.92
Varianza	7353.84	7751.88
Desviación estándar	85.75	88.04
Error estándar	35.75	38.04
Coefficiente de variación	75.26	81.73

No sólo es importante conocer el patrón de la lluvia de forma global, sino que es preciso tener en cuenta los periodos estacionales, debido al papel que ellos desempeñan en el comportamiento de los rendimientos de los pastos.

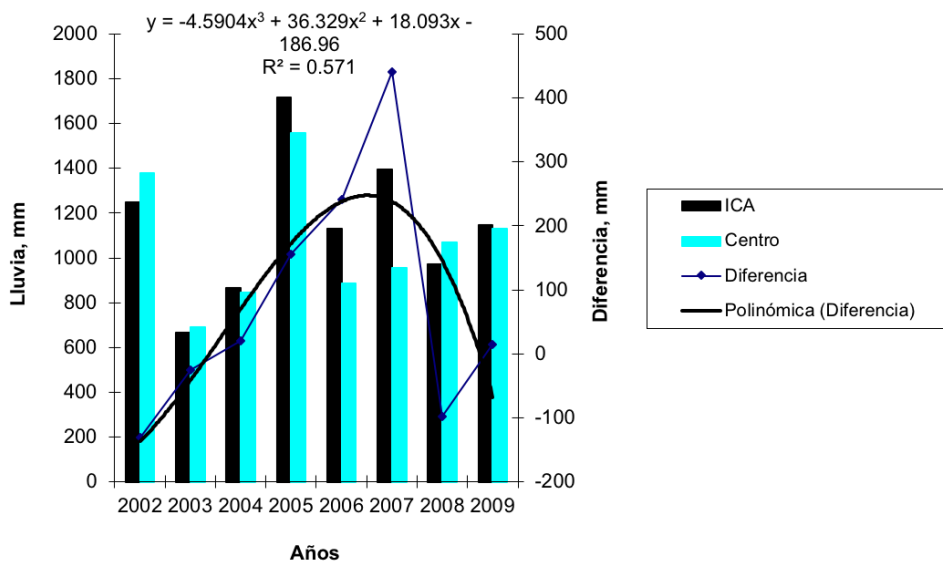
Durante los meses del periodo poco lluvioso, la mayor ($P < 0.05$) precipitación siempre ocurrió en el ICA (figura 3) y representó el 19.1% de la lluvia total caída, mientras que en el Centro este valor fue de 16.1%. Es de señalar que la mayor diferencia entre estos dos lugares se presentó en 2008, mientras que la menor fue para 2005 y se pudo ajustar una ecuación cúbica a la diferencia de las precipitaciones entre ambas localidades ($P < 0.01$).

Figura 3
Precipitaciones durante el periodo poco lluvioso en el ICA
y en el Centro en el periodo 2002-2009



Al analizar similar indicador en el periodo lluvioso, se apreció que, en los años 2002, 2003 y 2008, la mayor ($P < 0.05$) ocurrencia de lluvia fue en el Centro (figura 4), y también se pudo ajustar la ecuación cúbica a la diferencia entre ambos lugares ($P < 0.001$).

Figura 4
Precipitaciones durante el periodo lluvioso en el ICA
y en el Centro en el periodo 2002-2009



Otra evidencia de las diferencias entre ambas zonas estuvo determinada por el cálculo del rango de precipitaciones mínimas y máximas, para una probabilidad del 95%, durante los meses del año en la etapa 2002-2009, donde el ICA presentó la mayor amplitud en el rango de valores (cuadro 3).

Cuadro 3
Valores mínimos y máximos de lluvias (mm) por meses para el ICA
y el Centro en el periodo 2002-2009

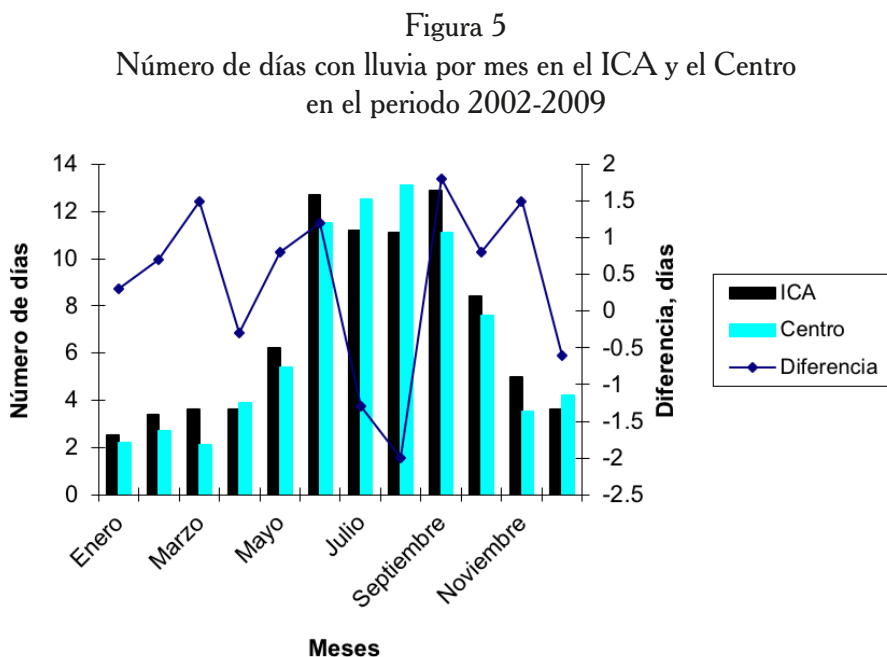
Meses	ICA		Centro	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Enero	0.1	61.8	0.0	50
Febrero	0.2	41.5	1.0	39
Marzo	0.0	53.8	0.0	41
Abril	0.8	94.3	1.0	46
Mayo	0.2	80.8	0.2	83
Junio	0.1	126.2	0.3	77
Julio	0.1	90.8	1.0	60
Agosto	0.1	119.5	0.2	106
Septiembre	0.2	175.4	1.0	125
Octubre	0.4	76.2	0.1	57
Noviembre	0.1	41.8	0.0	29
Diciembre	0.5	49.8	0.2	37

Hasta este momento quedaron evidenciadas las diferencias en el comportamiento de las lluvias entre el ICA y el Centro, pero esto pudo estar determinado, entre otros factores, por la distribución de las lluvias, expresado mediante el número de días (cuadro 4) con precipitaciones, el cual fue, generalmente, mayor en el ICA.

Cuadro 4
Número de días con lluvias en el ICA y en el Centro por año
en el periodo 2002-2009

Zonas	Años								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Media
Total									
ICA	88	90	85	103	61	86	84	78	84.4
Centro	97	98	70	92	78	63	67	66	78.9
Diferencia	-9	-8	15	11	-17	23	17	12	5.5
Periodo poco lluvioso									
ICA	30	29	16	18	13	17	27	24	21.8
Centro	22	29	14	19	19	13	18	15	18.6
Diferencia	8	0	2	-1	-6	4	9	9	3.2
Periodo lluvioso									
ICA	58	61	69	85	48	69	57	54	62.6
Centro	75	69	56	73	59	50	49	51	60.4
Diferencia	-17	-8	13	12	-11	19	8	3	2.2

Sin embargo, cuando el análisis se realizó por meses, con excepción de abril, julio, agosto y diciembre, el mayor número de días con lluvia ($P < 0.05$) se presentó en el ICA y no se pudo ajustar una ecuación a la diferencia entre las dos zonas (figura 5).



Los estadígrafos mostraron (cuadro 5) la menor variabilidad y el mayor número de días por mes en el ICA, comparado con el Centro.

Cuadro 5
Estadígrafos para el número de días con lluvias por meses en el ICA
y el Centro en el periodo 2002-2009

Estadígrafos	ICA	Centro
Media	7.06	6.65
Varianza	16.02	18.29
Desviación estándar	4.00	4.28
Error estándar	1.16	1.23
Coficiente de variación, %	57.04	64.31

Cuando se calculó la probabilidad, al 95%, de ocurrencia de las lluvias en la primera quincena del mes, se observaron diferencias entre las dos zonas, principalmente para los meses del periodo lluvioso, ya que en los momentos críticos del periodo poco lluvioso (enero, febrero, octubre y noviembre) los valores fueron similares para ambas zonas (cuadro 6).

Cuadro 6
Probabilidad (%) de ocurrencia de lluvia en la primera quincena del mes
en el periodo 2002-2009

Meses	ICA	Centro
Enero	50.0	50.0
Febrero	50.0	50.0
Marzo	37.5	50.0
Abril	75.0	62.5
Mayo	25.0	25.0
Junio	75.0	62.5
Julio	50.0	50.0
Agosto	37.5	50.0
Septiembre	12.5	25.0
Octubre	62.5	62.5
Noviembre	62.5	62.5
Diciembre	62.5	87.5

Discusión

La información recopilada en la etapa comprendida entre 2002 y 2009 señaló las características del comportamiento y el patrón de las lluvias entre el ICA y el Centro, a pesar de existir 4 km de diferencia entre ambas zonas. Esta conducta no resulta fácil de explicar ya que el clima está constituido por varios elementos interconectados entre sí y que actúan de forma particular en un área determinada y perduran por espacio de tiempo determinado (Herrera, 2008).

Los estudios sobre el clima de una región no se deben efectuar con pocos años de información, debido a la propia variabilidad de los indicadores del clima entre años. No obstante, el propósito del presente trabajo estuvo determinado en encontrar la posible diferencia en el régimen de precipitaciones entre el ICA y el Centro, lo que se logró sobre la base del análisis estadístico adecuado.

Los resultados anteriores evidenciaron que en el ICA ocurren las mayores precipitaciones anuales y por meses con menor variabilidad, mayor número de días con lluvia e igual probabilidad de su ocurrencia en la primera quincena de enero, febrero, octubre y noviembre (periodo poco lluvioso), así como mayor amplitud del rango de precipitaciones que en el Centro.

En ambos lugares los meses con menores precipitaciones fueron enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, con valores inferiores a los 50 mm, mientras que los más lluviosos fueron junio, julio, agosto y septiembre con valores superiores a los 200 mm, y los menores valores de precipitaciones en un día ocurrieron en el Centro, mientras que el mayor valor de lluvia caída en un día fue en el ICA.

Es de destacar la obtención de ecuaciones que reflejan el comportamiento de las diferencias en las precipitaciones entre el ICA y el Centro, lo cual puede ser de utilidad para establecer probables comportamientos futuros.

Álvarez *et al.* (2012) realizaron un estudio del régimen de precipitaciones del Instituto de Ciencia Animal en el periodo 1970-2009 y señalaron la variabilidad que se produce tanto entre los meses como entre los años, e informaron su posible influencia en la producción de biomasa de los pastos. Con posterioridad, estos autores (Álvarez *et al.*, 2013) ratificaron estos resultados, pero además de la lluvia también estudiaron la influencia de la temperatura.

Conclusiones

En este estudio se evidenció la variabilidad del régimen de precipitaciones que existen en un área de 1,200 ha, así como entre los lugares que distan entre sí 4 km. Por ello, es importante tener en cuenta el lugar y procedencia de los datos cuando se desean encontrar relaciones entre la producción de biomasa de los pastos y las precipitaciones.

Recomendaciones

Es preciso realizar futuros estudios a largo plazo y con mayor número de indicadores climáticos que permitan la modelación, simulación y predicción del efecto de los factores climáticos en rendimiento de los pastos.

Literatura citada

- Álvarez, A.; Herrera, R.S.; Díaz, L. and Noda, A. (2013). Influence of rainfall and temperature on biomass production of *Pennisetum purpureum* clones. *Cuban J. Agric. Sci.* 47(4): 413-417.
- Álvarez, A.; Herrera, R.S.; Noda, A. and Díaz, L. (2012). Rainfall performance at the Institute of Animal Science in Cuba during the period 1970-2009 for the strategic management of pastures. *Cuban J. Agric. Sci.* 46(3): 301-308.
- Anon (1985). *Atlas de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba.* La Habana. Cuba, 100 pp.
- Crespo, G. y Herrera, R.S. (1982). *Influencia de los factores climáticos en la variación del rendimiento y calidad de los pastos.* 5to. Seminario Científico de la EEPF Indio Hatuey, Matanzas. Cuba, p. 105.
- Herrera, R.S. (2008). *Principios básicos de fisiología Vegetal.* En: Pastos tropicales, principios generales, agrotecnia y producción de biomasa. Ed. ICA- FIRA. México, p. 1-101.
- Herrera, R.S. y Ramos, N. (2006). *Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad.* En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. EDICA. CD-ROM. Cuba, p. 79-109.
- Herrera, R. S; García, M. y Cruz, A. M. (2016). Relación entre algunos indicadores climáticos con la altura, rendimiento y población de clones de *Pennisetum purpureum*. *Avances en Investigación Agropecuaria* 20(2): 33-41.
- Herrera, R.S.; García, M.; Cruz, A. M. y Romero, A. (2013). *Relación entre algunos factores climáticos y el rendimiento de seis variedades de pastos.* XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. CD-ROM, La Habana. Cuba, 4 pp.
- SPSS (2002). Análisis estadístico para Window. USA.

Recibido: 27 octubre de 2017

Envío a arbitraje: 15 noviembre de 2107

Dictamen: 6 de marzo de 2018

Aceptado: 23 de abril de 2018



Título: *Precipitación Cuba*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: acuarela
Medidas: 17.5 x 12.5 cm

Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona de Las Tunas y Granma en el oriente de Cuba

Evaluation of materials collected from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray in the area of Las Tunas and Granma in eastern Cuba

Tomás Elías Ruiz*, **Jatnel Alonso**, **Verena Torres**,
Nurys Valenciaga, **Juana Galindo**, **Oreste La O**, **Gustavo Febles**,
Humberto Díaz, **Raúl Tuero** y **Ciro Mora**

Instituto de Ciencia Animal
Apartado Postal 24, San José de las Lajas
La Habana, Cuba

*Correo de correspondencia: teruizv@ica.co.cu

Resumen

Para estudiar el crecimiento de 24 materiales de *Tithonia diversifolia*, recolectados en las provincias de Las Tunas y Granma en Cuba. Se determinó: altura de la planta (cm), inserción de la primera de hoja verde (cm), número de hojas verdes, amarillas y secas/tallo, número de tallos/plantón, diámetro del tallo (mm) y monitoreo de plagas y enfermedades. Se realizó una poda inicial 30 días antes de iniciar la primera evaluación. Las mediciones se tomaron en febrero, marzo y abril. El análisis multivariado explicó 73.83% de la variabilidad. Las variables de mayor preponderancia fueron altura de planta, altura a la primera hoja verde, número de hojas (verdes, amarillas y secas/tallo), diámetro del tallo y edad de crecimiento, con relación positiva. Todos los materiales pertenecieron al grupo de lenta recuperación a los 30 días de crecimiento (febrero), sobresaliendo los materiales 1, 3, 4 y 5; estos últimos tuvieron igual comportamiento hasta los 60 días (marzo). El grupo de crecimiento intermedio a los 60 días estuvo integrado por los materiales

Abstract

To study the growth of 24 materials of *Tithonia diversifolia*, collected in the provinces of Las Tunas and Granma in Cuba. The following were determined: height of the plant (cm), insertion of the 1st green leaf (cm), number of green, yellow and dry leaves/stem, number of stems/seedling, diameter of the stem (mm) and monitoring of pests and diseases. Initial pruning was performed 30 days before the first evaluation. The measurements were taken in February, March and April. The multivariate analysis explained 73.83% of the variability. The variables with the highest prevalence were plant height, height at the 1st green leaf, number of leaves (green, yellow and dry / stem), stem diameter and growth age, with a positive relationship. All the materials belonged to the group of slow recovery at 30 days of growth (February), excelling materials 1, 3, 4 and 5; these last had the same behavior until 60 days (March). The group of intermediate growth at 60 days was composed of materials from 6-24 and materials 1, 4, 5, 10, 11, 12, 21 and 23 were integrated with a

del 6-24 y se integraron los materiales 1, 4, 5, 10, 11, 12, 21 y 23 con tiempo de crecimiento de 90 días (abril). En un tercer grupo formado por los materiales con mayor índice factorial y edad de crecimiento de 90 días fueron 2, 6-9, 13-20, 22 y 24. Por lo que se concluye que los materiales a la edad de 60 días presentaron el crecimiento más adecuado, no siendo así a 90 días para la producción de biomasa.

Palabras clave

Estudio, botón de oro, arbustiva, plantas proteicas

90 day growth time (April). In a third group formed by the materials with the highest factorial index and growth age of 90 days were 2, 6-9, 13-20, 22 and 24. Therefore, it is concluded that the materials at the age of 60 days presented the more appropriate growth, not being so at 90 days for the production of biomass.

Keywords

Study, golden button, shrub, protein plants

Introducción

La fuente de variabilidad geográfica es un factor importante para las especies cultivadas que tienen un amplio rango de distribución, en la medida que además de su dispersión natural, éstas han sufrido una amplia dispersión artificial por acción del hombre; así, al entrar en un nuevo nicho ecológico, las plantas empiezan un nuevo proceso evolutivo en el cual crean estrategias de adaptación a variaciones del entorno (Hidalgo, 2003).

Govindaraj *et al.* (2015), indicaron que la variabilidad genética de las plantas confiere la capacidad de responder a retos y amenazas que existen en el medio donde se desarrollan, permitiendo a individuos o poblaciones expresar su potencial de acuerdo a los objetivos de alguna evaluación.

En este sentido, Ruiz *et al.* (2014) informaron sobre el comportamiento de diferentes materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* colectados en la región occidental de Cuba en el periodo 2006-2010 y de la confección de una metodología para la colecta de materiales, así como de la elaboración de una tecnología para la producción de biomasa, comportamiento bajo corte, pastoreo, y su utilización en el comportamiento biológico y fisiológico de animales que se emplean para el desarrollo ganadero. Esta investigación recomendó continuar las colectas de esta planta en otras zonas de Cuba.

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar el crecimiento de 24 materiales de *Tithonia diversifolia*, recolectados en la zona de Las Tunas y Granma en el oriente de Cuba.

Materiales y métodos

Tratamientos y diseño de colección del material vegetativo

Los tratamientos consistieron en la evaluación de 24 materiales de *Tithonia diversifolia* durante la estación seca, recolectados en la zona de Las Tunas y Granma en el oriente de Cuba, mediante un diseño completamente aleatorizado, con diez repeticiones.

Procedimiento experimental

El trabajo se realizó en un suelo ferralítico rojo, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas (Hernández *et al.*, 2015), con preparación de aradura y dos pases de grada. Se plantó en la estación lluviosa, en surcos separados a 3.0 m y estacas a 50 cm entre sí, en el área experimental Zaldívar, perteneciente al Departamento de Pastos y Forrajes del Instituto de Ciencia Animal de Cuba, ubicado en el occidente del país. Para la plantación se utilizaron estacas, tomadas de la parte media del tallo, con edad de 80 días con diámetro de 2 cm y de 50 cm de largo, en surcos de 15 cm de profundidad. El área se mantuvo limpia de malezas mediante azadón y en condiciones de seco.

El corte de la plantación para iniciar el experimento se efectuó a 15 cm de altura, transcurridos 120 días de la siembra. Los indicadores altura de la planta (cm), inserción de la primera hoja verde (cm), número de hojas (verdes, amarillas y secas)/tallo, diámetro del tallo (mm), tallos/plantón y monitoreo de plagas y enfermedades, se determinaron en febrero (30 días), marzo (60 días) y abril (90 días), sin afectar el crecimiento de las plantas. Estas medidas se tomaron en la estación seca en el año estudiado, siempre en las mismas cinco plantas en cada una de las recolecciones en evaluación.

Análisis estadístico

La determinación de los indicadores que mejor explican el comportamiento de cada material vegetal recolectado se realizó mediante la metodología descrita por Torres *et al.* (2015). Esta se basa en la aplicación del análisis de componentes principales (Visauta, 1998) para seleccionar los indicadores que mejor expresan su variabilidad. Cada componente principal generado por este análisis se identificó con un nombre, en correspondencia con los indicadores de mayor valor de preponderancia en ella. Éstos definieron el proceso que, de manera independiente, describe dichos componentes y los que aportan, en cada caso, un valor específico de explicación a la variabilidad. Se tomó como valor propio el que fuera mayor de la unidad. Como resultado de este análisis se realizó una clasificación de los materiales en evaluación por grupos (conglomerados).

Resultados

Se comprobó la premisa (Torres *et al.*, 2007) relacionada con la interrelación entre variables. Ésta indica que para la estación seca los coeficientes de correlación alcanzan 87.5% para valores superiores a 0.49. El cuadro 1 informa acerca del comportamiento de los componentes principales y se explica el 73.83% de la variabilidad durante la estación seca, con valor propio superior a la unidad. Además, se seleccionaron las variables cuyos valores de preponderancia fueran mayores que 0.75. Cuando se analizó esta estación climática, se observó un conjunto importante de resultados. En esta estación (cuadro 1) al componente se le llamó “planta”, y explicó 73.83% de la variable. Aquí las variables de mayor preponderancia fueron altura de la planta, altura de la primera hoja verde, número de hojas (verde, amarilla y seca), diámetro del tallo y edad de crecimiento, todas con relación positiva.

Cuadro 1

Matriz de componentes extraídos correspondiente a la estación seca

Indicadores	Componente planta
Alturas, cm	0.98
Alturas primera hoja verde, cm	0.94
Diámetro del tallo, mm	0.92
No. de hojas verde/ tallo	0.81
No. de hojas amarilla/ tallo	0.76
No. de hojas secas /tallo	0.93
No. de tallos /plantón	-0.58
Edad de crecimiento, días	0.89
Valor propio	5.90
Varianza explicada, %	73.83
Varianza acumulada, %	73.83

Método de extracción: análisis de componentes principales.

A los 30 días de crecimiento en febrero (figura 1) todos los materiales en estudio pertenecieron al grupo de menor crecimiento, ya que presentaron lenta recuperación después del corte que se realizó para dar inicio al experimento, siendo aún más marcado para los materiales 1, 3, 4 y 5. Para el material 3 su crecimiento nunca cambió durante el tiempo (30, 60 y 90 días) y siempre formó parte de este grupo de menor crecimiento. Mientras los materiales 1, 3, 4 y 5 tuvieron igual comportamiento en los meses de febrero y marzo (30 y 60 días).

El grupo de crecimiento intermedio estuvo conformado por los materiales: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 con edad de 60 días, y 1, 4, 5, 10, 11, 12, 21 y 23 con 90 días. En un tercer grupo (crecimiento mayor) formado por los materiales con mayor índice factorial y edad de 90 días se tienen a los materiales: 2, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22 y 24 (figura 1).

Figura 1
Índice factorial del crecimiento de *Tithonia diversifolia* durante la estación seca

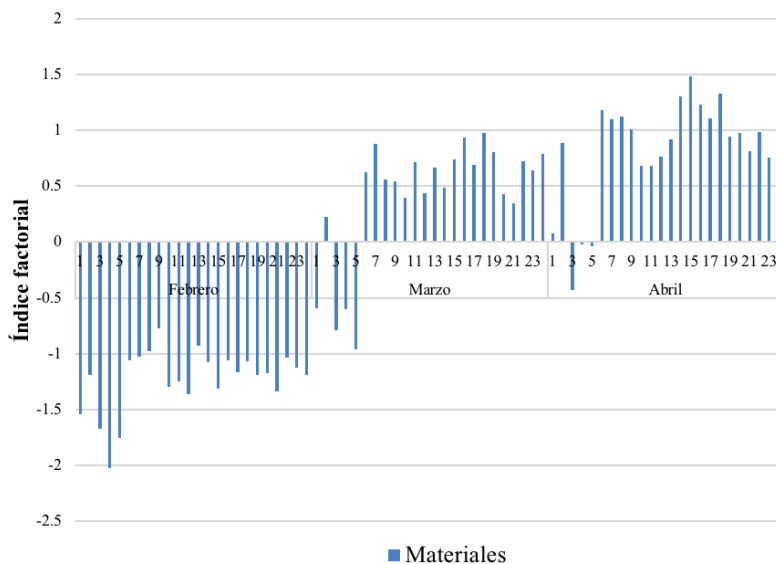
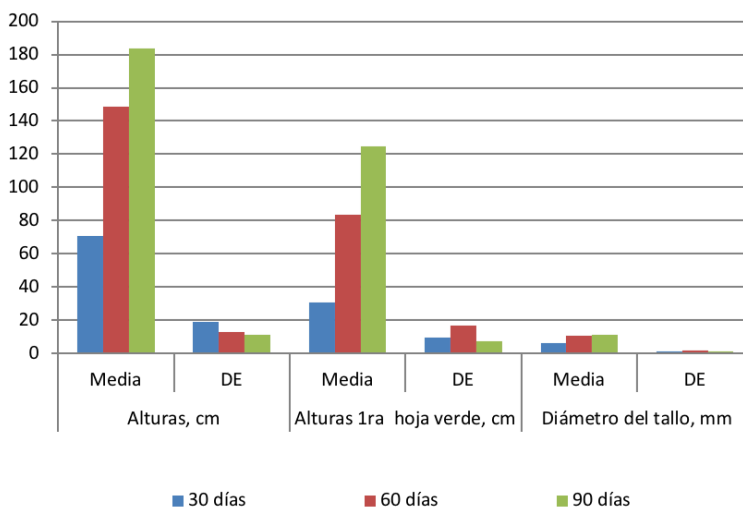
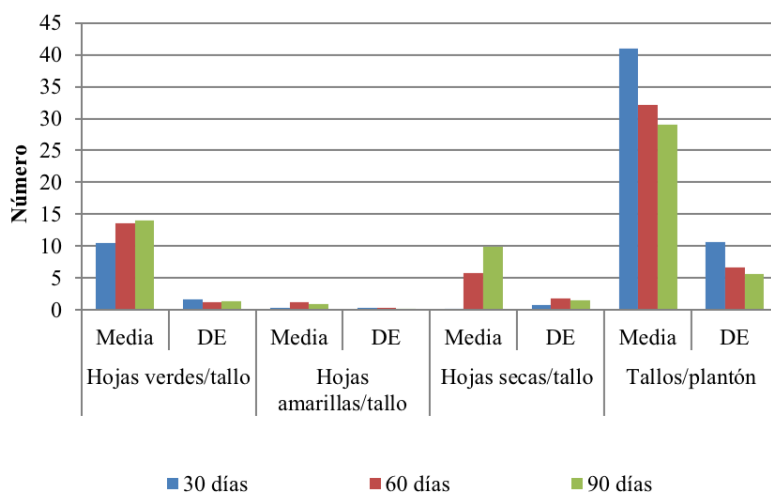


Figura 2
Tipificación del crecimiento de materiales de *Tithonia diversifolia* para altura y diámetro del tallo en diferentes momentos de la época de seca



DE: desviación estándar.

Figura 3
Tipificación del crecimiento de materiales de *Tithonia diversifolia* para hojas y tallo en diferentes momentos de la época de seca



DE: Desviación estándar.

Las características del crecimiento de las plantas fueron diferentes según el momento en que se efectuó la medición. A los 30 días de haberse iniciado el crecimiento (figuras 2 y 3) este grupo tuvo plantas más pequeñas y altura de la inserción de la primera hoja verde más baja y menor diámetro del tallo, menor cantidad de hojas verde, amarillas y secas/tallo y mayor cantidad de tallos por plantón. El grupo formado por los materiales con edad de 60 días (figuras 2 y 3) tiene una posición intermedia para la altura de la planta, altura de la inserción de la primera hoja verde, hojas secas/tallo y tallos/plantón; con diámetro de tallo y hojas verdes poco diferente al alcanzado con edad de 90 días. Tiene mayor cantidad de hojas amarillas/tallo. Resultó para el otro grupo, con edad de 90 días (figuras 2 y 3), que sus plantas tienen la mayor altura, así como la altura de la inserción de la primera hoja verde y cantidad de hojas secas/tallo. Las hojas amarillas tienen valores intermedios y el número de tallos/plantón el menor valor.

Discusión

Pocos estudios de variabilidad genética se han desarrollados para *T. diversifolia* (Ruiz *et al.*, 2010; Holguín *et al.*, 2015 y Luo *et al.*, 2016), encontrándose variabilidad en esta especie en diferentes zonas de Cuba, Colombia, China y Laos. En estas investigaciones se demostró una amplia diversidad en materiales de *T. diversifolia*, confiriéndole gran adaptación a distintos ambientes; esta variabilidad genética de igual forma se ha observado a nivel fenotípico.

En este sentido, el estudio desarrollado por Rivera *et al.* (2017) señaló que existe la necesidad de seleccionar materiales con el fin de conservar y resguardar germoplasma con características agronómicas y nutrimentales destacadas para el establecimiento de diferentes sistemas silvopastoriles.

Los resultados reflejados en esta publicación dan continuidad al proceso de evaluación de materiales naturales de *Tithonia* colectados en diferentes zonas de Cuba y que se iniciaron en el año 2006 por la zona occidental (Ruiz *et al.*, 2010). En los mismos se evidencia la diferencia fenotípica de los materiales vegetales evaluados, y las posibilidades de estas investigaciones para poder trabajar en el futuro con materiales seleccionados de esta especie, que tengan más potencial productivo y mejor adaptación al medio donde se quiera explotar.

También queda demostrado en este trabajo, y en los que le anteceden, la importancia de tener en cuenta, en la evaluación de estos materiales, el comportamiento del crecimiento, a lo que se une que siempre resultaron destacados un grupo de los indicadores que se miden en los experimentos y que sirvieron para caracterizar la diferencia del crecimiento de los materiales en estudio, y además con los mayores valores de preponderancia.

En relación con el comportamiento, en el crecimiento de los materiales de *T. diversifolia* después del corte de uniformidad (figura 1), coincide con lo reportado por Lugo *et al.* (2012) y Gallego *et al.* (2015) cuando indicaron un rebrote inicial lento debido a la poca cantidad de área foliar, seguido por un periodo con un importante aumento en producción de hojas, y luego una fase con incremento en altura.

El análisis de la información obtenida en relación con la evaluación de los 24 materiales de *Tithonia*, medidos en diferentes momentos de su crecimiento (figura 2 y 3), refleja que donde se logra un crecimiento más adecuado de los materiales, al tener presente todas las medidas, es a los 60 días.

Mientras el grupo con edad de 90 días (figura 2 y 3) tiene plantas no adecuadas para producción de biomasa con inserción de la primera hoja verde a los de 124 cm de altura y altos valores para el número de hojas secas/tallo y una disminución marcada del número de tallos/plantón. Es necesario indicar que los materiales agrupados con edad de crecimiento de 30 días se deben valorar en trabajos futuros por los valores alcanzados en la altura, inserción de la primera hoja, grosor del tallo y número de tallos/plantón, así como hojas/tallo.

Es importante resaltar que la selección de los materiales bajo estudio no se base en el valor de una sola medida sino en el análisis integrado de todas las medidas tomadas durante el desarrollo del experimento.

Al interpretar el mayor o menor valor de la medida, primero se debe tener presente en qué consiste la misma. Por ejemplo, la altura de la inserción de la primera hoja verde siempre debe ser la menor en relación al suelo, la cantidad de hojas verdes/planta debe ser la mayor, así como la cantidad de tallos/plantón, sólo por mencionar algunos de ellos. Estos indicadores tienen una relación muy estrecha con la producción de biomasa y son la base para la continuación de investigaciones futuras.

Conclusiones

Los materiales a la edad de 60 días presentaron el crecimiento más adecuado, no siendo así a 90 días para la producción de biomasa. Por todo lo anterior, en próximos trabajos se continuarán los estudios con los materiales 2, 3, 12, 14, 17, 23 y 24, ya que los mismos son representativos de los grupos formados para cada edad de crecimiento.

Agradecimientos

Se agradece a las técnicas Lucía Sarduy García y Yolaine Medina Mesa del Departamento de Biomatemática del Instituto de Ciencia Animal, por el análisis de la información.

Literatura citada

- Gallego, L.A.; Mahecha, L. y Angulo, J. (2015). *Crecimiento y desarrollo de Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en condiciones de trópico alto. 3^{er} Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales. Editor Pablo L. Perí. Iguazú, Misiones. Argentina. ISBN 978-987-521-611-2. Ediciones INTA, pp. 53-57.
- Govindaraj, M.; Vetriventhan, M. y Srinivasan, M. (2015). Importance of Genetic Diversity Assessment in Crop Plants and Its Recent Advances: An Overview of Its Analytical Perspectives. *Genetics Research International* 2015: Article ID 431487, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/431487>.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D. y Castro, N. (2015). *Clasificación de los Suelos de Cuba 2015*. Ediciones INCA. Mayabeque, Cuba, 64 pp. ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Hidalgo, R. (2012). *Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales*. En: Franco, T. L. e Hidalgo, R. E. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), pp. 2-27.
- Holguín, V.A.; Ortiz, S.; Velasco, A y Mora, J. (2015). Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Candelaria, Valle del Cauca. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia* 62(2): 57-72.
- Lugo, S.; Molina, F.; González, I.; González, S. y Sánchez, E. (2012). Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Zootecnia Trop.* 30(4): 317-325.
- Luo, L.; Zhang, P.; Ou, X. y Geng, Y. (2016). Development of EST-SSR markers for the invasive plant *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). *Applications in Plant Sciences*. 4(7): apps.1600011. <http://doi.org/10.3732/apps.1600011>.
- Rivera, J.; Gómez-Leyva, J. F.; Chará, J.; Castaño-Quintana, K.; Morales, J. G.; Barahona, R. y Del Val Díaz, R. (2017). *Diversidad molecular, química y morfológica en materiales de Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray para la alimentación animal en Colombia y México. En: Chará, J., Peri, P., Rivera, J., Murgueitio, E., Castaño, K. (eds.). IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. CIPAV. Cali, Colombia. ISBN: 978-958-9386-78-1 © 2017. Fundación CIPAV, pp. 249 - 254.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Torres, V.; González, J.; Achang, G.; Sarduy, L. & Díaz, H. (2010). Assessment of collected materials of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) (Hemsl.) Gray in the center-western region of Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 44(3): 285-289.
- Ruiz, T. E.; Febles, G. J.; Galindo, J.; Savón, L.; Chongo, B. B.; Torres, V.; Cino, D. M.; Alonso, J.; Martínez, Y.; Gutiérrez, D.; Crespo, G. J.; Mora, L.; Scull, I.; La O, O.; González, J.; Lok, S.; González, N. y Zamora, A. (2014). *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Revista Cubana Ciencia Agrícola* 48(1): 79-82.

- Torres, V. (2015). Aspectos estadísticos a considerar en el diseño, muestreo, procesamiento e interpretación de datos en la investigación de sistemas productivos agropecuarios. En: Vargas, J. C. y Torres, A. *Retos y posibilidades para una ganadería sostenible en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana*. Puyo, Ecuador. Universidad Estatal Amazónica, pp. 83-108.
- Torres, V.; Benítez, D.; Lizazo, D. & Álvarez, A. (2007). *Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria*. XI Conferencia Española de Biometría y I Encuentro Iberoamericano de Biometría. Universidad de Salamanca, España, pp. 85.
- Visauta, B. (1998). *Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística multivariada*. Vol. II Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.V., 358 pp.

Recibido: 27 de octubre de 2017

Envío a arbitraje: 5 noviembre de 2017

Dictamen: 23 de enero de 2018

Aceptado: 15 de abril de 2018



Título: *Tithonia Cuba*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: Acuarela
Medidas: 17.5x 12.5 cm

Efecto de un promotor del crecimiento en características morfofisiológicas y productivas del rábano (*Raphanus sativus* L.)

Effect of a growth promoter on morphophysiological and productive characteristics of radish (*Raphanus sativus* L.)

Kolima Peña,* Juan Carlos Rodríguez, Nelson León, César D. Valle y Mayra Cristo

Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Departamento de Agronomía
Avenida de los Mártires 360
Sancti Spíritus, Cuba
Teléfono: +53 55485510
*Correo de correspondencia: kolima@uniss.edu.cu

Resumen

Para evaluar el efecto de un promotor del crecimiento en el cultivo del rábano se diseñó un experimento en bloque al azar con cinco tratamientos y tres réplicas. Las variantes fueron: dosis 0.2, 0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ del promotor del crecimiento y un control. Dentro de los indicadores evaluados estuvieron la masa fresca y seca de la planta. Se evaluaron el diámetro polar y ecuatorial del tallo fresco, los índices de crecimiento fisiológicos, eficiencia foliar y productiva y rendimiento agrícola. Los resultados mostraron incrementos significativos ($P \leq 0.05$) en la masa fresca de la planta; el comportamiento más favorable fue de la dosis 0.2 y 0.7 L ha⁻¹ con 13.96 y 16.19 g. En la masa seca en la cosecha, todos los tratamientos con el promotor del crecimiento difirieron significativamente del control y lo superaron como promedio en un 35.43%. En la masa fresca del tallo, 30 días después de la siembra, fue la dosis 0.7 L ha⁻¹ la de mejor comportamiento con relación al control, con

Abstract

To evaluate the effect of a growth promoter in radish crop, a randomized block experiment was designed with five treatments and three replications. The variants were: dose 0.2; 0.5; 0.7 and 1.0 L ha⁻¹ on growth promoter and a control. Among the evaluated indicators was the fresh and dry mass of the plant. In addition, the polar and equatorial diameter of the fresh stem, physiological growth rates, leaf and productive efficiency and agricultural yield were evaluated. The results showed significant increases ($P \leq 0.05$) in the fresh mass of the plant, the most favorable behavior was the dose 0.2 and 0.7 L ha⁻¹ with 13.96 and 16.19 g. In the dry mass in the harvest, all treatments with the growth promoter differed significantly from the control and exceeded it by an average of 35.43%. In the fresh mass of the stem at 30 days after sowing, the 0.7 L ha⁻¹ dose was the one with the best behavior in relation to the control with an increase of 11.32 g. The net assim-

un incremento de 11.32 g. La tasa de asimilación neta fue superior significativamente con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹. La mayor eficiencia productiva fue alcanzada con las variantes (0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹) y el mejor comportamiento en el rendimiento, con diferencias significativas (P≤0.05) del resto de los tratamientos, fue de la dosis 0.7 L ha⁻¹ que alcanzó 1.10 kg (m²)⁻¹. Por lo que el VIUSID agro influyó positivamente en los indicadores morfofisiológicos y productivos del cultivo de rábano.

Palabras clave

Aminoácidos, fertilización foliar, hortalizas, índices fisiológicos.

ilation rate was significantly higher with doses 0.7 and 1.0 L ha⁻¹. The highest productive efficiency was reached with the variants (0.5, 0.7 and 1.0 L ha⁻¹) and the best performance in the performance with significant differences (P≤0.05) of the rest of the treatments was the 0.7 L ha⁻¹ dose 1.10 kg (m²)⁻¹. Therefore, the VIUSID agro positively influenced the morphophysiological and productive indicators of radish cultivation.

Keywords

Amino acids, foliar fertilization, vegetables, physiological indices.

Introducción

Dentro de las hortalizas, el rábano es importante por sus propiedades medicinales: es un expectorante natural y estimulante del sistema digestivo, rico en vitaminas, potasio, calcio, fósforo y azufre (Oliveira *et al.*, 2014). Por otra parte, debido a su rápido crecimiento, requiere altos niveles de fertilidad del suelo y demanda grandes cantidades de nutrientes en un corto periodo de tiempo, lo que puede ser difícilmente corregido dentro del ciclo del cultivo (Coutinho *et al.*, 2010).

En Cuba, el rábano (*Raphanus sativus* L.) tiene niveles bajos de producción ya que su cultivo se realiza a pequeña escala y a nivel de asociaciones con otras hortalizas. Los rendimientos en organopónicos suelen estar entre 0.5 y 0.8 kg (m²)⁻¹ y la producción no es consecuente con la demanda. Sin embargo, en el país, la agricultura urbana es un fuerte movimiento de horticultores con diferentes escalas de producción, y su prioridad es contribuir a la seguridad alimentaria. Estas pequeñas unidades de producción en las zonas urbanas, cuyas áreas no exceden las tres hectáreas, tienen como objetivo producir hortalizas frescas y condimentos de buena calidad para satisfacer las necesidades de la población, debido al papel que desempeñan en la dieta diaria familiar (Martínez *et al.*, 2013).

En el país se cultivan anualmente alrededor de 202,128 ha de estos cultivos y se obtienen 2'498,960 t. La mayor producción es de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.), con 627,434 t entre los tres. Sin embargo, del resto de las hortalizas la producción aún es baja e inversa a la alta demanda existente, y no se refleja por cultivo en la estadística ofrecida en el Anuario Estadístico de Cuba (ONE, 2016).

Una alternativa que se pudiera tener en cuenta para incrementar la producción de hortalizas y entre ellas el rábano, son los promotores del crecimiento que por su composición no afecten el medio ambiente. Un producto con estas características es el VIUSID agro ya que, según Catalysis (2014), actúa como un biorregulador natural y está com-

puesto fundamentalmente por aminoácidos, vitaminas y minerales. Además, como aspecto relevante, todos estos compuestos son sometidos a un proceso de activación molecular que es un proceso de inyección de electrones en la capa más interna de los átomos sin cambiar la estructura de la molécula. Esto permite el uso de dosis relativamente bajas con buenos resultados.

En Cuba se han realizado evaluaciones del producto en diferentes cultivos, Quintana *et al.* (2015) obtuvieron incrementos en la producción de *Brachiaria* híbrido cv. mulato II con un rendimiento en campo para la dosis 0.1 L ha⁻¹, de 120.0 t ha⁻¹ y 92.0 t ha⁻¹ para la variante control. Peña *et al.* (2015a), en anthurio (*Anthurium andreanum* Lind.), obtuvieron mayor número de hojas por planta en 26.63% con relación al control y adelanto de la floración. Peña *et al.* (2015b) realizaron la inmersión de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en una solución de VIUSID al 0.02% por tres horas y otro grupo control con inmersión por igual tiempo en agua destilada. Los resultados mostraron que la germinación y la altura de las plantas fueron superiores significativamente cuando se usó el promotor, y se obtuvo un rendimiento 1.22 t ha⁻¹ con la variante con el producto y 1.02 con el tratamiento control.

En este mismo cultivo, Peña *et al.* (2015c), con la aplicación semanal del producto, obtuvieron 1.8 t ha⁻¹ más que el control. En tomate (*S. lycopersicum*) (Peña *et al.*, 2016), cebolla (*A. cepa*) (Meléndrez *et al.*, 2016a), maíz (*Zea mays* L.) (Meléndrez *et al.*, 2016b) y hortalizas (Peña *et al.*, 2017a) los tratamientos con el promotor del crecimiento superaron significativamente al control en variables de crecimiento y en el rendimiento agrícola.

Sin embargo, los estudios aún son insuficientes, partiendo de que las réplicas con diferentes especies, variedades y repeticiones en el tiempo son un requisito en la investigación agropecuaria (Fuentes *et al.*, 1999). Por lo que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de dosis de VIUSID agro en el comportamiento morfofisiológico y productivo del cultivo de rábano (*R. sativus*).

Materiales y métodos

Generalidades de la investigación

El experimento se realizó en el organopónico de la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Jesús Menéndez, Taguasco, Sancti Spíritus, Cuba, coordenadas (21° 59' 48.78" N 79° 15' 52.41" O). La variedad que se utilizó en el experimento fue la Scarle Globe. La semilla se obtuvo en la Empresa Agropecuaria de Taguasco. Las variables climáticas fueron registradas por la Estación Provincial de Sancti Spíritus, la temperatura media diaria fue de 17.43 °C, la humedad relativa media diaria 71.5% y la precipitación pluvial acumulada de 20.62 mm. La fecha de siembra fue el 14 de febrero de 2017 y se cosechó el 16 de marzo de ese mismo año. Para la preparación del sustrato, el riego, labores agrotécnicas y el control de plagas y enfermedades se siguieron las normas establecidas en el manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprottegida (Rodríguez *et al.*, 2007).

Diseño experimental, forma de aplicación y tratamientos

El diseño experimental fue bloques al azar con 5 tratamientos y tres réplicas. Las parcelas tenían 5 m² y la superficie de cálculo fue de 2.40 m². El marco de siembra fue de 0.10 x 0.05 m. Se marcaron 15 plantas por parcela al azar para un total de 45 plantas evaluadas por tratamiento.

Las aplicaciones se realizaron en la mañana, se tuvo en cuenta evitar la deriva por el viento y la evaporación del rocío. Se realizaron con un intervalo de siete días a partir de la aparición de las primeras hojas y hasta siete días antes de la cosecha. Se usó un aspersor manual de espalda de 16 litros de capacidad.

Tratamientos

La composición declarada del producto, se observa en el cuadro 1. Los tratamientos fueron: control (sin aplicación del producto) y cuatro dosis: 0.2, 0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹.

Cuadro 1
Composición del promotor del crecimiento VIUSID agro g/100 mL.

Composición	g/100 mL	Composición	g/100mL
Fosfato potásico	5.0	Pantotenato cálcico	0.115
Ácido málico	4.6	Piridoxal	0.225
Glucosamina	4.6	Ácido fólico	0.05
Arginina	4.15	Cianocobalamina	0.0005
Glicina	2.35	Glicirricinato monoamónico	0.23
Ácido ascórbico	1.15	Benzoato sódico	0.2
Sulfato de zinc	0.115	Sorbato potásico	0.2
Agua destilada c.s.p	100 mL		

Todos estos compuestos fueron sometidos a un proceso de activación molecular.

Indicadores

Las variables evaluadas fueron: masa fresca de la planta (g), masa seca de la planta (g), diámetro ecuatorial del tallo (cm), diámetro polar del tallo (cm), masa fresca del tallo (g), masa seca del tallo (g), distribución de la masa seca (%), rendimiento agrícola kg (m²)⁻¹, índices fisiológicos de crecimiento.

Los indicadores se evaluaron en dos momentos en el ciclo del cultivo: 15 después de la siembra y en cosecha, 30 días después de la siembra (dds). Para la masa seca se usó la estufa (MJW WS 100) a 75 °C hasta masa constante y luego se determinó la misma con una balanza digital Sartorius, de precisión de ± 0.01 g. Para el diámetro ecuatorial y polar del tallo se usó un calibrador Vernier (pie de rey) y se registró el valor de todas las plantas seleccionadas. Se tuvo en cuenta colocar el instrumento en la zona más ensanchada del tallo, y así se realizó de forma homogénea en todas las muestras. La masa fresca del tallo y de la planta se determinaron con una balanza digital Sartorius (mode-

lo BS 124S) con precisión de ± 0.01 g. Igualmente se realizó en el momento de la cosecha y a todas las plantas seleccionadas en la superficie de cálculo.

Para la distribución de la masa seca se usó el método establecido por Gardner *et al.* (2003). Se calculó la proporción de lo producido que se utilizó en formar la parte comercial y/o estructural, se usaron los valores de la masa seca total de la planta y de la masa seca de sus órganos (independientes) para establecer las proporciones.

Para la cosecha se tuvo en cuenta que todos los tratamientos estuvieran dentro del rango establecido, diámetro ecuatorial del tallo superior a 2.4 cm (Huerres y Caraballo, 1996). Para el cálculo del rendimiento se usó el método indirecto según Fuentes *et al.* (1999). Para los índices de crecimiento se usó el procedimiento siguiente (cuadro 2).

Cuadro 2
Índices de crecimiento empleados en fisiología vegetal
(Gardner *et al.*, 2003).

Índice de crecimiento	Símbolo	Fórmula	Unidades
Tasa absoluta de crecimiento	TCA	$TCA = (W2-W1)/(T2-T1)$	(g.día ⁻¹)
Área foliar	AF	$AF = (l \times a) f$	(cm ²)
Tasa de asimilación neta	TAN	$TAN^* = 2(W2 - W1) / (AF2 + AF1) (t2 - t1)$	(g cm ⁻² .día ⁻¹)
Tasa de crecimiento relativo	TCR	$TCR = 2(W2 - W1) / (W2 + W1) (t2 - t1)$	(g g ⁻¹ día ⁻¹)
Razón del área foliar	RAF	$RAF = \frac{1}{2} (AF1/W1 + AF2/W2)$	(cm ² g ⁻¹)
Índice de eficiencia foliar	IEF	$\frac{\text{Masa seca comercial}}{\text{Área foliar}}$	
Índice de cosecha	IK	$\frac{\text{Masa seca comercial}}{\text{Masa seca total}}$	

AF=área foliar; T=tiempo; W=masa seca; TAN*: se usó la fórmula, porque el coeficiente de crecimiento (α)=TCR masa/TCR área; osciló entre 1.5 y 2.5; f: coeficiente del área foliar = área real de la hoja/largo x ancho.

Para el cálculo del área foliar se usó el método dimensional (largo por ancho del limbo). Este método se basó en la medición de la longitud y ancho del limbo de la hoja y la relación matemática entre el área real y el producto del largo por ancho de dicha hoja. Se requirió determinar el coeficiente de área foliar.

Estadística

Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows (2006) y el software MINITAB 14.12.0 (2003). Para determinar si los datos tenían normalidad se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la dócima de Levene para la homogeneidad de la varianza. Cuando existía normalidad y homogeneidad se

realizó un análisis de varianza de clasificación doble (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples Tukey ($P \leq 0.05$). La prueba de Kruskal–Wallis y prueba U de Mann–Whitney se aplicaron cuando no existió distribución normal de los datos. Para la distribución de la masa seca se realizó la prueba de hipótesis para proporciones. Además, se evaluó la asociación significativa entre las variables de cada par posible (coeficientes de correlación de Pearson). A los datos que no tuvieron homogeneidad de la varianza se realizó la T de Students (Miranda, 2011). Además, se realizó una prueba de regresión polinomial para el rendimiento agrícola.

Resultados

Efectos del promotor del crecimiento en la masa fresca y seca de las plantas a los 15 y 30 (dds)

El efecto de los tratamientos en la masa fresca de la planta se observa en el cuadro 3. A los 15 días posteriores a la siembra, el mejor comportamiento fue del tratamiento donde se realizó la aplicación foliar de la dosis 0.2 L ha^{-1} . Éste difirió significativamente del resto de las variantes y superó al control en 1.04 g . Los tratamientos 0.5 , 0.7 y 1.0 L ha^{-1} también difirieron significativamente del control.

A los 30 días después de la siembra (dds) la tendencia fue similar, todos los tratamientos con el producto superaron al control significativamente. El mejor comportamiento fue alcanzado por las variantes 0.2 y 0.7 L ha^{-1} con incrementos respecto al no tratado de 13.96 y 16.39 g . Las dosis 0.5 y 1.0 L ha^{-1} también superaron al control en 8.99 y 9.19 g respectivamente.

Cuadro 3
Efecto de dosis del promotor del crecimiento VIUSID agro
en la masa fresca y seca de las plantas de rábano.

Tratamientos	Masa fresca (g)		Masa seca (g)	
	15 (dds)	30 (dds)	15 (dds)	30 (dds)
Control	1.73 c	26.86 c	0.12 c	2.30 b
0.2 L ha^{-1}	2.77 a	40.82 a	0.19 a	3.40 a
0.5 L ha^{-1}	1.95 b	35.85 b	0.14 b	2.84 a
0.7 L ha^{-1}	2.20 b	43.25 a	0.17 a	3.36 a
1.0 L ha^{-1}	2.29 b	36.05 b	0.16 a	2.86 a
P=	0.003	0.000	0.002	0.000
EE(x)±	0.08	1.08	0.005	0.09
CV (%)	26.07	25.65	23.33	27.12

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey y T de Students para la masa seca a los 30 dds; dds: días después de la siembra.

La mayor producción de masa seca a los 15 (dds) se alcanzó con la aplicación foliar de las dosis 0.2 , 0.7 y 1.0 L ha^{-1} de VIUSID agro. Los incrementos en esta varia-

ble con relación al control fueron de 58.33, 41.67 y 33.33%. La dosis 0.5 L ha⁻¹, aunque más discreto, también tuvo un comportamiento favorable con relación al control y lo superó en un 16.67% (cuadro 3). En la evaluación final los tratamientos con el producto no difirieron entre ellos, pero sí del control y lo superaron (según el orden posicional en el cuadro) en 47.82, 23.48, 46.09 y 24.34% respectivamente.

Efecto de dosis del promotor del crecimiento en el área foliar de plantas de rábano

El área foliar en la primera evaluación fue superior con los tratamientos 0.2 y 1.0 L ha⁻¹; ambos no difirieron significativamente entre ellos, pero sí del resto de las variantes y superaron al control en 32.46 y 20.90%. Las dosis 0.5 y 0.7 L ha⁻¹ tuvieron un comportamiento favorable con relación al no tratado y lo superaron en 14.18 y 19.03% respectivamente (cuadro 4).

A los 30 días después de la siembra, fue la dosis 0.2 L ha⁻¹ la de mejor comportamiento ya que difirió significativamente del resto de los tratamientos, excepto de la variante 0.7 L ha⁻¹ y superó al control en 14.74%. El resto de las variantes con el producto no difirieron significativamente entre sí ni del control (cuadro 4).

Cuadro 4
Efecto del promotor del crecimiento en el área foliar (AF)
a los 15 y 30 días después de la siembra.

Tratamientos	AF1 (15 dds) cm ²	AF2 (30 dds) cm ²
Control	5.36 c	41.99 b
0.2 L ha ⁻¹	7.10 a	48.18 a
0.5 L ha ⁻¹	6.13 b	42.18 b
0.7 L ha ⁻¹	6.38 b	44.81 ab
1.0 L ha ⁻¹	6.84 a	38.36 b
P=	0.03	0.03
EE(x) ±	0.13	1.09
CV	15.95	11.53

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para (P≤0.05) según prueba de rangos múltiples de Tukey; dds: días después de la siembra.

Efecto de los tratamientos en el diámetro polar y ecuatorial del tallo a los 15 y 30 dds

En el diámetro ecuatorial del tallo, a los 15 días posteriores a la siembra (cuadro 5), el mejor comportamiento fue de las variantes con las dosis 0.2 y 1.0 L ha⁻¹, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos. La dosis 1.0 L ha⁻¹ también tuvo un comportamiento favorable ya que difirió significativamente de la dosis 0.5 L ha⁻¹ y del control. A los 30 días se observó que el mejor comportamiento fue alcanzado por las dosis 0.7 y

1.0 L ha⁻¹, las que difirieron significativamente de todos los tratamientos y superaron al control en 20.41 y 14.97%. La variante de 0.2 L ha⁻¹ no difirió de ningún tratamiento y la dosis menor no difirió del control.

En el diámetro polar a los 15 dds sólo la dosis de 0.2 L ha⁻¹ difirió significativamente del control y del resto de los tratamientos, y tuvo un crecimiento con relación al no tratado del 30.30%. Sin embargo, en la evaluación final (30 dds) en todos los tratamientos donde se aplicó foliar, el promotor del crecimiento, tuvieron diferencias estadísticas con el control y fue el tratamiento de 0.7 L ha⁻¹ el de mejor comportamiento con diferencias significativas con todas las variantes, excepto la dosis mayor (cuadro 5).

Cuadro 5

Efecto del promotor del crecimiento VIUSID agro en el diámetro ecuatorial y polar del tallo de plantas de rábano.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)		Diámetro Polar (cm)	
	15 (dds)	30 (dds)	15 (dds)	30 (dds)
Control	1.19 c	2.94 b	0.33 b	2.41 c
0.2 L ha ⁻¹	1.61 a	3.28 ab	0.43 a	2.93 b
0.5 L ha ⁻¹	1.23 c	3.01 b	0.29 b	3.01 b
0.7 L ha ⁻¹	1.33 b	3.54 a	0.37 b	3.31 a
1.0 L ha ⁻¹	1.43 a	3.38 a	0.37 b	3.11 ab
P=	0.044	0.000	0.016	0.004
EE(x) ±	0.04	0.06	0.02	0.054
CV (%)	26.47	15.79	22.78	15.59

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey y Kruskal-Wallis y prueba U de Mann-Whitney para diámetro polar 15 dds; dds: días después de la siembra.

Efecto del promotor del crecimiento en la masa fresca y seca del tallo en rábanos

En la masa fresca del tallo en la primera evaluación (cuadro 6), el tratamiento de 0.2 L ha⁻¹ fue el de mejor comportamiento ya que difirió significativamente del resto de las variantes. La dosis de 0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ también tuvieron diferencias estadísticas respecto al control. En la segunda evaluación el comportamiento fue similar, todas las variantes en las que se realizó la aplicación foliar de VIUSID agro difirieron significativamente del control. El mejor comportamiento fue del tratamiento con la dosis 0.7 L ha⁻¹ con un incremento respecto al no tratado de 11.32 g. Los tratamientos con las dosis 0.2, 0.5 y 1.0 también difirieron significativamente del control, y los incrementos con relación a este fueron de 6.31, 6.12 y 7.4 g, respectivamente.

Cuadro 6
Efecto de los tratamientos en la masa fresca y seca del tallo de plantas de rábano.

Tratamientos	Masa fresca (g)		Masa seca (g)	
	15 (dds)	30 (dds)	15 (dds)	30 (dds)
Control	0.15 c	11.65 c	0.02 b	0.87 c
0.2 L ha ⁻¹	0.34 a	17.96 b	0.03 a	1.35 b
0.5 L ha ⁻¹	0.23 b	17.77 b	0.02 b	1.23 b
0.7 L ha ⁻¹	0.25 b	22.97 a	0.02 b	1.54 a
1.0 L ha ⁻¹	0.29 b	19.05 b	0.02 b	1.36 b
P=	0.03	0.00	0.04	0.00
EE(x) ±	0.07	0.72	0.0002	0.05
CV (%)	22.38	25.96	19.45	23.86

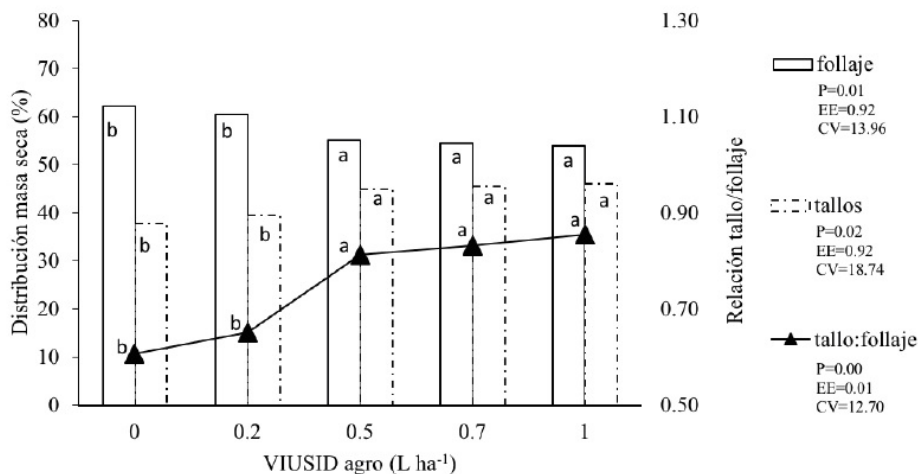
Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey; dds: días después de la siembra.

En la masa seca del tallo (cuadro 6) en la primera evaluación, el mejor comportamiento fue de la dosis 0.2 L ha⁻¹, la que difirió significativamente del resto de los tratamientos que a su vez no difirieron entre sí. En la segunda evaluación fue el control el que alcanzó menor producción de masa seca significativamente inferior a los tratamientos con VIUSID agro. La variante con mejor comportamiento fue la dosis 0.7 L ha⁻¹ que superó significativamente al resto de los tratamientos y tuvo un incremento en relación al no tratado de 67 g. Los demás tratamientos que contemplaron la aplicación foliar del promotor también tuvieron incrementos significativos con relación al control de 0.48, 0.36 y 0.49 g respectivamente.

Efecto de dosis de VIUSID agro en la distribución de la masa seca en plantas de rábano

La figura 1, refleja como se encuentra distribuida la masa seca en follaje y tallos. Se observa que los tratamientos con dosis mayores no difirieron significativamente entre ellos, pero sí lo hicieron del control y de la dosis 0.2 L ha⁻¹. Esto significó que cuando se aplicó una dosis igual o superior a 0.5 L ha⁻¹ de VIUSID agro fue significativamente inferior la masa seca del follaje y mayor la de los tallos en relación a la masa seca total por planta que con el tratamiento control y la dosis menor. Además, la relación tallo/hoja fue superior significativamente cuando se aplicaron las dosis desde 0.5 a 1.0 L ha⁻¹.

Figura 1
Efecto de dosis del promotor del crecimiento en la distribución de la masa seca en plantas de rábano.



Medias con letras desiguales por variable difieren para $P \leq 0.05$. Prueba de hipótesis para proporciones.

Efecto de dosis de VIUSID agro en la tasa absoluta de crecimiento, la tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento relativo y la razón del área foliar en plantas de rábano

En el cuadro 7, se observa que el mejor comportamiento en la tasa absoluta de crecimiento (TCA) fueron las dosis de 0.2 y 0.7 L ha⁻¹, con diferencias significativas respecto al control y un incremento con relación a este de 0.0689 y 0.0677 g día⁻¹. Esto significó que las variantes mencionadas tuvieron una producción diaria de masa seca mayor en un 47.92 y 46.59% que el control. La dosis 0.5 y 1.0 L ha⁻¹ también difirieron significativamente del tratamiento donde no se usó el VIUSID agro, y el incremento respecto a este fue del 24.02 y 23.88%.

En este cuadro se relaciona además el comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN). Los mejores resultados fueron alcanzados con la dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹, éstos difirieron significativamente del control y del resto de las variantes con el producto; los incrementos respecto al no tratado con VIUSID fueron de 36.07 y 31.15%. Los tratamientos con dosis menores no difirieron estadísticamente entre ellos, pero sí del control, y lo superaron en un 22.95%. Esto indicó que fue mayor significativamente la cantidad de masa seca producida por unidad de superficie foliar en la unidad de tiempo cuando se usó este promotor del crecimiento, para un balance entre la fotosíntesis y la respiración más adecuado.

Cuadro 7

Efecto de los tratamientos en la tasa absoluta de crecimiento (TAC), la tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento relativo (TCR) y la razón del área foliar (RAF).

Tratamientos	TAC (g día ⁻¹)	TAN (g . cm ² . día ⁻¹)	TCR (g . g ⁻¹ . día ⁻¹)	RAF (cm ² g ⁻¹)
Control	0.1453 c	0.0061 c	0.119 a	32.89 b
0.2 L ha ⁻¹	0.2142 a	0.0075 b	0.119 a	27.20 a
0.5 L ha ⁻¹	0.1802 b	0.0075 b	0.120 a	30.66 ab
0.7 L ha ⁻¹	0.2130 a	0.0083 a	0.121 a	26.48 a
1.0 L ha ⁻¹	0.1800 b	0.0080 a	0.117 a	28.64 a
P=	0.001	0.004	0.915	0.044
EE(x) ±	0.005	0.0002	0.003	0.77
CV (%)	24.47	22.93	6.31	22.96

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey y para la tasa de crecimiento relativo Kruskal–Wallis y prueba U de Mann–Whitney.

En la tasa de crecimiento relativo (TCR), como se observa en el cuadro 7, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en la razón del área foliar (RAF) los tratamientos con las dosis 0.2, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ fueron los de mejor comportamiento sin diferencias significativas entre ellos, pero superaron al control significativamente y por tanto necesitaron 5.69, 6.41 y 4.25 cm² menos que éste para producir una unidad de masa seca. La dosis 0.5 L ha⁻¹ no difirió significativamente de los tratamientos con mejor comportamiento ni del control.

Efecto del promotor del crecimiento el índice de eficiencia foliar, índice de cosecha y rendimiento agrícola

Se observa en el cuadro 8 que, en el índice de eficiencia foliar (IEF), el mejor comportamiento fue de los tratamientos con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹, con un incremento con relación al control del 66.67 y 71.43%. Las variantes de 0.2 y 0.5 L ha⁻¹ también difirieron significativamente del no tratado y los superaron en 28.57 y 47.62% respectivamente. Además, el tratamiento con dosis 0.5 L ha⁻¹ no difirió significativamente de las dosis con mejor comportamiento.

Cuadro 8
Efectos del promotor del crecimiento en el índice de eficiencia foliar (IEF)
e índice de cosecha (IK).

Tratamientos	IEF	IK
Control	0.021 c	0.38 b
0.2 L ha ⁻¹	0.027 b	0.39 b
0.5 L ha ⁻¹	0.031 ab	0.45 a
0.7 L ha ⁻¹	0.035 a	0.45 a
1.0 L ha ⁻¹	0.036 a	0.46 a
P=	0.000	0.006
EE(x) ±	0.001	0.009
CV (%)	23.50	18.75

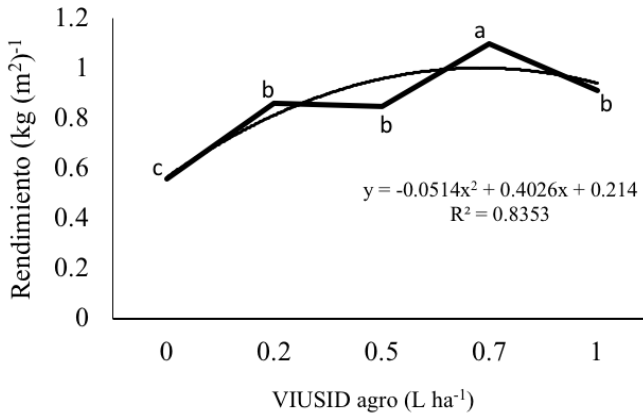
Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($p \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey.

Este resultado demostró que las plantas tratadas con VIUSID agro fueron más eficientes para producir masa seca útil o comercial, por ser este indicador considerado un índice de cosecha que toma en cuenta la superficie foliar activa.

Se observa en el cuadro 8, que fueron las dosis superiores la de mejor comportamiento en el índice de cosecha (IK), ya que no difirieron entre ellas, pero sí del resto de las variantes a excepción de la de 0.5 L ha⁻¹. Los tratamientos mencionados (0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹) fueron más eficientes que el control en un 18.42 y 21.05% y la variante con la dosis 0.2 L ha⁻¹ no difirió significativamente del mismo. Este resultado significó que las plantas tratadas con VIUSID agro tuvieron una mayor eficiencia productiva a partir de la dosis 0.5 L ha⁻¹ que el tratamiento control.

En el rendimiento agrícola (figura 2) el mejor comportamiento se alcanzó con la aplicación foliar de 0.7 L ha⁻¹ con diferencias significativas del resto de las variantes y un incremento con relación al control de 0.54 kg (m²)⁻¹. El resto de los tratamientos con el producto también difirieron significativamente del control y lo superaron (según orden ascendente en el cuadro) 0.30, 0.29 y 0.35 kg (m²)⁻¹ respectivamente.

Figura 2
Efecto de dosis del promotor del crecimiento en el rendimiento en plantas de rábano.



Medias con letras desiguales por variable difieren para $P \leq 0.05$ según prueba de rangos múltiples de Tukey. Regresión polinomial, variable independiente dosis de VIUSID agro.

El mejor modelo se seleccionó por un coeficiente de correlación $r^2 > 0.83$. El modelo de mejor ajuste fue polinomial de segundo grado. Se observa la línea de tendencia donde el rendimiento aumenta a medida que se aumentan la dosis, hasta un punto donde luego disminuye con el aumento de ésta.

Discusión

Los resultados alcanzados en la masa fresca y seca de las plantas fueron atribuidos al uso del VIUSID agro. Catalysis (2014) plantea que este promotor del crecimiento en su composición tiene varios elementos que influyen positivamente en el crecimiento de las plantas, y por tanto en el incremento de su masa fresca y seca. Mencionan dentro de ellos al piridoxal, fosfato potásico, ácido fólico y aminoácidos como la glicina. Además, le atribuye particular importancia al proceso biocatalítico de activación molecular que, una vez culminado, las moléculas están activadas sin cambiar su estructura y se obtiene un mayor efecto de estos componentes en los cultivos.

Por otra parte, según Gardner *et al.* (2003), la producción de masa seca total es un resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. En este sentido los tratamientos con el VIUSID agro tuvieron un mejor resultado con relación al control.

Se logró además un incremento en el área foliar; este comportamiento es favorable ya que, según Cookson *et al.* (2005), el aumento de biomasa de un vegetal se va a realizar a partir del área foliar expandida como fuente de producción de fotoasimilados. Sin embargo, no fueron encontrados reportes de uso del producto para beneficiar este indicador.

Las variables climáticas favorecieron el comportamiento del diámetro polar y ecuatorial del tallo porque estuvieron dentro del rango óptimo para el cultivo. Peña *et al.* (2017a) obtuvieron deformaciones en el tallo del rábano, reportaron mayor diámetro polar que ecuatorial y atribuyeron este resultado negativo a elevadas temperaturas medias durante el ciclo del cultivo.

Por otra parte, la masa fresca y seca del tallo engrosado son indicadores importantes ya que influyen directamente en el rendimiento agrícola. Otros autores han reportado efectos beneficiosos del VIUSID agro en el incremento de la masa del tallo y la raíz reservante. En el rábano, Peña *et al.* (2017a) tuvieron un efecto positivo en el incremento de la masa fresca y seca del tallo y todos los tratamientos con el promotor superaron significativamente al control. Estos mismos autores reportaron que el VIUSID agro benefició la masa de la raíz en el cultivo de la remolacha y lograron un incremento respecto al control con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹, de 120 y 130 g, respectivamente.

En la distribución de la masa seca, el comportamiento alcanzado coincidió con lo planteado con Costa *et al.* (2006), quienes afirmaron que cuando las hojas alcanzan su máxima expansión, comienza una reducción de la masa seca de las mismas en este tipo de cultivos y ocurre un direccionamiento de los fotoasimilados hacia el tallo reservante de la planta. Diferente a lo que sucede al inicio del ciclo, donde los fotoasimilados se quedan preferentemente en las hojas y se caracteriza el periodo inicial como de gran crecimiento foliar donde la masa seca de las hojas es superior (Aumonde *et al.*, 2011).

También Guimarães *et al.* (2002) obtuvieron que al relacionar los datos de acumulación de materia seca de la parte aérea con la acumulación de materia seca de las raíces de remolacha, verificaron que hay una gran inversión inicial en la parte aérea para el establecimiento de los órganos responsables de la fuente de fotoasimilados. Además, que la masa seca en las raíces alcanzó el doble de la materia seca de la parte aérea, al final del ciclo. Con el uso de este promotor del crecimiento se favoreció este comportamiento y la mayor distribución se alcanzó en las plantas tratadas con una mejor respuesta de las dosis a partir de 0.5 L ha⁻¹, como fue mencionado anteriormente.

Aunque no se encontraron reportes de efecto de este promotor del crecimiento en la evaluación de índices de crecimiento en cultivo, Gardner *et al.* (2003) y Clavijo (1989) plantearon que la TAN es un indicador de la eficiencia fotosintética promedio, ya que mide la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo. Por lo que los resultados obtenidos permitieron afirmar que las plantas tratadas con VIUSID agro tuvieron una mayor eficiencia fotosintética promedio, ya que todos los tratamientos superaron significativamente al control, a los 30 dds.

Por otra parte, según Gardner *et al.* (2003), la razón de área foliar es un indicador que se encuentra relacionado directamente con el nivel de clorofila, y las plantas con menor valor son las más eficientes. Lo que permitió inferir que el producto influyó positivamente en la eficiencia del tejido parenquimático clorofílico.

También los resultados obtenidos en el incremento de la producción pudieron estar relacionados con la aplicación foliar del promotor del crecimiento, que en su composición tiene varios elementos de importancia en este sentido. Entre ellos se encuentran los

aminoácidos, que son considerados precursores y componentes de proteínas importantes para la estimulación del crecimiento celular (Rai, 2002). Además, es bien conocido que aplicar formulaciones que los contengan provoca un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, en el rendimiento, y reducen significativamente las lesiones causadas por el estrés abiótico (Kowalczyk y Zielony, 2008).

Otro elemento importante en la composición del VIUSID es el zinc, que se ha reportado interviene en el llenado de los frutos y en el crecimiento de las plantas. Varios son los autores que afirman que cuando se aplica Zn solo o combinado con otros nutrientes en formulaciones de uso agrícola, se obtienen rendimientos favorables (Sawan *et al.*, 2008; Cakmak, 2008).

No existen reportes del uso del VIUSID agro en el rábano en condiciones de organoponía fuera de Cuba. Se encontró que (Peña *et al.*, 2017a), con la aplicación foliar del producto en diferentes cultivos hortícolas, se obtuvieron incrementos en la masa de las plantas de remolacha (*Beta vulgaris* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla* (L.) K. Koch) y rábano (*R. sativus*). Además, reportaron que con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ superaron al control significativamente en 39.50 y 32.85% en el diámetro ecuatorial de la raíz y en 32.95 y 33.18% en el diámetro polar, así como en el rendimiento agrícola.

Se encontraron además otras investigaciones que aseveran la efectividad del producto en diferentes cultivos. Peña *et al.* (2015c) aplicaron VIUSID agro y obtuvieron un mejor comportamiento en el crecimiento de las plantas e inicio de la floración en anturios (*Anthurium andreaeanum* Lind.). Otros autores reportaron resultados satisfactorios en el incremento de los rendimientos y la calidad de la semilla (Peña *et al.*, 2017b), así como en el comportamiento productivo en variedades de frijol (*P. vulgaris*) (Peña *et al.*, 2017c) y en el incremento del rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) (Atta *et al.*, 2017).

Conclusiones

El promotor del crecimiento VIUSID agro influye positivamente en los indicadores morfofisiológicos del cultivo de rábano. El comportamiento más favorable se obtuvo con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹.

La aplicación foliar de dosis de VIUSID agro favorece los índices de eficiencia foliar y productiva; el mejor resultado se alcanza con las dosis de 0.5 a 1.0 L ha⁻¹. El rendimiento agrícola es superior al aplicar el promotor del crecimiento; el mejor comportamiento se obtuvo con la dosis 0.7 L ha⁻¹.

Literatura citada

- Atta, M. M. M.; Abdel-Lattif, H. M. & Absy, R. (2017). Influence of Biostimulants Supplement on Maize Yield and Agronomic Traits. *Bioscience Research*. 14(3): 604-615.
- Aumonde, T. Z.; Lopes, N. F.; Moraes, D. M.; Peil, R. M. N. & Pedó, T. (2011). Análise de Crescimento do híbrido de mini melancia Smile enxertada e não enxertada, *Revista Brasileira de Biociência* 12(9): 387-391.
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil* 302(1): 1-17.
- Catalysis. (2014). *VIUSID agro, promotor del crecimiento*. Disponible en: <http://www.catalysisagrovete.com> (Consultado el 20 de marzo 2014).
- Clavijo, J. (1989). Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi*. 15(2): 12-16.
- Cookson, S. J.; Van Lijsebettens, M. & Granier, C. (2005). Correlation between leaf growth variables suggest intrinsic and early controls of leaf size in *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell and Environment*. 28(11): 1355-1366.
- Costa, C. C.; Oliveira, C. D.; Silva, C. J.; Timossi, P. C. e Leite, I. C. (2006) Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. *Horticultura Brasileira* 24(3): 118-122.
- Coutinho, A. M.; Orioli, J. V.; Cardoso, S. S. e Coutinho, E. L. M. (2010). Produção de matéria seca e estado nutricional do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica. *Revista Núcleos* 7(2): 105-114.
- Fuentes, F. E. y Abreu, E. E.; Fernández, E. and Castellanos, M. (1999). *Experimentación agrícola*. Ed. Félix Varela. La Habana, Cuba. 225 p.
- Gardner, F. P.; Pearce, R. B. & Mitchell, R. L. (2003). *Physiology of Crop Plants*. Blackwell publishing company. Iowa, USA. 326 pp.
- Guimarães, V. F.; Echer, M. M. e Minami, K. (2002). Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. *Horticultura Brasileira* 20(2): 505-509.
- Huerres, C. y Carballo, N. (1996). *Horticultura. Editorial Pueblo y Educación*. La Habana, Cuba. 193 pp.
- Kowalczyk, K. & Zielony, T. (2008). *Effect of Aminoplant and Asahi on yield and quality of lettuce grown on rockwool*. Conf. of biostimulators in modern agriculture, 7-8 February, Warsaw, Poland Republic.
- Martínez, M. de los A.; Ceballos M.; Suris, M.; Duarte, L. y Baños, H. (2013). Áfidos y sus parasitoides en sistemas urbanos de producción de hortalizas en Cuba. *Revista Colombiana de entomología* 39(1):13-17.
- Meléndrez, J. F.; Peña, K. y Cristo, M. (2016a). Efecto de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de Taguasco. *Infociencia* 20(3).
- Meléndrez, J. F.; Peña, K. y Cristo, M. (2016b). Efecto de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el municipio de Taguasco. *Infociencia* 20(3).
- MINITAB. (2003). *Statistical software Minitab release 14*. 12.0. Minitab Inc. Pennsylvania, USA.
- Miranda, I. (2011) *Estadística aplicada a la sanidad vegetal*. Centro de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Cuba. 173 p.
- Oliveira, R. A.; Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Sousa, V. F. L. e Freire, A. G. (2014). Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. *Revista Ciência Agronômica* 41(4): 519-526.
- ONE. (2016). Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. En: *Anuario Estadístico de Cuba 2016*. Edición 2017. Cuba. 33 p.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2015a). Efecto de un promotor del crecimiento activado molecularmente sobre la germinación y la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Infociencia* 19(3): 1-12.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Santana, M. (2015b). Comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente. *Revista Científica Avances* 17(4): 327-337.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2015c). Efecto de la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente en el cultivo de *Anthurium andreaeanum* Lind. *Revista Granma ciencia* 19(2): 1-12.

- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2016). “El VIUSID agro una alternativa en el incremento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/05/viusid.html> (Consultado el 23 de mayo de 2017).
- Peña, K.; Rodríguez, J.C.; Olivera, D.; Meléndrez, J. F.; Rodríguez, L.; Valdéz, R. & Rodríguez, L. (2017a). Effects of growth promoter on different vegetable crops. *Internacional Journal of development research* 7(2): 11737-11743.
- Peña, K.; Rodríguez, J.C.; Santana, M.; Olivera, D.; Valle, C. D. & Dorta, R. (2017b). Effects of a growth promoter on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops. *Acta agronómica* 66(3): 360-366.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C.; Olivera, D.; Orellana, N. L. y Lugones, Y. (2017c). Efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Avances en investigación agropecuaria* 21(1): 35-45.
- Quintana, M.; Galdo, Y.; Cancio, T. y Méndez, V. (2015). Efecto del estimulante natural VIUSID agro en la producción de biomasa forrajera de brachiaria híbrido cv. mulato II. *Agrotecnia de Cuba* 39(5): 15-22.
- Rai, V. K. (2002). Role of amino acids in plant responses to stress. *Biol Plant.* 45: 471–478
- Rodríguez, A.; Companioni, N.; Peña, E.; Cañet, P.; Fresneda, J.; Estrada, J. y Rey, R. (2007). *Manual técnico para organopónico, huertos intensivos y organoponía semiprotegida*. Sexta edición. La Habana. 184 p.
- Sawan, Z. M.; Mahmoud, H. M. y El-Guibali A. H. (2008). Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Journal of Plant Ecology.* 1(4): 259-270.
- SPSS. (2006). *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*. Version 15.0.1. SPSS Inc. Chicago, USA.

Recibido: 11 de diciembre de 2017

Envío arbitraje: 15 de diciembre de 2017

Dictamen: 14 de febrero de 2018

Aceptado: 15 de junio de 2018



Título: *Rábanos fertilizados*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: Acuarelas
Medidas: 12.5 cm x 17.5 cm

Efecto de un promotor del crecimiento en características morfofisiológicas y productivas del rábano (*Raphanus sativus* L.)

Effect of a growth promoter on morphophysiological and productive characteristics of radish (*Raphanus sativus* L.)

Kolima Peña,* Juan Carlos Rodríguez, Nelson León, César D. Valle y Mayra Cristo

Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Departamento de Agronomía
Avenida de los Mártires 360
Sancti Spíritus, Cuba
Teléfono: +53 55485510
*Correo de correspondencia: kolima@uniss.edu.cu

Resumen

Para evaluar el efecto de un promotor del crecimiento en el cultivo del rábano se diseñó un experimento en bloque al azar con cinco tratamientos y tres réplicas. Las variantes fueron: dosis 0.2, 0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ del promotor del crecimiento y un control. Dentro de los indicadores evaluados estuvieron la masa fresca y seca de la planta. Se evaluaron el diámetro polar y ecuatorial del tallo fresco, los índices de crecimiento fisiológicos, eficiencia foliar y productiva y rendimiento agrícola. Los resultados mostraron incrementos significativos ($P \leq 0.05$) en la masa fresca de la planta; el comportamiento más favorable fue de la dosis 0.2 y 0.7 L ha⁻¹ con 13.96 y 16.19 g. En la masa seca en la cosecha, todos los tratamientos con el promotor del crecimiento difirieron significativamente del control y lo superaron como promedio en un 35.43%. En la masa fresca del tallo, 30 días después de la siembra, fue la dosis 0.7 L ha⁻¹ la de mejor comportamiento con relación al control, con

Abstract

To evaluate the effect of a growth promoter in radish crop, a randomized block experiment was designed with five treatments and three replications. The variants were: dose 0.2; 0.5; 0.7 and 1.0 L ha⁻¹ on growth promoter and a control. Among the evaluated indicators was the fresh and dry mass of the plant. In addition, the polar and equatorial diameter of the fresh stem, physiological growth rates, leaf and productive efficiency and agricultural yield were evaluated. The results showed significant increases ($P \leq 0.05$) in the fresh mass of the plant, the most favorable behavior was the dose 0.2 and 0.7 L ha⁻¹ with 13.96 and 16.19 g. In the dry mass in the harvest, all treatments with the growth promoter differed significantly from the control and exceeded it by an average of 35.43%. In the fresh mass of the stem at 30 days after sowing, the 0.7 L ha⁻¹ dose was the one with the best behavior in relation to the control with an increase of 11.32 g. The net assim-

un incremento de 11.32 g. La tasa de asimilación neta fue superior significativamente con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹. La mayor eficiencia productiva fue alcanzada con las variantes (0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹) y el mejor comportamiento en el rendimiento, con diferencias significativas (P≤0.05) del resto de los tratamientos, fue de la dosis 0.7 L ha⁻¹ que alcanzó 1.10 kg (m²)⁻¹. Por lo que el VIUSID agro influyó positivamente en los indicadores morfofisiológicos y productivos del cultivo de rábano.

Palabras clave

Aminoácidos, fertilización foliar, hortalizas, índices fisiológicos.

physiological indices.

ilation rate was significantly higher with doses 0.7 and 1.0 L ha⁻¹. The highest productive efficiency was reached with the variants (0.5, 0.7 and 1.0 L ha⁻¹) and the best performance in the performance with significant differences (P≤0.05) of the rest of the treatments was the 0.7 L ha⁻¹ dose 1.10 kg (m²)⁻¹. Therefore, the VIUSID agro positively influenced the morphophysiological and productive indicators of radish cultivation.

Keywords

Amino acids, foliar fertilization, vegetables,

Introducción

Dentro de las hortalizas, el rábano es importante por sus propiedades medicinales: es un expectorante natural y estimulante del sistema digestivo, rico en vitaminas, potasio, calcio, fósforo y azufre (Oliveira *et al.*, 2014). Por otra parte, debido a su rápido crecimiento, requiere altos niveles de fertilidad del suelo y demanda grandes cantidades de nutrientes en un corto periodo de tiempo, lo que puede ser difícilmente corregido dentro del ciclo del cultivo (Coutinho *et al.*, 2010).

En Cuba, el rábano (*Raphanus sativus* L.) tiene niveles bajos de producción ya que su cultivo se realiza a pequeña escala y a nivel de asociaciones con otras hortalizas. Los rendimientos en organopónicos suelen estar entre 0.5 y 0.8 kg (m²)⁻¹ y la producción no es consecuente con la demanda. Sin embargo, en el país, la agricultura urbana es un fuerte movimiento de horticultores con diferentes escalas de producción, y su prioridad es contribuir a la seguridad alimentaria. Estas pequeñas unidades de producción en las zonas urbanas, cuyas áreas no exceden las tres hectáreas, tienen como objetivo producir hortalizas frescas y condimentos de buena calidad para satisfacer las necesidades de la población, debido al papel que desempeñan en la dieta diaria familiar (Martínez *et al.*, 2013).

En el país se cultivan anualmente alrededor de 202,128 ha de estos cultivos y se obtienen 2'498,960 t. La mayor producción es de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.), con 627,434 t entre los tres. Sin embargo, del resto de las hortalizas la producción aún es baja e inversa a la alta demanda existente, y no se refleja por cultivo en la estadística ofrecida en el Anuario Estadístico de Cuba (ONE, 2016).

Una alternativa que se pudiera tener en cuenta para incrementar la producción de hortalizas y entre ellas el rábano, son los promotores del crecimiento que por su composición no afecten el medio ambiente. Un producto con estas características es el VIUSID

agro ya que, según Catalysis (2014), actúa como un biorregulador natural y está compuesto fundamentalmente por aminoácidos, vitaminas y minerales. Además, como aspecto relevante, todos estos compuestos son sometidos a un proceso de activación molecular que es un proceso de inyección de electrones en la capa más interna de los átomos sin cambiar la estructura de la molécula. Esto permite el uso de dosis relativamente bajas con buenos resultados.

En Cuba se han realizado evaluaciones del producto en diferentes cultivos, Quintana *et al.* (2015) obtuvieron incrementos en la producción de *Brachiaria* híbrido cv. mulato II con un rendimiento en campo para la dosis 0.1 L ha^{-1} , de 120.0 t ha^{-1} y 92.0 t ha^{-1} para la variante control. Peña *et al.* (2015a), en anthurio (*Anthurium andreanum* Lind.), obtuvieron mayor número de hojas por planta en 26.63% con relación al control y adelanto de la floración. Peña *et al.* (2015b) realizaron la inmersión de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en una solución de VIUSID al 0.02% por tres horas y otro grupo control con inmersión por igual tiempo en agua destilada. Los resultados mostraron que la germinación y la altura de las plantas fueron superior significativamente cuando se usó el promotor, y se obtuvo un rendimiento 1.22 t ha^{-1} con la variante con el producto y 1.02 con el tratamiento control.

En este mismo cultivo, Peña *et al.* (2015c), con la aplicación semanal del producto, obtuvieron 1.8 t ha^{-1} más que el control. En tomate (*S. lycopersicum*) (Peña *et al.*, 2016), cebolla (*A. cepa*) (Meléndrez *et al.*, 2016a), maíz (*Zea mays* L.) (Meléndrez *et al.*, 2016b) y hortalizas (Peña *et al.*, 2017a) los tratamientos con el promotor del crecimiento superaron significativamente al control en variables de crecimiento y en el rendimiento agrícola.

Sin embargo, los estudios aún son insuficientes, partiendo de que las réplicas con diferentes especies, variedades y repeticiones en el tiempo son un requisito en la investigación agropecuaria (Fuentes *et al.*, 1999). Por lo que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de dosis de VIUSID agro en el comportamiento morfofisiológico y productivo del cultivo de rábano (*R. sativus*).

Materiales y métodos

Generalidades de la investigación

El experimento se realizó en el organopónico de la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Jesús Menéndez, Taguasco, Sancti Spíritus, Cuba, coordenadas ($21^{\circ} 59' 48.78'' \text{ N } 79^{\circ} 15' 52.41'' \text{ O}$). La variedad que se utilizó en el experimento fue la Scarle Globe. La semilla se obtuvo en la Empresa Agropecuaria de Taguasco. Las variables climáticas fueron registradas por la Estación Provincial de Sancti Spíritus, la temperatura media diaria fue de $17.43 \text{ }^{\circ}\text{C}$, la humedad relativa media diaria 71.5% y la precipitación pluvial acumulada de 20.62 mm. La fecha de siembra fue el 14 de febrero de 2017 y se cosechó el 16 de marzo de ese mismo año. Para la preparación del sustrato, el riego, labores agrotécnicas y el control de plagas y enfermedades se siguieron las normas

establecidas en el manual técnico para organopónicos, huertos intensivos y organoponía semiprotegida (Rodríguez *et al.*, 2007).

Diseño experimental, forma de aplicación y tratamientos

El diseño experimental fue bloques al azar con 5 tratamientos y tres réplicas. Las parcelas tenían 5 m² y la superficie de cálculo fue de 2.40 m². El marco de siembra fue de 0.10 x 0.05 m. Se marcaron 15 plantas por parcela al azar para un total de 45 plantas evaluadas por tratamiento.

Las aplicaciones se realizaron en la mañana, se tuvo en cuenta evitar la deriva por el viento y la evaporación del rocío. Se realizaron con un intervalo de siete días a partir de la aparición de las primeras hojas y hasta siete días antes de la cosecha. Se usó un aspersor manual de espalda de 16 litros de capacidad.

Tratamientos

La composición declarada del producto, se observa en el cuadro 1. Los tratamientos fueron: control (sin aplicación del producto) y cuatro dosis: 0.2, 0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹.

Cuadro 1
Composición del promotor del crecimiento VIUSID agro g/100 mL.

Composición	g/100 mL	Composición	g/100mL
Fosfato potásico	5.0	Pantotenato cálcico	0.115
Ácido málico	4.6	Piridoxal	0.225
Glucosamina	4.6	Ácido fólico	0.05
Arginina	4.15	Cianocobalamina	0.0005
Glicina	2.35	Glicirricinato monoamónico	0.23
Ácido ascórbico	1.15	Benzoato sódico	0.2
Sulfato de zinc	0.115	Sorbato potásico	0.2
Agua destilada c.s.p	100 mL		

Todos estos compuestos fueron sometidos a un proceso de activación molecular.

Indicadores

Las variables evaluadas fueron: masa fresca de la planta (g), masa seca de la planta (g), diámetro ecuatorial del tallo (cm), diámetro polar del tallo (cm), masa fresca del tallo (g), masa seca del tallo (g), distribución de la masa seca (%), rendimiento agrícola kg (m²)⁻¹, índices fisiológicos de crecimiento.

Los indicadores se evaluaron en dos momentos en el ciclo del cultivo: 15 después de la siembra y en cosecha, 30 días después de la siembra (dds). Para la masa seca se usó la estufa (MJW WS 100) a 75 °C hasta masa constante y luego se determinó la misma con una balanza digital Sartorius, de precisión de ± 0.01 g. Para el diámetro ecuatorial y polar del tallo se usó un calibrador Vernier (pie de rey) y se registró el valor de todas las plantas seleccionadas. Se tuvo en cuenta colocar el instrumento en la zona más en-

sanchada del tallo, y así se realizó de forma homogénea en todas las muestras. La masa fresca del tallo y de la planta se determinaron con una balanza digital Sartorius (modelo BS 124S) con precisión de ± 0.01 g. Igualmente se realizó en el momento de la cosecha y a todas las plantas seleccionadas en la superficie de cálculo.

Para la distribución de la masa seca se usó el método establecido por Gardner *et al.* (2003). Se calculó la proporción de lo producido que se utilizó en formar la parte comercial y/o estructural, se usaron los valores de la masa seca total de la planta y de la masa seca de sus órganos (independientes) para establecer las proporciones.

Para la cosecha se tuvo en cuenta que todos los tratamientos estuvieran dentro del rango establecido, diámetro ecuatorial del tallo superior a 2.4 cm (Huerres y Caraballo, 1996). Para el cálculo del rendimiento se usó el método indirecto según Fuentes *et al.* (1999). Para los índices de crecimiento se usó el procedimiento siguiente (cuadro 2).

Cuadro 2
Índices de crecimiento empleados en fisiología vegetal
(Gardner *et al.*, 2003).

Índice de crecimiento	Símbolo	Fórmula	Unidades
Tasa absoluta de crecimiento	TCA	$TCA = (W2-W1)/(T2-T1)$	(g día ⁻¹)
Área foliar	AF	$AF = (l \times a) f$	(cm ²)
Tasa de asimilación neta	TAN	$TAN^* = 2(W2 - W1) / (AF2 + AF1) (t2 - t1)$	(g cm ⁻² día ⁻¹)
Tasa de crecimiento relativo	TCR	$TCR = 2(W2 - W1) / (W2 + W1) (t2 - t1)$	(g g ⁻¹ día ⁻¹)
Razón del área foliar	RAF	$RAF = \frac{1}{2} (AF1/W1 + AF2/W2)$	(cm ² g ⁻¹)
Índice de eficiencia foliar	IEF	$\frac{\text{Masa seca comercial}}{\text{Área foliar}}$	
Índice de cosecha	IK	$\frac{\text{Masa seca comercial}}{\text{Masa seca total}}$	

AF=área foliar; T=tiempo; W=masa seca; TAN*: se usó la fórmula, porque el coeficiente de crecimiento (α)=TCR masa/TCR área; osciló entre 1.5 y 2.5; f: coeficiente del área foliar = área real de la hoja/largo x ancho.

Para el cálculo del área foliar se usó el método dimensional (largo por ancho del limbo). Este método se basó en la medición de la longitud y ancho del limbo de la hoja y la relación matemática entre el área real y el producto del largo por ancho de dicha hoja. Se requirió determinar el coeficiente de área foliar.

Estadística

Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows (2006) y el software MINITAB 14.12.0 (2003). Para determinar si los datos

tenían normalidad se realizó la prueba de Kolmogorov–Smirnov y la d^ocima de Levene para la homogeneidad de la varianza. Cuando existía normalidad y homogeneidad se realizó un análisis de varianza de clasificación doble (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples Tukey ($P \leq 0.05$). La prueba de Kruskal–Wallis y prueba U de Mann–Whitney se aplicaron cuando no existió distribución normal de los datos. Para la distribución de la masa seca se realizó la prueba de hipótesis para proporciones. Además, se evaluó la asociación significativa entre las variables de cada par posible (coeficientes de correlación de Pearson). A los datos que no tuvieron homogeneidad de la varianza se realizó la T de Students (Miranda, 2011). Además, se realizó una prueba regresión polinomial para el rendimiento agrícola.

Resultados

Efectos del promotor del crecimiento en la masa fresca y seca de las plantas a los 15 y 30 (dds)

El efecto de los tratamientos en la masa fresca de la planta se observa en el cuadro 3. A los 15 días posteriores a la siembra, el mejor comportamiento fue del tratamiento donde se realizó la aplicación foliar de la dosis 0.2 L ha^{-1} . Éste difirió significativamente del resto de las variantes y superó al control en 1.04 g . Los tratamientos 0.5 , 0.7 y 1.0 L ha^{-1} también difirieron significativamente del control.

A los 30 días después de la siembra (dds) la tendencia fue similar, todos los tratamientos con el producto superaron al control significativamente. El mejor comportamiento fue alcanzado por las variantes 0.2 y 0.7 L ha^{-1} con incrementos respecto al no tratado de 13.96 y 16.39 g . Las dosis 0.5 y 1.0 L ha^{-1} también superaron al control en 8.99 y 9.19 g respectivamente.

Cuadro 3
Efecto de dosis del promotor del crecimiento VIUSID agro
en la masa fresca y seca de las plantas de rábano.

Tratamientos	Masa fresca (g)		Masa seca (g)	
	15 (dds)	30 (dds)	15 (dds)	30 (dds)
Control	1.73 c	26.86 c	0.12 c	2.30 b
0.2 L ha^{-1}	2.77 a	40.82 a	0.19 a	3.40 a
0.5 L ha^{-1}	1.95 b	35.85 b	0.14 b	2.84 a
0.7 L ha^{-1}	2.20 b	43.25 a	0.17 a	3.36 a
1.0 L ha^{-1}	2.29 b	36.05 b	0.16 a	2.86 a
P=	0.003	0.000	0.002	0.000
EE(x) ±	0.08	1.08	0.005	0.09
CV (%)	26.07	25.65	23.33	27.12

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey y T de Students para la masa seca a los 30 dds; dds: días después de la siembra.

La mayor producción de masa seca a los 15 (dds) se alcanzó con la aplicación foliar de las dosis 0.2, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ de VIUSID agro. Los incrementos en esta variable con relación al control fueron de 58.33, 41.67 y 33.33%. La dosis 0.5 L ha⁻¹, aunque más discreto, también tuvo un comportamiento favorable con relación al control y lo superó en un 16.67% (cuadro 3). En la evaluación final los tratamientos con el producto no difirieron entre ellos, pero sí del control y lo superaron (según el orden posicional en el cuadro) en 47.82, 23.48, 46.09 y 24.34% respectivamente.

Efecto de dosis del promotor del crecimiento en el área foliar de plantas de rábano

El área foliar en la primera evaluación fue superior con los tratamientos 0.2 y 1.0 L ha⁻¹; ambos no difirieron significativamente entre ellos, pero sí del resto de las variantes y superaron al control en 32.46 y 20.90%. Las dosis 0.5 y 0.7 L ha⁻¹ tuvieron un comportamiento favorable con relación al no tratado y lo superaron en 14.18 y 19.03% respectivamente (cuadro 4).

A los 30 días después de la siembra, fue la dosis 0.2 L ha⁻¹ la de mejor comportamiento ya que difirió significativamente del resto de los tratamientos, excepto de la variante 0.7 L ha⁻¹ y superó al control en 14.74%. El resto de las variantes con el producto no difirieron significativamente entre sí ni del control (cuadro 4).

Cuadro 4
Efecto del promotor del crecimiento en el área foliar (AF)
a los 15 y 30 días después de la siembra.

Tratamientos	AF1 (15 dds) cm ²	AF2 (30 dds) cm ²
Control	5.36 c	41.99 b
0.2 L ha ⁻¹	7.10 a	48.18 a
0.5 L ha ⁻¹	6.13 b	42.18 b
0.7 L ha ⁻¹	6.38 b	44.81 ab
1.0 L ha ⁻¹	6.84 a	38.36 b
P=	0.03	0.03
EE(x) ±	0.13	1.09
CV	15.95	11.53

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para (P≤0.05) según prueba de rangos múltiples de Tukey; dds: días después de la siembra.

Efecto de los tratamientos en el diámetro polar y ecuatorial del tallo a los 15 y 30 dds

En el diámetro ecuatorial del tallo, a los 15 días posteriores a la siembra (cuadro 5), el mejor comportamiento fue de las variantes con las dosis 0.2 y 1.0 L ha⁻¹, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos. La dosis 1.0 L ha⁻¹ también tuvo un com-

portamiento favorable ya que difirió significativamente de la dosis 0.5 L ha⁻¹ y del control. A los 30 días se observó que el mejor comportamiento fue alcanzado por las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹, las que difirieron significativamente de todos los tratamientos y superaron al control en 20.41 y 14.97%. La variante de 0.2 L ha⁻¹ no difirió de ningún tratamiento y la dosis menor no difirió del control.

En el diámetro polar a los 15 dds sólo la dosis de 0.2 L ha⁻¹ difirió significativamente del control y del resto de los tratamientos, y tuvo un crecimiento con relación al no tratado del 30.30%. Sin embargo, en la evaluación final (30 dds) en todos los tratamientos donde se aplicó foliar, el promotor del crecimiento, tuvieron diferencias estadísticas con el control y fue el tratamiento de 0.7 L ha⁻¹ el de mejor comportamiento con diferencias significativas con todas las variantes, excepto la dosis mayor (cuadro 5).

Cuadro 5
Efecto del promotor del crecimiento VIUSID agro en el diámetro ecuatorial y polar del tallo de plantas de rábano.

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)		Diámetro Polar (cm)	
	15 (dds)	30 (dds)	15 (dds)	30 (dds)
Control	1.19 c	2.94 b	0.33 b	2.41 c
0.2 L ha ⁻¹	1.61 a	3.28 ab	0.43 a	2.93 b
0.5 L ha ⁻¹	1.23 c	3.01 b	0.29 b	3.01 b
0.7 L ha ⁻¹	1.33 b	3.54 a	0.37 b	3.31 a
1.0 L ha ⁻¹	1.43 a	3.38 a	0.37 b	3.11 ab
P=	0.044	0.000	0.016	0.004
EE(x) ±	0.04	0.06	0.02	0.054
CV (%)	26.47	15.79	22.78	15.59

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey y Kruskal–Wallis y prueba U de Mann–Whitney para diámetro polar 15 dds; dds: días después de la siembra.

Efecto del promotor del crecimiento en la masa fresca y seca del tallo en rábanos

En la masa fresca del tallo en la primera evaluación (cuadro 6), el tratamiento de 0.2 L ha⁻¹ fue el de mejor comportamiento ya que difirió significativamente del resto de las variantes. La dosis de 0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ también tuvieron diferencias estadísticas respecto al control. En la segunda evaluación el comportamiento fue similar, todas las variantes en las que se realizó la aplicación foliar de VIUSID agro difirieron significativamente del control. El mejor comportamiento fue del tratamiento con la dosis 0.7 L ha⁻¹ con un incremento respecto al no tratado de 11.32 g. Los tratamientos con las dosis 0.2, 0.5 y 1.0 también difirieron significativamente del control, y los incrementos con relación a este fueron de 6.31, 6.12 y 7.4 g, respectivamente.

Cuadro 6
Efecto de los tratamientos en la masa fresca y seca del tallo de plantas de rábano.

Tratamientos	Masa fresca (g)		Masa seca (g)	
	15 (dds)	30 (dds)	15 (dds)	30 (dds)
Control	0.15 c	11.65 c	0.02 b	0.87 c
0.2 L ha ⁻¹	0.34 a	17.96 b	0.03 a	1.35 b
0.5 L ha ⁻¹	0.23 b	17.77 b	0.02 b	1.23 b
0.7 L ha ⁻¹	0.25 b	22.97 a	0.02 b	1.54 a
1.0 L ha ⁻¹	0.29 b	19.05 b	0.02 b	1.36 b
P=	0.03	0.00	0.04	0.00
EE(x) ±	0.07	0.72	0.0002	0.05
CV (%)	22.38	25.96	19.45	23.86

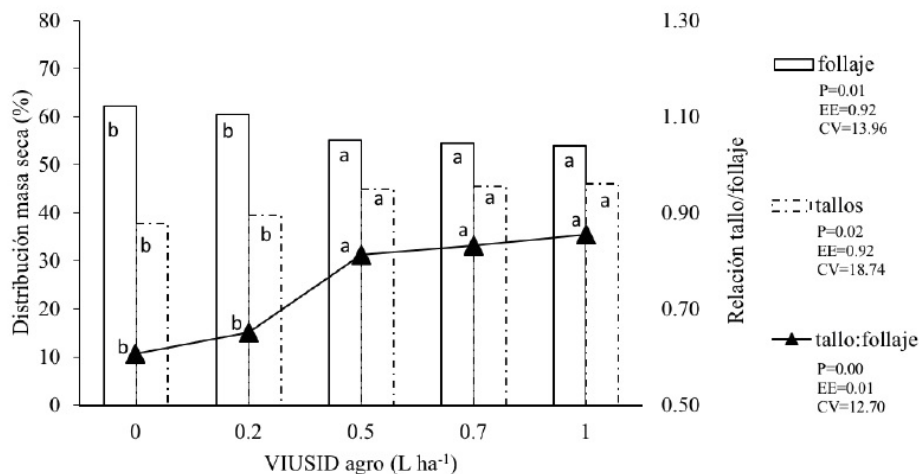
Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey; dds: días después de la siembra.

En la masa seca del tallo (cuadro 6) en la primera evaluación, el mejor comportamiento fue de la dosis 0.2 L ha⁻¹, la que difirió significativamente del resto de los tratamientos que a su vez no difirieron entre sí. En la segunda evaluación fue el control el que alcanzó menor producción de masa seca significativamente inferior a los tratamientos con VIUSID agro. La variante con mejor comportamiento fue la dosis 0.7 L ha⁻¹ que superó significativamente al resto de los tratamientos y tuvo un incremento en relación al no tratado de 67 g. Los demás tratamientos que contemplaron la aplicación foliar del promotor también tuvieron incrementos significativos con relación al control de 0.48, 0.36 y 0.49 g respectivamente.

Efecto de dosis de VIUSID agro en la distribución de la masa seca en plantas de rábano

La figura 1, refleja como se encuentra distribuida la masa seca en follaje y tallos. Se observa que los tratamientos con dosis mayores no difirieron significativamente entre ellos, pero sí lo hicieron del control y de la dosis 0.2 L ha⁻¹. Esto significó que cuando se aplicó una dosis igual o superior a 0.5 L ha⁻¹ de VIUSID agro fue significativamente inferior la masa seca del follaje y mayor la de los tallos en relación a la masa seca total por planta que con el tratamiento control y la dosis menor. Además, la relación tallo/hoja fue superior significativamente cuando se aplicaron las dosis desde 0.5 a 1.0 L ha⁻¹.

Figura 1
Efecto de dosis del promotor del crecimiento en la distribución de la masa seca en plantas de rábano.



Medias con letras desiguales por variable difieren para $P \leq 0.05$. Prueba de hipótesis para proporciones.

Efecto de dosis de VIUSID agro en la tasa absoluta de crecimiento, la tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento relativo y la razón del área foliar en plantas de rábano

En el cuadro 7, se observa que el mejor comportamiento en la tasa absoluta de crecimiento (TCA) fueron las dosis de 0.2 y 0.7 L ha⁻¹, con diferencias significativas respecto al control y un incremento con relación a este de 0.0689 y 0.0677 g día⁻¹. Esto significó que las variantes mencionadas tuvieron una producción diaria de masa seca mayor en un 47.92 y 46.59% que el control. La dosis 0.5 y 1.0 L ha⁻¹ también difirieron significativamente del tratamiento donde no se usó el VIUSID agro, y el incremento respecto a este fue del 24.02 y 23.88%.

En este cuadro se relaciona además el comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN). Los mejores resultados fueron alcanzados con la dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹, éstos difirieron significativamente del control y del resto de las variantes con el producto; los incrementos respecto al no tratado con VIUSID fueron de 36.07 y 31.15%. Los tratamientos con dosis menores no difirieron estadísticamente entre ellos, pero sí del control, y lo superaron en un 22.95%. Esto indicó que fue mayor significativamente la cantidad de masa seca producida por unidad de superficie foliar en la unidad de tiempo cuando se usó este promotor del crecimiento, para un balance entre la fotosíntesis y la respiración más adecuado.

Cuadro 7

Efecto de los tratamientos en la tasa absoluta de crecimiento (TAC), la tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento relativo (TCR) y la razón del área foliar (RAF).

Tratamientos	TAC (g día ⁻¹)	TAN (g . cm ² . día ⁻¹)	TCR (g . g ⁻¹ . día ⁻¹)	RAF (cm ² g ⁻¹)
Control	0.1453 c	0.0061 c	0.119 a	32.89 b
0.2 L ha ⁻¹	0.2142 a	0.0075 b	0.119 a	27.20 a
0.5 L ha ⁻¹	0.1802 b	0.0075 b	0.120 a	30.66 ab
0.7 L ha ⁻¹	0.2130 a	0.0083 a	0.121 a	26.48 a
1.0 L ha ⁻¹	0.1800 b	0.0080 a	0.117 a	28.64 a
P=	0.001	0.004	0.915	0.044
EE(x) ±	0.005	0.0002	0.003	0.77
CV (%)	24.47	22.93	6.31	22.96

Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($P \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey y para la tasa de crecimiento relativo Kruskal–Wallis y prueba U de Mann–Whitney.

En la tasa de crecimiento relativo (TCR), como se observa en el cuadro 7, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en la razón del área foliar (RAF) los tratamientos con las dosis 0.2, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ fueron los de mejor comportamiento sin diferencias significativas entre ellos, pero superaron al control significativamente y por tanto necesitaron 5.69, 6.41 y 4.25 cm² menos que este para producir una unidad de masa seca. La dosis 0.5 L ha⁻¹ no difirió significativamente de los tratamientos con mejor comportamiento ni del control.

Efecto del promotor del crecimiento el índice de eficiencia foliar, índice de cosecha y rendimiento agrícola

Se observa en el cuadro 8 que, en el índice de eficiencia foliar (IEF), el mejor comportamiento fue de los tratamientos con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹, con un incremento con relación al control del 66.67 y 71.43%. Las variantes de 0.2 y 0.5 L ha⁻¹ también difirieron significativamente del no tratado y los superaron en 28.57 y 47.62% respectivamente. Además, el tratamiento con dosis 0.5 L ha⁻¹ no difirió significativamente de las dosis con mejor comportamiento.

Cuadro 8
Efectos del promotor del crecimiento en el índice de eficiencia foliar (IEF)
e índice de cosecha (IK).

Tratamientos	IEF	IK
Control	0.021 c	0.38 b
0.2 L ha ⁻¹	0.027 b	0.39 b
0.5 L ha ⁻¹	0.031 ab	0.45 a
0.7 L ha ⁻¹	0.035 a	0.45 a
1.0 L ha ⁻¹	0.036 a	0.46 a
P=	0.000	0.006
EE(x) ±	0.001	0.009
CV (%)	23.50	18.75

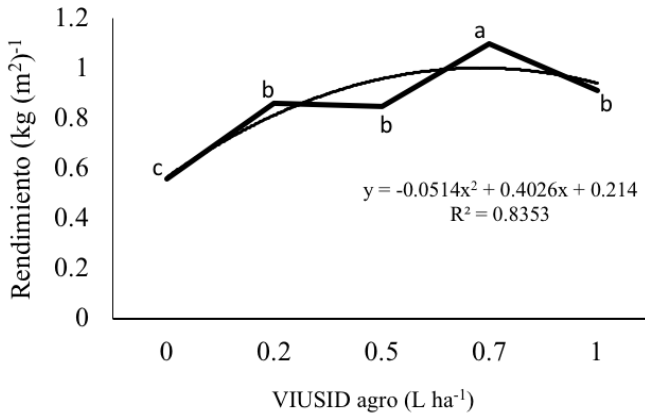
Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para ($p \leq 0.05$) según prueba de rangos múltiples de Tukey.

Este resultado demostró que las plantas tratadas con VIUSID agro fueron más eficientes para producir masa seca útil o comercial, por ser este indicador considerado un índice de cosecha que toma en cuenta la superficie foliar activa.

Se observa en el cuadro 8, que fueron las dosis superiores la de mejor comportamiento en el índice de cosecha (IK), ya que no difirieron entre ellas, pero sí del resto de las variantes a excepción de la de 0.5 L ha⁻¹. Los tratamientos mencionados (0.5, 0.7 y 1.0 L ha⁻¹) fueron más eficientes que el control en un 18.42 y 21.05% y la variante con la dosis 0.2 L ha⁻¹ no difirió significativamente del mismo. Este resultado significó que las plantas tratadas con VIUSID agro tuvieron una mayor eficiencia productiva a partir de la dosis 0.5 L ha⁻¹ que el tratamiento control.

En el rendimiento agrícola (figura 2) el mejor comportamiento se alcanzó con la aplicación foliar de 0.7 L ha⁻¹ con diferencias significativas del resto de las variantes y un incremento con relación al control de 0.54 kg (m²)⁻¹. El resto de los tratamientos con el producto también difirieron significativamente del control y lo superaron (según orden ascendente en el cuadro) 0.30, 0.29 y 0.35 kg (m²)⁻¹ respectivamente.

Figura 2
Efecto de dosis del promotor del crecimiento en el rendimiento en plantas de rábano.



Medias con letras desiguales por variable difieren para $P \leq 0.05$ según prueba de rangos múltiples de Tukey. Regresión polinomial, variable independiente dosis de VIUSID agro.

El mejor modelo se seleccionó por un coeficiente de correlación $r^2 > 0.83$. El modelo de mejor ajuste fue polinomial de segundo grado. Se observa la línea de tendencia donde el rendimiento aumenta a medida que se aumentan la dosis, hasta un punto donde luego disminuye con el aumento de ésta.

Discusión

Los resultados alcanzados en la masa fresca y seca de las plantas fueron atribuidos al uso del VIUSID agro. Catalysis (2014) plantea que este promotor del crecimiento en su composición tiene varios elementos que influyen positivamente en el crecimiento de las plantas, y por tanto en el incremento de su masa fresca y seca. Mencionan dentro de ellos al piridoxal, fosfato potásico, ácido fólico y aminoácidos como la glicina. Además, le atribuye particular importancia al proceso biocatalítico de activación molecular que, una vez culminado, las moléculas están activadas sin cambiar su estructura y se obtiene un mayor efecto de estos componentes en los cultivos.

Por otra parte, según Gardner *et al.* (2003), la producción de masa seca total es un resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. En este sentido los tratamientos con el VIUSID agro tuvieron un mejor resultado con relación al control.

Se logró además un incremento en el área foliar; este comportamiento es favorable ya que, según Cookson *et al.* (2005), el aumento de biomasa de un vegetal se va a realizar a partir del área foliar expandida como fuente de producción de fotoasimilados. Sin embargo, no fueron encontrados reportes de uso del producto para beneficiar este indicador.

Las variables climáticas favorecieron el comportamiento del diámetro polar y ecuatorial del tallo porque estuvieron dentro del rango óptimo para el cultivo. Peña *et al.* (2017a) obtuvieron deformaciones en el tallo del rábano, reportaron mayor diámetro polar que ecuatorial y atribuyeron este resultado negativo a elevadas temperaturas medias durante el ciclo del cultivo.

Por otra parte, la masa fresca y seca del tallo engrosado son indicadores importantes ya que influyen directamente en el rendimiento agrícola. Otros autores han reportado efectos beneficiosos del VIUSID agro en el incremento de la masa del tallo y la raíz reservante. En el rábano, Peña *et al.* (2017a) tuvieron un efecto positivo en el incremento de la masa fresca y seca del tallo y todos los tratamientos con el promotor superaron significativamente al control. Estos mismos autores reportaron que el VIUSID agro benefició la masa de la raíz en el cultivo de la remolacha y lograron un incremento respecto al control con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹, de 120 y 130 g, respectivamente.

En la distribución de la masa seca, el comportamiento alcanzado coincidió con lo planteado con Costa *et al.* (2006), quienes afirmaron que cuando las hojas alcanzan su máxima expansión, comienza una reducción de la masa seca de las mismas en este tipo de cultivos y ocurre un direccionamiento de los fotoasimilados hacia el tallo reservante de la planta. Diferente a lo que sucede al inicio del ciclo, donde los fotoasimilados se quedan preferentemente en las hojas y se caracteriza el periodo inicial como de gran crecimiento foliar donde la masa seca de las hojas es superior (Aumonde *et al.*, 2011).

También Guimarães *et al.* (2002) obtuvieron que al relacionar los datos de acumulación de materia seca de la parte aérea con la acumulación de materia seca de las raíces de remolacha, verificaron que hay una gran inversión inicial en la parte aérea para el establecimiento de los órganos responsables de la fuente de fotoasimilados. Además, que la masa seca en las raíces alcanzó el doble de la materia seca de la parte aérea, al final del ciclo. Con el uso de este promotor del crecimiento se favoreció este comportamiento y la mayor distribución se alcanzó en las plantas tratadas con una mejor respuesta de las dosis a partir de 0.5 L ha⁻¹, como fue mencionado anteriormente.

Aunque no se encontraron reportes de efecto de este promotor del crecimiento en la evaluación de índices de crecimiento en cultivo, Gardner *et al.* (2003) y Clavijo (1989) plantearon que la TAN es un indicador de la eficiencia fotosintética promedio, ya que mide la ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar y por unidad de tiempo. Por lo que los resultados obtenidos permitieron afirmar que las plantas tratadas con VIUSID agro tuvieron una mayor eficiencia fotosintética promedio, ya que todos los tratamientos superaron significativamente al control, a los 30 dds.

Por otra parte, según Gardner *et al.* (2003), la razón de área foliar es un indicador que se encuentra relacionado directamente con el nivel de clorofila, y las plantas con menor valor son las más eficientes. Lo que permitió inferir que el producto influyó positivamente en la eficiencia del tejido parenquimático clorofílico.

También los resultados obtenidos en el incremento de la producción pudieron estar relacionados con la aplicación foliar del promotor del crecimiento, que en su composición tiene varios elementos de importancia en este sentido. Entre ellos se encuentran los

aminoácidos, que son considerados precursores y componentes de proteínas importantes para la estimulación del crecimiento celular (Rai, 2002). Además, es bien conocido que aplicar formulaciones que los contengan provoca un efecto positivo en el crecimiento de las plantas, en el rendimiento, y reducen significativamente las lesiones causadas por el estrés abiótico (Kowalczyk y Zielony, 2008).

Otro elemento importante en la composición del VIUSID es el zinc, que se ha reportado interviene en el llenado de los frutos y en el crecimiento de las plantas. Varios son los autores que afirman que cuando se aplica Zn solo o combinado con otros nutrientes en formulaciones de uso agrícola, se obtienen rendimientos favorables (Sawan *et al.*, 2008; Cakmak, 2008).

No existen reportes del uso del VIUSID agro en el rábano en condiciones de organoponía fuera de Cuba. Se encontró que (Peña *et al.*, 2017a), con la aplicación foliar del producto en diferentes cultivos hortícolas, se obtuvieron incrementos en la masa de las plantas de remolacha (*Beta vulgaris* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.), acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla* (L.) K. Koch) y rábano (*R. sativus*). Además, reportaron que con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹ superaron al control significativamente en 39.50 y 32.85% en el diámetro ecuatorial de la raíz y en 32.95 y 33.18% en el diámetro polar, así como en el rendimiento agrícola.

Se encontraron además otras investigaciones que aseveran la efectividad del producto en diferentes cultivos. Peña *et al.* (2015c) aplicaron VIUSID agro y obtuvieron un mejor comportamiento en el crecimiento de las plantas e inicio de la floración en anturios (*Anthurium andreaenum* Lind.). Otros autores reportaron resultados satisfactorios en el incremento de los rendimientos y la calidad de la semilla (Peña *et al.*, 2017b), así como en el comportamiento productivo en variedades de frijol (*P. vulgaris*) (Peña *et al.*, 2017c) y en el incremento del rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) (Atta *et al.*, 2017).

Conclusiones

El promotor del crecimiento VIUSID agro influye positivamente en los indicadores morfofisiológicos del cultivo de rábano. El comportamiento más favorable se obtuvo con las dosis 0.7 y 1.0 L ha⁻¹.

La aplicación foliar de dosis de VIUSID agro favorece los índices de eficiencia foliar y productiva; el mejor resultado se alcanza con las dosis de 0.5 a 1.0 L ha⁻¹. El rendimiento agrícola es superior al aplicar el promotor del crecimiento; el mejor comportamiento se obtuvo con la dosis 0.7 L ha⁻¹.

Literatura citada

- Atta, M. M. M.; Abdel-Lattif, H. M. & Absy, R. (2017). Influence of Biostimulants Supplement on Maize Yield and Agronomic Traits. *Bioscience Research*. 14(3): 604-615.
- Aumonde, T. Z.; Lopes, N. F.; Moraes, D. M.; Peil, R. M. N. & Pedó, T. (2011). Análise de Crescimento do híbrido de mini melancia Smile enxertada e não enxertada, *Revista Brasileira de Biociência* 12(9): 387-391.
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil* 302(1): 1-17.
- Catalysis. (2014). *VIUSID agro, promotor del crecimiento*. Disponible en: <http://www.catalysisagrovete.com> (Consultado el 20 de marzo 2014).
- Clavijo, J. (1989). Análisis de crecimiento en malezas. *Revista Comalfi*. 15(2): 12-16.
- Cookson, S. J.; Van Lijsebettens, M. & Granier, C. (2005). Correlation between leaf growth variables suggest intrinsic and early controls of leaf size in *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell and Environment*. 28(11): 1355-1366.
- Costa, C. C.; Oliveira, C. D.; Silva, C. J.; Timossi, P. C. e Leite, I. C. (2006) Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. *Horticultura Brasileira* 24(3): 118-122.
- Coutinho, A. M.; Orioli, J. V.; Cardoso, S. S. e Coutinho, E. L. M. (2010). Produção de matéria seca e estado nutricional do rabanete em função da adubação nitrogenada e potássica. *Revista Núcleos* 7(2): 105-114.
- Fuentes, F. E. y Abreu, E. E.; Fernández, E. and Castellanos, M. (1999). *Experimentación agrícola*. Ed. Félix Varela. La Habana, Cuba. 225 p.
- Gardner, F. P.; Pearce, R. B. & Mitchell, R. L. (2003). *Physiology of Crop Plants*. Blackwell publishing company. Iowa, USA. 326 pp.
- Guimarães, V. F.; Echer, M. M. e Minami, K. (2002). Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. *Horticultura Brasileira* 20(2): 505-509.
- Huerres, C. y Carballo, N. (1996). *Horticultura. Editorial Pueblo y Educación*. La Habana, Cuba. 193 pp.
- Kowalczyk, K. & Zielony, T. (2008). *Effect of Aminoplant and Asahi on yield and quality of lettuce grown on rockwool*. Conf. of biostimulators in modern agriculture, 7-8 February, Warsaw, Poland Republic.
- Martínez, M. de los A.; Ceballos M.; Suris, M.; Duarte, L. y Baños, H. (2013). Áfidos y sus parasitoides en sistemas urbanos de producción de hortalizas en Cuba. *Revista Colombiana de entomología* 39(1):13-17.
- Meléndrez, J. F.; Peña, K. y Cristo, M. (2016a). Efecto de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de Taguasco. *Infociencia* 20(3).
- Meléndrez, J. F.; Peña, K. y Cristo, M. (2016b). Efecto de tres dosis de VIUSID agro en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el municipio de Taguasco. *Infociencia* 20(3).
- MINITAB. (2003). *Statistical software Minitab release 14*. 12.0. Minitab Inc. Pennsylvania, USA.
- Miranda, I. (2011) *Estadística aplicada a la sanidad vegetal*. Centro de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Cuba. 173 p.
- Oliveira, R. A.; Oliveira, F. A.; Medeiros, J. F.; Sousa, V. F. L. e Freire, A. G. (2014). Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. *Revista Ciência Agronômica* 41(4): 519-526.
- ONE. (2016). Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. En: *Anuario Estadístico de Cuba 2016*. Edición 2017. Cuba. 33 p.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2015a). Efecto de un promotor del crecimiento activado molecularmente sobre la germinación y la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Infociencia* 19(3): 1-12.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Santana, M. (2015b). Comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ante la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente. *Revista Científica Avances* 17(4): 327-337.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C y Meléndrez, J. F. (2015c). Efecto de la aplicación de un promotor del crecimiento activado molecularmente en el cultivo de *Anthurium andreaeanum* Lind. *Revista Granma ciencia* 19(2): 1-12.

- Peña, K.; Rodríguez, J. C. y Meléndrez, J. F. (2016). “El VIUSID agro una alternativa en el incremento de la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/05/viusid.html> (Consultado el 23 de mayo de 2017).
- Peña, K.; Rodríguez, J.C.; Olivera, D.; Meléndrez, J. F.; Rodríguez, L.; Valdéz, R. & Rodríguez, L. (2017a). Effects of growth promoter on different vegetable crops. *Internacional Journal of development research* 7(2): 11737-11743.
- Peña, K.; Rodríguez, J.C.; Santana, M.; Olivera, D.; Valle, C. D. & Dorta, R. (2017b). Effects of a growth promoter on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops. *Acta agronómica* 66(3): 360-366.
- Peña, K.; Rodríguez, J. C.; Olivera, D.; Orellana, N. L. y Lugones, Y. (2017c). Efecto de un promotor del crecimiento en el comportamiento productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Avances en investigación agropecuaria* 21(1): 35-45.
- Quintana, M.; Galdo, Y.; Cancio, T. y Méndez, V. (2015). Efecto del estimulante natural VIUSID agro en la producción de biomasa forrajera de brachiaria híbrido cv. mulato II. *Agrotecnia de Cuba* 39(5): 15-22.
- Rai, V. K. (2002). Role of amino acids in plant responses to stress. *Biol Plant.* 45: 471–478
- Rodríguez, A.; Companioni, N.; Peña, E.; Cañet, P.; Fresneda, J.; Estrada, J. y Rey, R. (2007). *Manual técnico para organopónico, huertos intensivos y organoponía semiprotegida*. Sexta edición. La Habana. 184 p.
- Sawan, Z. M.; Mahmoud, H. M. y El-Guibali A. H. (2008). Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Journal of Plant Ecology.* 1(4): 259-270.
- SPSS. (2006). *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*. Version 15.0.1. SPSS Inc. Chicago, USA.

Recibido: 11 de diciembre de 2017

Envío arbitraje: 15 de diciembre de 2017

Dictamen: 14 de febrero de 2018

Aceptado: 15 de junio de 2018



Título: *Rábanos fertilizados*
Autora: Marisol Herrera Sosa
Técnica: Acuarelas
Medidas: 12.5 cm x 17.5 cm

Estrés oxidativo y antioxidantes

Oxidative stress and antioxidants

**Miguel Ángel Galina Hidalgo, Ma. Ortiz Rubio
y Magdalena Guerreo Cruz**

FES-Cuautitlán

Universidad Nacional Autónoma de México

Correo de correspondencia: miguelgalina@unam.mx

Resumen

Se define el estrés oxidativo como un desbalance entre las especies reactivas oxidantes oxígeno/nitrógeno y la capacidad de respuesta antioxidante del organismo. En el presente trabajo se realiza una revisión de la importancia del estrés oxidativo en la salud, con una discusión sobre los mecanismos de prevención antioxidantes, incluyendo una observación de su participación en enfermedades, para finalmente hacer una exploración del trabajo del grupo de investigación en el desarrollo y certificación de alimentos funcionales. El estrés oxidativo surge por el aumento de ROS/RNS y una disminución de la habilidad de protección antioxidante, caracterizado por la reducción en la capacidad de los sistemas endógenos para combatir los ataques oxidativos dirigido a blancos biomoleculares. Se trata el efecto del estrés oxidativo en diferentes procesos morbosos como cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades neurodegenerativas, diabetes, enfermedades inflamatorias y urolitiasis. Finalmente se aborda el papel de los antioxidantes en pastoreo y la importancia, particularmente del alfa-tocoferol y el beta-caroteno, como auxiliares en la prevención de las enfermedades crónico-degenerativas, y la importancia de una certificación de los productos de pastoreo mediante un índice de protección antioxidante.

Palabras clave

Pastoreo, enfermedades crónico-degenerativas, antioxidantes.

Abstract

Oxidative stress is presented as an imbalance between oxygen/nitrogen oxidant reactive species and the antioxidant capacity of the organism to respond. In the present work a review of the importance of oxidative stress in health is made, with a discussion on the antioxidant prevention mechanisms, including an observation of their participation in diseases, to finally make an exploration of the work of the research group in the development and certification of functional foods. Oxidative stress arises from the increase in ROS/RNS and a decrease in the ability of antioxidant protection, characterized by the reduction in the capacity of endogenous systems to combat oxidative attacks directed to biomolecular targets. The effect of oxidative stress on different morbid processes such as cancer, cardiovascular diseases, neurodegenerative diseases, diabetes, inflammatory diseases, and urolithiasis are discussed. Finally, the role of grazing antioxidants and the importance of alpha-tocopherol and beta-carotene, as an aid in the prevention of chronic degenerative diseases and the importance of certification of grazing products through an antioxidant protection index are discussed.

Keywords

Grazing, chronic degenerative diseases, antioxidants.

Estrés oxidativo

El estrés oxidativo se define como el desbalance entre la presencia de especies reactivas oxígeno/nitrógeno (ROS/RNS, por sus siglas en inglés) y la capacidad del organismo de contrarrestar sus acciones mediante el sistema de protección antioxidante (Pearson *et al.*, 2014).

El estrés oxidativo surge por el aumento de ROS/RNS y una disminución de la habilidad de protección antioxidante, caracterizado por la reducción en la capacidad de los sistemas endógenos para combatir los ataques oxidativos dirigido a blancos biomoleculares. Su gravedad se asocia con varias patologías, como enfermedades cardiovasculares, cáncer diabetes y vejez (López-Alarcona y De Nicola, 2013; Sies, 1985a).

Ha sido comprobado que el estrés oxidativo se relaciona con más de 100 enfermedades, ya sea como causa primaria o factor asociado (Halliwell *et al.*, 1992; Gutteridge, 1993). Es un proceso irreversible de caída en el organismo, producto de las especies reactivas al oxígeno, que también expresa su influencia negativa en la fisiología del envejecimiento, que consiste en la discapacidad de las funciones fisiológicas de defensa, que promueven la incidencia de enfermedades y reducen el lapso de vida (Maulik *et al.*, 2013).

El estrés oxidativo fue primero definido por Sies (1985b) como “una anomalía entre el balance prooxidante con el antioxidante, en favor de las sustancias oxidantes, promoviendo un daño potencial”. El estrés oxidante (oxidativo) se entiende como la producción de una excesiva cantidad de ROS/RNS en el organismo, que es el producto de un desbalance entre la generación y la destrucción de ROS/RNS. De tal manera que el estrés oxidativo es la repercusión de un aumento en la producción de radicales libres, pero también de una reducción en el sistema de defensa antioxidante (Poljsak *et al.*, 2013).

Las sustancias reactivas al oxígeno o nitrógeno (ROS y RNS) se deben ver no solamente como especies que producen un daño biomolecular; se ha documentado que afectan al sistema enzimático, no solamente para la defensa química o desintoxicación, sino también al sistema de respuesta celular a señales moleculares, y a su vez modifica las reacciones biosintéticas (López-Alarcona y De Nicola, 2013).

El sistema de especies reactivas al oxígeno (ROS) está representado tanto por los radicales libres como por moléculas de radicales no libres, tal como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el superóxido (O_2^-), los oxígenos libres ($1/2 O_2$) y los radicales hidroxilo (OH). También se encuentran reactivos que provienen de sustancias del nitrógeno, hierro, cobre y azufre (Halliwell *et al.*, 1992; Riley, 1994). El estrés oxidativo y el entorpecimiento del balance redox se puede deber a estos radicales. La incidencia de radicales libres endógenos y exógenos, no se puede impedir debido a dos procesos: su formación en eventos metabólicos y la acción de oxidantes del medio ambiente (Poljsak *et al.*, 2011). Los radicales libres se generan en procesos aeróbicos como la respiración celular, exposición a infecciones microbianas, que producen activación fagocitaria, durante una actividad física intensa, o por la acción de sustancias contaminantes como el humo de cigarro, el alcohol, la ionización de rayos ultravioleta, pesticidas y el ozono. La presencia de especies reactivas oxigenadas en pequeñas cantidades representa moléculas seña-

ladoras, que se ven envueltas en la regulación de la proliferación celular, apoptosis y expresión de genes, mediante el disparo de factores de transcripción. La generación de fagocitos es esencial en los mecanismos de defensa de la vejez, contra varias clases de bacterias y hongos (Poljsak *et al.*, 2013).

Las especies reactivas al oxígeno modulan muchas clases de biomoléculas, que tienen como blanco, casi todos los sustratos en las células. Las más susceptibles a oxidarse son las grasas poliinsaturadas, especialmente el ácido araquidónico y el ácido docosa-hexaenoico que producen el malondialdeído y el 4-hidroxinonental, marcadores reconocidos de la decadencia de la oxidación lipídica. Las especies reactivas al oxígeno son capaces de oxidar la columna y las cadenas laterales de las proteínas, las cuales subsecuentemente interaccionan con cadenas laterales de aminoácidos, generando funciones carboxílicas. El daño de ROS en los ácidos nucleicos, puede producir un cruzamiento de la Proteínas-DNA, rompiendo y alterando la estructura de las bases purínicas y piridínicas, generando mutaciones en las reacciones del DNA (Gandhi y Abramov, 2012).

La oxidación de los lípidos tiene un daño potencial sobre las membranas celulares. Los ácidos grasos poliinsaturados, sensibles a la oxidación, rápidamente presentan una peroxidación debido al ataque de los radicales OH. La peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados produce isoprostanes (Milne *et al.*, 2005) y el aumento de sus niveles se considera como un reflejo del estrés oxidativo (Liu *et al.*, 1999). El efecto de la oxidación de los lípidos también produce aldehídos, como el malondialdeído, y 4-hidroxinonental. Este último afecta las proteínas y puede, por lo tanto, impedir sus funciones (Doorn y Petersen, 2003). La oxidación de las proteínas puede producirse con daños de las cadenas laterales y/o fragmentación de la columna de carbonos, desdoblado a los aminoácidos, dando como resultado una pérdida de sus funciones (Headlamand y Davies, 2004). La oxidación del plasma con formación de grupos tiol resulta en un daño oxidativo, junto con la carbonilación, conduciendo sus procesos bioquímicos hacia productos finales glicatiónicos, que a su vez son potencialmente dañinos al metabolismo celular (Sung *et al.*, 2013). Son interesantes dos aspectos del estrés oxidativo, primero el daño de las membranas mitocondriales y segundo la alteración de la estructura de las proteínas que pueden entonces aumentar la generación de sustancias reactivas al oxígeno, produciendo impedimentos en las funciones del DNA, muerte celular y apoptosis (Sung *et al.*, 2013).

El estrés oxidativo es el resultado de una generación excesiva de oxígeno reactivo, y consiste en un desequilibrio oxidativo a especies reductoras, que también se define mejor como una perturbación de la señalización redox. La acción de especies reactivas oxigenadas/nitrogenadas (radicales anión superóxido, hidroxilo, alcoxilo, radicales peroxilo lipídico, óxido nítrico y peroxinitrito) resulta en alteraciones y modulaciones de funciones de biomoléculas clave (Pisochi y Pop, 2015).

El marcador de daño en el ADN está representado por 8-hidroxidesoxiguanosina. El ataque oxidativo a los lípidos también se refiere a aldehídos reactivos, tales como malondialdeído y 4-hidroxinonental, pero también isoprostanos. La oxidación de los grupos tiol tiene principalmente en cuenta el daño oxidativo de la proteína, junto con la car-

bonilación que conduce a productos finales de glicación avanzada. La oxidación de la cadena lateral, la fragmentación de la espina dorsal, el despliegue y el plegamiento erróneo, con pérdida de actividad, también pueden ocurrir en la estructura de la proteína (Pisochi y Pop, 2015).

Los daños oxidativos de los componentes de las membranas lipídicas están implicados en el mecanismo de neurodegeneración, cáncer, enfermedades cardiovasculares o inflamatorias. Se ha confirmado que la producción excesiva de especies oxigenadas reactivas puede conducir a la sobreexpresión de genes oncogénicos o a la formación de compuestos mutagénicos, puede causar actividad pro-aterogénica y está relacionada con la aparición de placa senil o inflamación (Pisochi y Pop, 2015).

Estrés oxidativo y cáncer

El estrés oxidativo, discutido con anterioridad como el desequilibrio entre sustancias oxidantes y los antioxidantes, favoreciendo a los oxidantes, implica el daño de todos los biocompuestos esenciales de las proteínas, el ADN y los lípidos de la membrana, y puede dar lugar a la muerte celular. Se ha demostrado que las células cancerosas se caracterizan por mayores cantidades de especies reactivas de oxígeno que las células sanas, y se ha demostrado que las especies reactivas oxigenadas son responsables del mantenimiento del fenotipo del cáncer (Yousri *et al.*, 2011).

En pacientes con cáncer se observaron importantes disminuciones en la capacidad antioxidante total (32.7% - 37.5%), ácido úrico (28.1% - 49.2%), malonildialdehído (20.7% - 25.2%) y óxido nítrico (50.4% - 61.9%) en cáncer de mama, comparados al grupo control. Los niveles de serie Cu^{2+} disminuyeron en el grupo de cáncer metastásico, en comparación con los grupos de cáncer control y no metastásico. El contenido sérico de Fe^{2+} se redujo en el caso de pacientes pertenecientes a un grupo de cáncer no metastásico, en comparación con sujetos sanos y pacientes con cáncer metastásico. El ácido úrico se determinó por el método bioenzimático de la uricasa/peroxidasa. Los valores fueron menores para los sujetos pertenecientes al grupo metastásico, en comparación con los no metastásicos (Abdel-Salam *et al.*, 2011). Para el ensayo de la capacidad antioxidante total en pacientes cancerígenos, el peróxido de hidrógeno que permanecía después de la reacción con los antioxidantes de la muestra, se determinó colorimétricamente mediante una reacción enzimática con 3,5-dicloro-2-hidroxibencenosulfonato (Koracvic *et al.*, 2001). El malonildialdehído se determinó mediante la determinación de las sustancias reactivas tiobarbitúricas (Ruiz-Larrea *et al.*, 1994).

Estrés oxidativo y enfermedades cardiovasculares

Se ha demostrado que la oxidación desempeñaba un papel en la patogénesis de la arterosclerosis (Meagher y Rader, 2001). La oxidación de lipoproteínas de baja densidad demostró ser capaz de iniciar la captación de LDL (lipid low density), por los macrófagos y la formación de células patógenas presentes abundantemente en cardioesclerosis (Witztum y Steinberg, 1991). Además, los procesos de oxidación pueden resultar en lípidos oxidados con efecto pro-inflamatorio (Witztum y Berliner, 1998).

Estudios epidemiológicos indicaron un aumento de la ingesta de vitaminas antioxidantes como la vitamina E, la vitamina C, y el beta caroteno pueden resultar en un menor riesgo de enfermedades vasculares arteroscleróticas (Rimm y Stampfer, 2000).

Aunque la presencia de apoE (antioxidante) es notable para disminuir los niveles de colesterol en plasma. Puede retrasar la aparición de isoprostanes en la orina y plasma LDL en el tejido aórtico. La presencia de apoE hepática también da como resultado una regresión de lesiones ateroscleróticas avanzadas preexistentes, con desaparición de macrófagos. Por lo tanto, se ha demostrado que los efectos antiaterogénicos de apoE son correlacionadas con sus propiedades antioxidantes *in vivo* (Meagher y Rader, 2001).

Estrés oxidativo y enfermedades neurodegenerativas

Se observa una disminución de fosfolípidos de membrana, como principal resultado de la superoxidación, que ha sido implicado como causa primordial de enfermedades neurodegenerativas, como el Alzheimer (Feng y Wang, 2012; Markesbery, 1997).

La presencia de 3-amiloides enfatiza la capacidad de iniciar la peroxidación lipídica. La presencia de lípidos oxidados y la disminución de las actividades de las enzimas antioxidantes se correlacionaron estrechamente con la formación de placas seniles y la presencia de redes neuro fibrilares en cerebros de pacientes que padecen la enfermedad de Alzheimer.

Se han observado marcadores reconocidos de estrés oxidativo, tales como acroleína, malondialdehído, F2-isoprostanos y 4-hidroxi-2, 3-nonenal en cerebro y en líquido cerebrospinal, de pacientes con Alzheimer, comparados con sujetos control.

La presencia de hidroxinonenal fue discutida por su elevada reactividad, en la citotoxicidad del hipocampo, y demostró ser capaz de acumular tardíamente cantidades significativas en pacientes de Alzheimer (Selley *et al.*, 2002; Lovell *et al.*, 1995). La carbonilación de proteínas, también como resultado del decaimiento inducido por el estrés oxidativo, se observó en los lóbulos frontal y parietal de la corteza cerebral y el hipocampo de cerebro de pacientes con Alzheimer, pero no afectó el cerebelo (Butterfield *et al.*, 1996; Hensley *et al.*, 1995).

El daño de las funciones de las proteínas de la membrana, tales como el transportador de glucosa neuronal GLUT 3, transportadores de glutamato, Na⁺/1⁺ ATPasas junto con la activación de las quinasas, la desregulación de las transferencias iónicas y la homeostasis del calcio (lo que implica un aumento de las cantidades de calcio), puede promover una serie de eventos en la célula, lo que resulta en una mayor producción de ROS y la muerte celular, que eventualmente engendra un mecanismo apoptótico, que conduce a la neurodegeneración, que se observa en la enfermedad de Parkinson, el síndrome de Down y el Alzheimer (Feng y Wang, 2012).

Estrés oxidativo y diabetes

En condiciones de estrés oxidativo, el daño celular puede afectar la función de la célula pancreática, que, dado el deterioro en la expresión de enzimas antioxidantes, es notablemente sensible a las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (Bandeira *et al.*, 2012).

Las especies reactivas oxigenadas son capaces de interactuar con los sustratos implicados en la señalización intracelular de insulina (Evans *et al.*, 2005). La alta carga energética sobre las células eleva la glucosa, aumentando el flujo de coenzimas reducidas (NADH y FADH₂) en la cadena de transporte de electrones mitocondriales. A medida que el gradiente de voltaje a través de la membrana mitocondrial alcanza un valor crítico. Bloqueo de umbral, que permite la reducción de la coenzima Q por electrones. CoQH₂ puede posteriormente producir una reducción en el oxígeno molecular, y finalmente generan anión radical superóxido (Brownlee, 2005). Esta es la vía comúnmente seguida en las complicaciones de la diabetes mellitus tipo 2 que implican un mayor flujo en las vías de polioles y hexosaminas.

Se ha sugerido que el estrés oxidativo produce un control glucémico deficiente, que puede presentarse a pesar del uso de fármacos. El estrés oxidativo puede ser promovido a través de un aumento de la actividad de la NADPH oxidasa, con la producción subsiguiente de aniones de radicales superóxido.

Los estudios que evaluaron los marcadores enzimáticos y no enzimáticos del estrés oxidativo en la condición de diabetes mellitus mostraron una actividad de la superóxido dismutasa total y la peroxidación lipídica mayor en los diabéticos en comparación con los controles sanos. Además, la actividad de superóxido dismutasa total difirió para los diabéticos hipertensos en comparación con los controles prediabéticos y normotensos. La peroxidación lipídica se incrementó considerablemente en ambos grupos de pacientes (hipertensos y normotensos) en comparación con grupos pre-diabéticos, controles hipertensos y normotensos (Bandeira *et al.*, 2012).

En condiciones normales, la insulina promueve la diferenciación de adipocitos incorporando lípidos neutrales como triglicéridos dentro de estas células, sobre regulando el metabolismo del factor de transcripción nuclear PPAR γ y adiponectina; en condiciones patológicas esto conduce a una adipogénesis anormal, incrementando la inflamación y una mayor circulación de lípidos en la sangre (Delgadillo y Cuchillo, 2015). Hasta el momento no se ha encontrado un tratamiento farmacológico efectivo en contra del estrés oxidante y la inflamación relacionado con la obesidad. Es por ello que la identificación de compuestos naturales capaces de incrementar la capacidad antioxidante y antiinflamatoria del organismo es de gran interés (Delgadillo y Cuchillo, 2015).

Estrés oxidativo y enfermedades inflamatorias

La correlación entre la inflamación crónica y el estrés oxidativo está confirmada: el desequilibrio entre la actividad de las especies oxidativas, el promotor de los daños oxidativos y la defensa antioxidante están implicados en el asma y la rinitis alérgica (Sequeira *et al.*, 2012; Muraoka y Miura, 2003). La mayor presencia de radicales hidroxilo, y peróxidos puede iniciar una serie de alteraciones en las mucosas nasales y en las vías respiratorias: la peroxidación lipídica, la marcada reactividad de las vías respiratorias, mucosa nasal, aumenta su sensibilidad y secreciones. Así como la generación de moléculas que promueven una alta permeabilidad vascular (Sequeira *et al.*, 2012).

Básicamente, se ha observado que las especies reactivas y los antioxidantes influyen sobre el sistema inmunológico. El estrés oxidativo provoca alteraciones en la señalización celular y altera el metabolismo del ácido araquidónico, aumentando la inflamación sistémica. Se discutió recientemente que el estrés oxidativo aumenta la inflamación asociada con la generación de citoquinas TH1 y TH2, y podría producir alteraciones del fenotipo TH2 (King *et al.*, 2006), que pueden iniciar condiciones alérgicas (Murr *et al.*, 2005; Lloyd y Hassel, 2010).

Estudios epidemiológicos han evaluado la asociación entre los genes que regulan el sistema inmunológico y el riesgo de asma (Torgerson *et al.*, 2011). El estrés oxidativo desencadena la expresión de genes que regulan los eventos inflamatorios, por lo que las investigaciones epigenéticas se dirigieron a las evaluaciones de estos procesos durante la progresión del asma y alergias (Salam *et al.*, 2012). Por otra parte, un meta-análisis de los estudios de casos y controles, corroboró cambios en GSTM1 y GSTT1 con un pronunciado riesgo de asma (Salam *et al.*, 2012).

Estrés oxidativo y urolitiasis

Los niveles séricos de malonildialdehído, nitrito, α -tocoferol, ascorbato de plasma y eritrocito superóxido dismutasa se correlacionaron con la patogénesis de la urolitiasis. Los niveles aumentados de super-óxido-dismutasa, forman parte de la respuesta antioxidante contra el equilibrio del estrés peroxidativo. Se ha hecho hincapié en que el oxalato puede promover la peroxidación de lípidos por un mecanismo no totalmente elucidado que implica el deterioro de la integridad estructural de las membranas (Maulik *et al.*, 2013; Poljsak *et al.*, 2013; Thamilselvan *et al.*, 1997). Alfa-tocoferol ha sido probado, así como su peróxido dismutasa, como protectores de la membrana contra la peroxidación (Rahman *et al.*, 2012; Pilla y Pilla, 2002).

Antioxidantes

El concepto de antioxidante biológico se refiere a cualquier compuesto que, cuando está presente a una menor concentración en comparación con la de un sustrato oxidable, es capaz de retrasar o impedir la oxidación del sustrato (Halliwell *et al.*, 1992; Godic *et al.*, 2014). Las funciones antioxidantes implican la reducción del estrés oxidativo, la protección del ADN contra las transformaciones malignas, así como otros parámetros de daño celular.

Los estudios epidemiológicos demostraron la capacidad de los antioxidantes para contener los efectos de la actividad reactiva de las especies de oxígeno y disminuir la incidencia de cáncer y otras enfermedades degenerativas. Sin embargo, principalmente en la acción de radical libre sostenida, la capacidad del sistema de defensa contra ROS se puede desbordar, llevando a la ocurrencia de enfermedades. Los primeros tipos identificados de sistemas de defensa antioxidante desarrollados contra el daño oxidativo son los que previenen la aparición de especies de oxígeno reactivo y los que bloquean, capturan los radicales que se forman (Cheesman y Slater, 1993). Estos sistemas presentes en los compartimentos acuosos y celulares de membrana pueden ser enzimáticos y no enzimáticos.

cos. Otro importante sistema antioxidante de la célula está representado por procesos de reparación, que eliminan las biomoléculas dañadas, ya que su agregación permite la alteración del metabolismo celular (Cheesman y Slater, 1993).

La intervención de los sistemas de reparación consiste en subsanar los ácidos nucleicos dañados oxidativamente por enzimas específicas (Plojsak *et al.*, 2013), eliminando las proteínas oxidadas por los sistemas proteolíticos y el resarcimiento de lípidos oxidados por fosfolípidos, peroxidasas o acil transferasas (Hitchon y El-Gabalawy, 2004). Se ha demostrado que la decadencia de los sistemas de reparación conduce más al envejecimiento que los cambios moderados en el potencial del antioxidante defensa contra la aparición de ROS (Gems y Doonan, 2009; Jang y Remmen, 2009).

La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación anormal de grasa perjudicial para la salud, son factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión arterial y cáncer. Se han reportado varios mediadores de estrés oxidante e inflamación relacionados con la obesidad. El incremento en la actividad metabólica del tejido adiposo durante la obesidad contribuye al incremento de las especies reactivas del oxígeno (ROS), regulándose permanentemente por los mecanismos antioxidantes endógenos. Cuando la producción de ROS rebasa la capacidad del sistema de defensa antioxidante se produce el estrés oxidante, alterando la función mitocondrial, induciendo a las señales del estado de inflamación (Delgadillo y Cuchillo, 2015). El tejido adiposo obeso produce un incremento local significativo de factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), resultado de la acumulación de macrófagos, contribuyendo a la producción de la citotoxinas inflamatorias como interleucina-6 (IL-6), a través de la activación de las vías de señalización del factor nuclear (NF)- κ B. Durante la obesidad, los adipocitos son capaces de incrementar la secreción de la proteína quimiotáctica de monocitos-1 (MCP-1), que en conjunto con TNF- α e IL-6 agudizan la inflamación (Pisoschi y Pop, 2015).

Se ha confirmado que, bajo condiciones fisiológicas, el equilibrio entre los compuestos prooxidantes y antioxidantes favorece moderadamente a los prooxidantes, produciendo así un ligero estrés oxidativo superando la intervención de sistemas antioxidantes endógenos del organismo (Droge, 2002). Bajo estas circunstancias, esta cuestión del estrés oxidativo se agudiza con la edad, cuando los antioxidantes endógenos y los sistemas de reparación no pueden contrarrestarlo eficazmente. Por lo tanto, diversas intervenciones que limitan o inhiben estos factores agresivos están dirigidas a disminuir la incidencia de la enfermedad. Sin embargo, el uso de antioxidantes sintéticos, por ejemplo, en la prevención y el tratamiento del cáncer, sigue siendo objeto de controversia (Halliwell *et al.*, 1999; Godic *et al.*, 2014; Cheesman y Slater, 1993). Por lo que, los sistemas de prevención mediante la utilización de alimentos antioxidantes ricos en alfa-tocoferol y beta-caroteno, como los productos de pastoreo tienen un papel significativo en la prevención del estrés oxidativo.

La homeostasis redox de la célula está asegurada por su complejo sistema endógeno de defensa antioxidante, que incluye enzimas antioxidantes endógenas como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y compuestos no enzimáticos como el glutatión,

proteínas (ferritina, transferrina, ceruloplasmina e incluso albúmina) y depuradores de bajo peso molecular, como ácido úrico, coenzima Q y el ácido lipoico (Poljsak *et al.*, 2013).

Antioxidantes como la vitamina C y E, carotenoides y fenólicos, ácidos fenólicos como los ácidos benzoico e hidroxibenzoico, derivados del ácido cinámico e hidroxicinámico y flavonoides-flavonoles, flavanos, flavanones, flavanoles, flavonas y antocianidinas como agliconas de antocianinas (flavilo o esqueleto de iones 2-fenilcromenilo), se consideran actualmente los principales antioxidantes exógenos. Los estudios clínicos demostraron que una dieta rica en frutas, verduras, granos enteros, legumbres y ácidos grasos omega-3 podría funcionar como agentes preventivos con respecto a la aparición de la enfermedad. La presencia de ellos en abundancia en las plantas hacen que los alimentos provenientes de vacas en pastoreo sean una importante fuente de estos compuestos (Pizzoferrato *et al.*, 2007).

Proporcionar a las células del organismo con antioxidantes exógenos puede retardar la absorción de antioxidantes endógenos. Para que el potencial antioxidante celular total “permanezca inalterado”, por lo que los alimentos antioxidantes pueden mejorar la capacidad del organismo para contener el estrés oxidativo, que no puede ser modificado por la intervención de defensas antioxidantes endógenas (Pizzoferrato *et al.*, 2007).

En muchos casos, los resultados de lesiones oxidativas causadas por especies oxigenadas reactivas, se convierten en fuentes de estrés oxidativo: el deterioro de las membranas y la estructura proteica puede promover la propagación de ROS, lo que conduce a un deterioro oxidativo (Delgadillo y Cuchillo, 2015).

La intervención antioxidante consiste en la ruptura radical de la cadena mediante la donación de hidrógeno, la extinción del oxígeno simple, la descomposición del peróxido y la inhibición de la enzima oxidante o absorción de la radiación (Delgadillo y Cuchillo, 2015).

El sistema endógeno de defensa antioxidante (antioxidante enzimas, ácido úrico, bilirrubina, proteínas ligantes metálicas como ferritina, transferrina, lactoferrina, ceruloplasmina) se complementa con la intervención de antioxidantes exógenos presentes en la dieta o en suplementos nutricionales (ácido ascórbico, tocoferoles, carotenoides, fenólicos-flavonoides y no flavonoides) (Pisochi y Pop, 2015).

Sin embargo, se ha sugerido que los organismos pueden mantener constante su nivel de estrés oxidativo, independientemente de la ingesta de suplementos antioxidantes. Se ha afirmado que la suplementación antioxidante demuestra su efectividad si el estrés oxidativo inicial está por encima de la normalidad o por encima del nivel estabilizado del individuo (Pisochi y Pop, 2015).

Los antioxidantes pueden exhibir efectos benéficos como la sinergia de los antioxidantes fenólicos sintéticos o la regeneración del tocoferol desde su forma oxidada, el radical tocoferoxil, la coenzima Q o la vitamina C reducida (Pisochi y Pop, 2015).

La leche de pastoreo, particularmente si los animales reciben probióticos, son abundantes en terpenos. Los lípidos son un grupo diverso de biomoléculas, se pueden clasificar como: ácido grasos, triacilgliceroles, ceras, fosfolípidos, espingolípidos e isoprenoides; estos últimos contienen cadenas repetidas de cinco carbonos conocidas como unida-

des isopreno. Su biosíntesis comienza con la formación del isopentil pirofosfato formando a partir del acetil CoA.

En las plantas se han reconocido más de 40,000 isoprenoides, formando parte de membranas, pigmentos fotosintéticos, transportadores de electrones, factores de crecimiento y hormonas (Mckee y Mckee, 2012). Dentro de este grupo se encuentran los terpenos y esteroides. En los aceites esenciales de las plantas se encuentran los terpenos, mientras que los esteroides se derivan de sistemas de anillos hidrocarbonados de colesterol, los isoprenoides de las plantas, son mejor conocidos como terpenos. La unión del isopentil pirofosfato y el dimetil pirofosfato da lugar a un monoterpeno, los triterpenos se forman a partir de dos equivalentes de farnesil pirofosfato; esta variedad de combinaciones y oxidaciones originan un amplia gama de terpenos, que se clasifican de acuerdo a las unidades de cinco carbonos como hemiterpenos (C_5), monoterpenos (C_{10}), sesquiterpenos (C_{15}), diterpeno (C_{20}), sesterpeno (C_{25}), triterpeno (C_{30}) y tetraterpeno (C_{40}). Los triterpenos, han sido evaluados como: antiinflamatorios, antibióticos, antimetastásicos, antivirales, antifúngicos y antitumorales (Guzmán-Juárez, 2011).

Pastoreo y antioxidantes

En trabajos recientes de investigación, han demostrado que los sistemas de producción ganaderos que se manejan en pastoreo, pueden impactar en forma positiva en la salud de la población, mediante la producción de productos lácteos ricos en omega 3, con un balance adecuado de omega 6 menor de 4:1 (Galina *et al.*, 2011; Claps *et al.*, 2014; Galina, 2015; 2016) y un grado de protección antioxidante (Pizzoferrato *et al.*, 2007). Ya que los alimentos de origen animal provenientes de estos sistemas pueden ser considerados como alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutraceuticos (Galina *et al.*, 2007; Galina, 2015).

El papel de los productos lácteos de pastoreo sobre el estrés oxidante de las células y tejidos es de primordial importancia debido a los efectos asociados a este fenómeno, que ha sido relacionado con la patogénesis de muchos problemas de salud crónicos, como condiciones de neurodegeneración (Parkinson, Alzheimer, enfermedad de Huntington y la esclerosis lateral amiotrófica), enfisema, enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, cáncer y diabetes (Psiochi y Pop, 2015; Pizzoferrato *et al.*, 2007).

Varios estudios han demostrado la relación entre la dieta animal y la calidad del queso. Se sabe que el forraje fresco afecta significativamente el contenido de vitaminas solubles antioxidantes del queso. Los niveles más altos de α -tocoferol y β -caroteno se encuentran en el queso en respuesta a la ingesta de pasto fresco (La Terra *et al.*, 2010; Marino *et al.*, 2012). En este contexto, Pizzoferrato *et al.* (2007) introdujeron el nuevo parámetro Grado Antioxidante Protección (DAP), con el fin de discriminar los quesos de pastoreo de los de estabulación. Además, los quesos de animales alimentados con pastos muestran un perfil de aroma más rico que los de los de establos (Rapisarda *et al.*, 2013).

En resultados recientes de Carpino *et al.* (2017), la cantidad de α -tocoferol y β -caroteno fue mayor en los quesos libre pastoreo (LP) en comparación con pastoreo con certificado Nobile (PN) y los otros quesos de estabulación (E) (720 mg LP, 513

mg PN, 380 mg E; en 110 mg/kg de materia seca, respectivamente). Los niveles más altos de α -tocoferol y β -caroteno en los quesos), el pastoreo al aire libre comparados con los de estabulación coincidieron con Butler *et al.* (2008) y Marino *et al.* (2012), que hicieron hincapié en la importancia del forraje fresco en el contenido de vitaminas antioxidantes en la leche. Por otra parte, estos resultados se confirmaron con los datos DAP, en promedio 9.5 en el LP y 5.1 en quesos E. De acuerdo con Pizzoferrato *et al.* (2007), cuando los valores de DAP son 7.0 en el queso, la alimentación del pasto es predominante en la dieta animal. Sin embargo, a pesar de las muestras de queso Nobile procedentes de animales alimentados con heno y concentrado sin pastos frescos, los valores de DAP fueron en promedio superiores a los de otras muestras de estabulación (6.5 frente a 4.3, respectivamente), sugiriendo un heno de alta calidad y un buen manejo agrícola (Marino *et al.*, 2012).

La industria alimentaria ha hecho un enorme esfuerzo por publicitar que es el proceso de industrialización, el que da calidad a los alimentos como se observa con los procesos “light”, o agregando omega 3, sin embargo ha sido demostrado que es el sistema de producción el factor determinante en la calidad del producto, y que es el sistema el que contribuye a mejorar la calidad del medio ambiente (Galina *et al.*, 2007). Está probado que hay una correlación negativa entre cantidad de leche y calidad de la leche, como lo discute Rubino (2014) que escribe “si el hombre es lo que come, la leche es producto de lo que come el rumiante”, por eso los productos de pastoreo son cualitativamente mejores que los productos de estabulación.

Antioxidantes del pastoreo

El alfa-tocoferol Vitamina E, actúa contra la peroxidación lipídica de las membranas celulares y puede detener la cadena radical formando una derivada de baja reactividad incapaz de atacar los sustratos lipídicos (Deschamps *et al.*, 2001). Por lo tanto, la vitamina E cumple su papel en la preservación de la membrana contra el daño de los radicales libres, promovido por las lipoproteínas de baja densidad. Esto puede alterar positivamente los biomarcadores de estrés oxidativo, mejorar la eritropoyesis por disminuir la dosis necesaria de eritropoyetina (Himmelfarb y Hakim, 2003). Se ha evaluado que mediante la ingesta de suplementos de vitamina E en dosis altas, una inhibición de los procesos proaterogénicos mediante la liberación de aniones de radicales superóxido e IL-1B por monocitos activados, oxidación de lípidos, agregación de plaquetas, proliferación de células de músculo liso *in vivo* y adhesión de monocitos al endotelio. La vitamina E contribuye a estabilizar en arterioesclerosis (Davaraj y Jialal, 1998; Diaz *et al.*, 1997).

El beta-caroteno es un inhibidor físico del oxígeno simple muy eficaz, siendo este último responsable de disminuir los daños de la luz UV en la piel, cataratas y degeneración macular. Su adición a estructuras de dieno da como resultado endo peróxidos (Sies y Stahl, 2004; Zigma, 2000). El papel del beta-caroteno en la fotoprotección sistémica, se origina por sus propiedades antioxidantes, se contraponen a los efectos pro-oxidantes reportados (Halliwell *et al.*, 1992; Gutteridge, 1993).

Conclusión

Las enfermedades crónico-degenerativas tienen múltiples presentaciones y los radicales libres son factores de gran importancia. La producción de antioxidantes en las dietas actuales ha sido desbordada, por lo que sería de gran importancia consumir alimentos que tengan un grado de protección antioxidante, como podrían ser los productos de pastoreo por su alto contenido de alfa-tocoferoles.

Literatura citada

- Abdel-Salam, O.M.E.; Youness, E.R. and Hafez, H.F. (2011). The antioxidant status of the plasma in patients with breast cancer undergoing chemotherapy. *OJMIP*. 1(3): 29-35.
- Bandeira, S. de M.; Guedes. G. da S.; da Fonseca, L.S.; Pires, A.S.; Gelain, D.P.; Moreira, J.C.F.; Rabelo, L.A.; Vasconcelos, S.M.L. and Goulart, M.O.F. (2012). Characterization of blood oxidative stress in type 2 diabetes mellitus patients: increase in lipid peroxidation and SOD activity. *Oxid. Med. Cell Longev*. 2012: Article ID 819310. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/819310>.
- Brownlee M. (2005). The pathobiology of diabetic complications an unifying mechanism. *Diabetes* 54(6): 1615- 1625.
- Butler, G.; Nielsen, J.H.; Slots, T.; Seal, C.; Eyre, M.D.; Sanderson, R. and Leifert, C. (2008). Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: seasonal variation. *J. Sci. Food Agric*. 88(8):1431-1441
- Butterfield, D.A.; Hall, R.; Cole, M.; Harris, M.; Aksenov, M.; Aksenova, M.; Gabbita, J.B.; Wu, J.M. and Carney, J.M. (1996). Reactive oxygen species as causal agents in the neurotoxicity of Alzheimer's associated with amyloid beta peptide. *Ann. N. Y. Acad. Sci*. 786:120-134
- Carpino, S.; Marino, V.M.; Rapisarda, T. and Rubino, R. (2017). *Preliminary study for a new approach to decide the qualitative level of the cheese controlling the animal diet*. In 12th International Meeting on Mountain Cheese. Padova, Italy. Pp. 164.
- Cheeseman H. and Slater T.F. (1993). An introduction to free radical biochemistry. *Br. Med. Bull*. 49(3):481-493.
- Claps, S.; Galina, M.A.; Rubino, R.; Pizzillo, M.; Morone, G.; Di Napoli, M.A.; Caputo, A.R. and Pineda, L.J. (2014). Effect of grazing into the omega 3 and aromatic profile of bovine cheese. *Journal of Nutritional Ecology and Food Research* 2(3):245-250.
- Delgadillo, P.C. y Cuchillo, M. (2015). Compuestos bioactivos en productos lácteos con capacidad antiinflamatoria y antioxidante en En "Il modelo latte Nobile. Un'altra via e possibile. R. Rubino ed. Casesus, Italia: 109-125. ISBN 978-88-901965-7-7
- Descamps-Latscha, B.; Drüeke. T. and Witko-Sarsat, V. (2001). Dialysis-induced oxidative stress: biological aspects, clinical consequences, and therapy. *Semin. Dial*. 14(3): 193-199.
- Devaraj, S. and Jialal, I. (1998). The effects of alpha-tocopherol on critical cells in atherogenesis. *Curr. Opin. Lipidol*. 9(1):11-15.
- Doorn, A. and Petersen, D.R. (2003). Covalent addition of nucleophilic amino acids by 4-hydroxynonenal and 4-oxononenal. *Chem. Biol. Interact*. 143-144: 93-100.
- Diaz M.N.; Frei, B.; Vita, J.A. and Keane, J.F. Jr. (1997). Antioxidants and atherosclerotic heart disease. *N. Engl. J. Med*. 337(6): 408-416.
- Dröge, W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol. Rev*. 82 (1): 47- 95.
- Evans, J.L.; Maddux, B.A. and Goldfine, I.D. (2005). The molecular basis for oxidative stress-induced insulin resistance. *Antioxid. Redox. Signal*. 7(7-8): 1040-1052.
- Feng, Y. and Wang, X. (2012). Antioxidant therapies for Alzheimer's disease. *Oxid. Med. Cell Longev*. 2012: Article ID 472932. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/472932>.
- Galina, M. A.; Elías, A.; Vázquez, P.; Pineda, J.; López, B. and Velázquez, M.A. (2016). Effect of the use of fermentation promoters with or without probiotics on the profile of fatty acids, amino acids and cholesterol of milk from grazing cows. *Cuban J of Agric. Sci*. 50(1): 105-120.

- Galina, M.A.; Ortíz-Rubio, M.A.; Guerrero, C.M.; Vázquez, P. and Pineda, L.J. (2015). Effect of feeding management on the nutritional composition of artisan soft cheese made with ewe's milk. *Journal of Nutritional Ecology and Food Research* 3(1): 25-31.
- Gandhi, S. and Abramov, A.Y. (2012). Mechanism of oxidative stress in neurodegeneration. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2012: Article ID 428010. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/428010>
- Gems, D. and Doonan R. (2009). Antioxidant defense and aging in *C. elegans*: is the oxidative damage theory of aging wrong? *Cell. Cycle* 8: 1681- 1687.
- Gould, M. (1997). Cancer chemoprevention and therapy by monoterpenes. *Environmental Health Perspectives.* 105(Suppl 4): 977-979
- Godic A., Poljsak, B., Adamic M., Dahmane R. (2014). The role of antioxidants in skin cancer prevention and treatment, *Oxid. Med. Cell. Longev.* Article ID 860479, 6 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/860479>
- Gutteridge, J.M. (1993). Free radicals in disease processes: a compilation of cause and consequence. *Free Radic. Res. Com.* 19(3): 141-158.
- Guzmán-Juárez, C. (2011). *Fraccionamiento biodirigido del extracto etanólico de Rosmarinus officinalis en modelos de nocicepción en roedores*. Tesis para obtener el título de Químico Farmacéutico Biólogo Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Halliwell, B.; Gutteridge J.M.C. and Cross C.E. (1992). Free radicals, antioxidants and human disease: where are we now? *J. Lab. Clin. Med.* 119(6): 598- 620.
- Headlamand H.A. and Davies, M.J. (2004). Markers of protein oxidation: different oxidants give rise to variable yields of bound and released carbonyl products. *Free Radic. Biol. Med.* 36(9): 1175- 1184.
- Hensley, K.; Hall, N.; Subramaniam, R.; Cole, P.; Harris, M.; Aksenov, M.; Aksenova, M.; Gabbita, S.P.; Wu, J.F.; Carney, J.M.; Carney, M.; Lovell, M.; Markesberry, W.R. and Butterfield. D.A. (1995). Brain regional correspondence between Alzheimer's disease histopathology and biomarkers of protein oxidation. *J. Neurochem.* 65(5): 2146- 2156.
- Himmelfarb, J. and Hakim R.M. (2003). Oxidative stress in uremia. *Curr. Opin. Nephrol. Hyp* 12(6): 593- 598.
- Hitchon, C.A. and El-Gabalawy, H.S. (2004). Oxidation in rheumatoid arthritis. *Arthritis Res. Ther.* 6: 265-275.
- Jang, Y.C. and Remmen, H.V. (2009). The mitochondrial theory of aging: insight from transgenic and knockout mouse models. *Exp. Gerontol.* 44(4):256-260
- King, M.R.; Ismail, A.S.; Davis, L.S. and Karp, D.R. (2006). Oxidative stress promotes polarization of human T cell differentiation toward a T helper 2 phenotype. *J. Immunol.* 17(5): 2765-2772.
- Korarcvic, D.; Koracvic, G.; Djordjevic, V.; Andrejevic, S. and Cosic, V. (2001). Method for the measurement of antioxidant activity in human fluids. *J. Clin. Pathol.* 17(5): 356- 361.
- La Terra, S.; Marino, V.M.; Manenti, M.; Licitra, G. and Carpino, S. (2010). Increasing pasture intakes enhances polyunsaturated fatty acids and lipophilic antioxidants in plasma and milk of dairy cows fed total mix ration. *Dairy Sci Technol* 90(6):687-698.
- Lloyd, C. and Hessel, E.M. (2010). Functions of T cells in asthma: more than just Th2 cells. *Nat. Rev. Immunology* 10 (12): 838-848.
- Liu, T.; Stern, A.; Roberts L.J. and Morrow, J.D. (1999). The isoprostanes novel prostaglandin-like product of the free radicals-catalyzed peroxidation of arachidonic acid. *Biomed. Sci.* 6(4): 226-235
- López-Alarcona. E. and De Nicola A. (2103). Evaluating the antioxidant capacity of natural products: a review on chemical and cellular-based assays. *Anal. Chim. Acta* 763:1-10.
- Lovell, M.A.; Ehmann, W.D.; Butler, S.M. and Markesberry, W.R. (1995). Elevated thio barbituric acid-reactive substances and antioxidant enzyme activity in the brain in Alzheimer's disease. *Neurology* 45(8): 1594-1601.
- Markesbery, W.R. 1997. Oxidative stress hypothesis in Alzheimer's disease. *Free Rad. Biol. Med.* 23: 134-147.
- Marino, V.M.; Schadt, I.; La Terra, S.; Mannenti, M.; Caccamo, M.; Lietra, G. and Carpino, S. (2012). Influence of season and pasture feeding on the content of α -tocopherol and β -carotene in milk from Holstein Brown Swiss and Modician cows in Sicily. *Dairy Sci. and Technol.* 92: 501-513

- Maulik, N., Mcfadden, D., Otan, N Thirunavukkarasu M., Parinandi N.L. (2013). Antioxidants in longevity and medicine. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2013: Article ID 820679. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/820679>
- Mckee, T. and Mckee, R. (2012). *Biochemistry the molecular basis of life.* Ed Oxford University Press, New York. USA. 565
- Meagher. E. and Rader D.J. (2001). Antioxidant therapy and atherosclerosis: animal and human studies. *Trends Cardiovasc Med.* 11(3-4): 162-165.
- Milne, G.I.; Musiek, E.S. and Morrow, D. (2005). F2-isoprostanes as markers of oxidative stress *in vivo*. An overview. *Biomarkers* 10 (Suppl 1): 10-23
- Morrow, J.D. (1999). The isoprostanes novel prostaglandin-like products of the free radical catalyzed peroxidation of arachidonic acid. *J. Biomed. Sci.* 6(4): 226- 235.
- Muraoka, S. and Miura, T. (2003). Inhibition by uric-acid of free radicals that damage biological molecules. *Pharmacol Toxicol.* 93(6): 284-289.
- Murr, C.; Schroecksnadel, L.C.; Winkler, C.; Leduchowski, M. and Fuchs, D. (2005). Antioxidants may increase the probability of developing allergic diseases and asthma. *Med. Hypotheses* 64(5): 973-977.
- Pearson, T.; Popescu, B.O. and Cedazo-Imiguez, A. (2014). Oxidative stress in Alzheimer´s disease: why did antioxidative therapy fail. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2014: Article ID 427318. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/427318>.
- Pfeuffer, M. and Schrezenmeir, J. (2000). Bioactive substances in milk with properties decreasing risk of cardiovascular diseases. *British Journal of Nutrition* 84(Suppl 1): 155-159.
- Pilla, C. and Pilla, K.S. (2002). Antioxidants in health. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* 46(5): 1-5.
- Pisoschi, A. and Pop, A. (2015). The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A Review. *European Journal of Medical Chemistry* 97: 55-74
- Pizzoferrato, L.; Manzi, P; Marconi, S.; Fedele, V; Claps, S. and Rubino, R. (2007). Degree of Antioxidant Protection: A Parameter to Trace the Origin and Quality of Goat's Milk and Cheese. *J. Dairy Sci.* 90(10):4569-4574
- Poljsak B.; Suput, B. and Milisav D. (2013). Achieving the balance between ROS and antioxidants: when to use the synthetic antioxidants. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2013: Article ID 956792. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/956792>.
- Poljsak. B.; Jamnik, P; Raspor, P. and Pesti, M. (2011). *Oxidation-antioxidation- reduction processes in the cell: impacts of environmental pollution.* in: N. Jerome (Edt.). *Encyclopedia of Environmental Health.* Elsevier. (2011). pp. 300- 306
- Rahman, T.; Hose, N.L.; Towhidul-Islam, M.M. and Shekhar, H.U. (2012). Oxidative stress and human health. *Adv. Biosci. Biotechnol.* 3: 997-1019.
- Riley, P.A. (1994). Free radicals in biology: oxidative stress and the effects of ionizing radiation. *Int. J. Radiat. Biol.* 65(1): 27-33.
- Rimm, E.B. and Stampfer, M.J. (2000). Antioxidants for vascular disease. *Med. Clin. North Am.* 84 (1): 239-249.
- Rapisarda T.; Pasta, C.; Belvedere, G.; Schadt, I; La Terra, F; Licitra, G. and Carpino, S. (2013). Variability of volatile profiles in milk from the PDO Ragusano cheese production zone. *J Dairy Sci. and Technol* 93(2): 117-134
- Rubino, R. (2014). *Il modello latte nobile. Un'altra via é possibile.* Casueus Edit. Anfosc. Italia. 191 p.
- Ruiz-Larrea, J.; Leal, M.; Liza, M.; Lacort, M. and de Groot, H. (1994). Antioxidant effects of estradiol and 2-hydroxyestradiol on iron-induced lipid peroxidation of rat liver microsomes. *Steroids* 59 (6): 383-388.
- Salam, M.T.; Zhang, Y. and Begum, K. (2012). Epigenetics and childhood asthma: current evidence and future research directions. *Epigenomics* 4(4): 415-429.
- Selley, M.L.; Clase, D.R. and Stern, S.E. (2002). The effect or increased concentrations of homocysteine on the concentration of (E)-4-hydroxy-2-nonenal in the plasma and cerebrospinal fluid of patients with Alzheimer's disease. *Neurobiol. Aging.* 23: 383-388.
- Sequeira S.; Rao, A.V. and Rao. A. (2012). Increased oxidative stress and altered antioxidants status in patients with chronic allergic rhinitis. *Adv. Biosci. Biotechnol.* 3(7A): 951- 956.

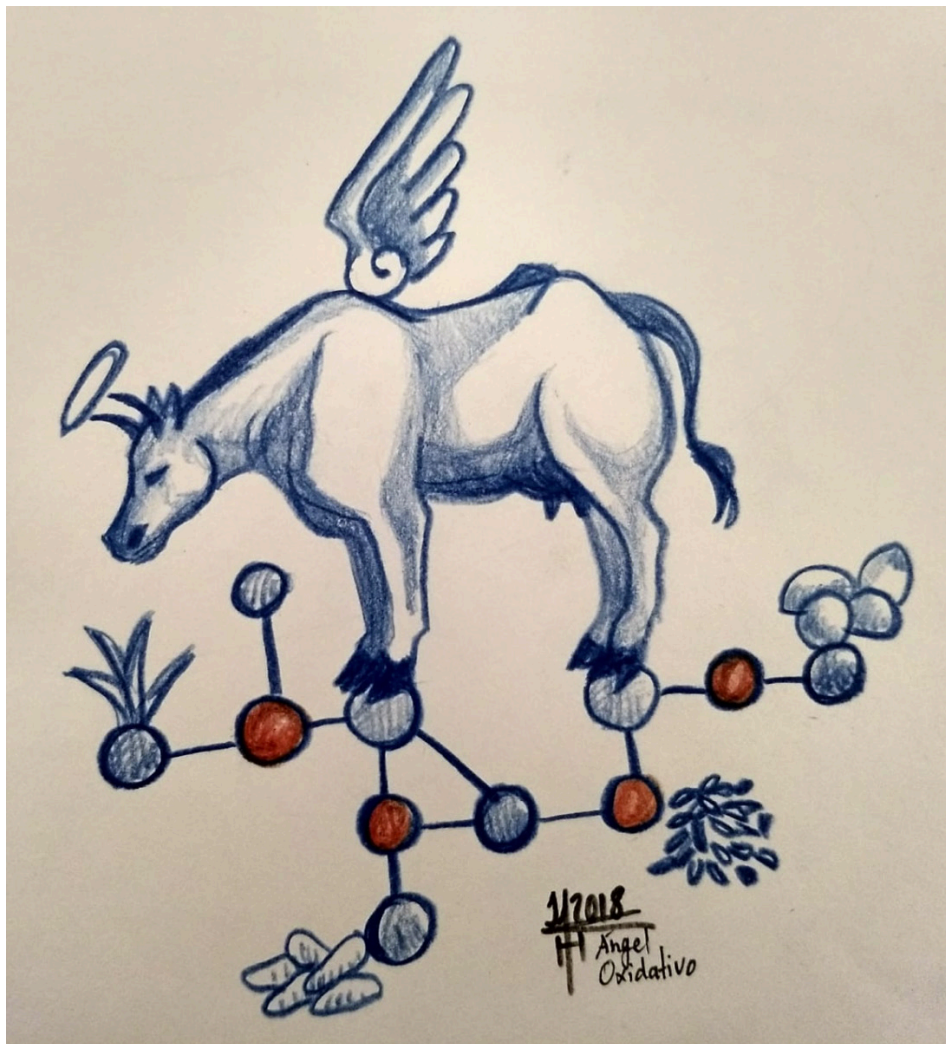
- Sies, H. (1985a). Oxidative Stress: From basic research to clinical applications. *Am. J. Med.* 91(3): 31-38
- Sies, H. (1985b). Oxidative stress. Introductory remarks. Academic. Press. London.
- Sies, H. and Stahl, W. (2004). Carotenoids and UV protection. *Photochem. Photobiol. Sci.* 3(8): 749-752.
- Sung, Ch.; Hsu, Y.; Chen, Ch.; Un, Y.F. and Wu Ch.Ch. (2013). Oxidative stress and nucleid acid oxidation in patients with chronic kidney disease. *Oxid. Med. Cell.* 2013: Article ID 301982. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/301982>.
- Terasawa, Y.; Ladha, Z.; Leonard, J.D.; Morrow, D.; Newland, D.; Sanan, L.; Packer, M.G.; Traber, R.V. and Farese, Jr. (2000). Increased atherosclerosis in hyperlipidemic mice deficient in alpha tocopherol transfer protein and vitamin E. *Proc. Natl. Aca. Sci. USA* 97(25): 13830-13834.
- Thamilselvan, S.; Hackett, R.L. and Khan, S.R. (1997). Lipid peraxoxidation in ethylene glycol imluced hyperoxaluria and calcium oxalate nephrothiasis. *J. Urol.* 157(3): 1059-1063.
- Torgerson, D.G.; Ampleford, E.J.; Chiu, G.Y.; Gauclerman, WJ.; Gignom, C.R. Graves, P.E.; Nicolae, D.L. (2011). Meta-analysis of genome-wide association studies of asthma in ethnically diverse from North American population. *Nat. Gener.* 43(9): 887- 892.
- Witztum, J.L. and Berliner, A. (1998) Oxidized phospholipids and isoprtanes in atherosclerosis. *Curr. Optn. Lipidol.* 9(5): 441- 448
- Witztum, J.L. and Steinberg, D. (1991). Role of oxidized low density lipoprotein in atherogenesis. *J. Clin. Invest.* 88(6): 1785-1792.
- Yousri, R.; Noarnan, E.; Shawi, O.; Fahm N. and Ghaz, M. (2011). Evaluation of antioxidant status and radioprotective activity of a novel anti-cancer drug in mice. *J. Cancer Therap.* 2(5): 616- 628.
- Zigma, S. (2000). Lens UVA photobiology. *J. Ocul. Pharmacol. Ther.* 16(2): 161-165.

Recibido: 5 de diciembre de 2017

Envío a arbitraje: 13 de diciembre 2017

Dictamen: 29 de enero de 2019

Aceptado: 24 de abril de 2018



Título: *Ángel oxidativo*

Autora: Marisol Herrera Sosa

Técnica: Lápices de colores

Medidas: 12.5 cm x 14.5 cm

Diversidad de especies forrajeras en sistemas ganaderos de la Isla de la Juventud

Diversity of forage species in livestock systems of Isla de la Juventud

**Roelis Castillo-Mestre,¹ Odalys C. Toral-Pérez,²
Jesús M. Iglesias-Gómez² y Diosmayda Acosta Muñoz¹**

¹Universidad Isla de la Juventud Jesús Montané Oropesa (UIJ)
Cuba, carretera aeropuerto km 3 ½ Nueva Gerona, Isla de la Juventud, Cuba

²Centro Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey
Universidad de Matanzas
Matanzas, Cuba

*Correspondencia: rmestre@uij.edu.cu

Resumen

Con el objetivo de identificar la diversidad de especies forrajeras en los sistemas ganaderos de La Reforma y La Victoria del municipio Isla de la Juventud, se realizó el presente estudio en el periodo de 2014-2016, para lo cual se realizó la prospección de gramíneas y leguminosas. Para el muestreo se clasificaron las áreas por su empleo (área de pastoreo animales adultos, animales en desarrollo y de corte), se realizó un análisis de la asociación con la vegetación predominante y fueron muestreadas todas las áreas y clasificadas todas las plantas; para el procesamiento estadístico se empleó el paquete InfoStat versión 2.0. La frecuencia de aparición de las especies, de acuerdo a los sistemas ganaderos, se cotejó mediante una comparación múltiple de proporciones. Se emplearon análisis multivariados para agrupar las especies de gramíneas y leguminosas en los sistemas ganaderos y la asociación con la vegetación. Los resultados muestran 29 especies; de ellas 16 leguminosas, 13 de gramíneas y 13 especies de otras familias. No hubo variación de acuerdo a los diferentes periodos del año, la frecuencia de aparición entre los sistemas ganaderos de La Victoria supera a la Reforma, la asociación entre las especies con la vegetación acompañante

Abstract

With the objective of identifying the diversity of foraging species in the cattle systems of La Reforma and La Victoria of the municipality Isla de la Juventud the present study in the period of 2014-2016, for that which was carried out the prospecting of grasses and legumes. For the sampling the areas were classified by their employment (area of shepherding adult animals, animals in development and of court), he/she carried out an analysis of the association with the predominant vegetation and they were sampled all the areas and classified all the plants, for the statistical processing the package InfoStat version was used 2.0. The frequency of appearance of the species according to the livestock systems was collated by means of a multiple comparison of proportions. Multivariate analyses were used to group the species of grasses and legumes in the livestock systems and the association with the vegetation. The results show 29 species; of them 16 leguminous plants, 13 of grasses and 13 species of other families. There was not variation according to the different period of the year, the appearance frequency among the cattle systems La Victoria overcomes to La Reforma, the association among the species with the accompanying vegetation showed

mostró cinco grupos; en cuanto al empleo del área existieron 24 especies que se presentaron en todos los fines productivos, las especies con mayor representatividad fueron *Mimosa pudica*, *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Cynodon nlemfuensis*, *Paspalum notatum*. Se concluye que existe una alta diversidad de especies forrajeras y en ello deben enmarcarse las estrategias futuras.

Palabras claves

Gramíneas, leguminosas, prospección.

five groups; as for the employment of the area they existed 24 species that were presented in all the productive ends, the species with more representativeness they were, *Mimosa pudica*, *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Cynodon nlemfuensis*, *Paspalum notatum*. It is concluded that there is a high diversity of forage species and in this should be framed it the future strategies.

Keywords

Grasses, legumes, prospecting.

Introducción

En la actualidad, la conservación de la flora es un tema que ha ganado relevancia de forma progresiva (Toral *et al.*, 2015). En la mayoría de las regiones, los recursos naturales necesarios para impulsar el desarrollo agropecuario están experimentando un deterioro acelerado que pone en peligro la satisfacción de las necesidades vitales para futuras generaciones, con los conocidos riesgos para la estabilidad ecológica, social, política y económica en los países en desarrollo (Ruiz *et al.*, 2015).

El impacto de la presión humana sobre los territorios y los recursos implica una extensiva fragmentación y pérdida de poblaciones de especies, paisajes y ecosistemas; para algunos de ellos las opciones de recuperación ya han desaparecido. A menudo, los esfuerzos para conservar esta biodiversidad se han centrado en las especies más vistosas o relacionadas con el hombre, y en los hábitats más comunes o protegidos (Senra, 2009).

La situación económica de Cuba exige el uso eficiente de los recursos locales para hacer frente a los retos productivos que demanda el momento. Oquendo *et al.* (2013), alegan que se ha demostrado que cualquier intento de poseer buenos pastizales debe partir del principio de la adaptabilidad de las especies al medio. Para que esto sea posible, es necesario un conocimiento profundo de los agroecosistemas ganaderos y de la flora forrajera natural y naturalizada predominante. Quebrantar este principio ha provocado errores costosos en muchos países, los cuales han sido recurrentes en el caso particular de Cuba, es por esto que el objetivo de la presente investigación fue identificar la diversidad de especies forrajeras en dos sistemas ganaderos de la Isla de la Juventud.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el municipio Isla de la Juventud, ubicado en la región Occidental de Cuba, entre los 21.5° latitud norte y los 82.5° longitud oeste. El área de estudio abarcó los dos sistemas ganaderos más importantes del territorio, La Reforma y La Victoria, las cuales se encuentran en el este y oeste respectivamente. Se dividieron las áreas para realizar los muestreos, teniendo en cuenta el uso de la tierra (clasificándolas en pastoreo de animales adultos, pastoreo de animales en desarrollo y forrajeras).

Se realizó una prospección de las especies de gramíneas y leguminosas en los periodos poco lluvioso (PPLL) y lluvioso (PLL) en el periodo de 2014 al 2016, tomando como base la metodología propuesta por Álvarez (2002). Se utilizó un cuadro metálico de un m², se hizo en cuarterones diagonales y sobre ellos se recorrieron transeptos en zig zag, con el fin de examinar la mayor cantidad de área posible incluyendo las orillas de las cercas; en las unidades con características homogéneas se trazó una diagonal, y en áreas de características heterogéneas se trazaron dos diagonales para evitar la pérdida de información.

Para la presentación de los resultados se calculó una media entre las épocas del año por zonas ganaderas, la asociación entre las especies y con especies de otras familias y los usos del área (pastoreo de animales adultos, dedicada a la producción de forraje y animales en desarrollo).

Durante el muestreo se identificaron las especies. La clasificación de las plantas colectadas se efectuó según ITIS (2017); la misma se realizó con la ayuda de los agricultores de la zona, de los profesores del departamento de Agronomía, del laboratorio de Botánica de la Universidad Isla de la Juventud y por especialistas del Establecimiento de Sanidad Vegetal del municipio.

Agroecosistemas ganadero La Reforma: Poblado de segundo orden, urbano, ubicado en la llanura del norte de la Isla de la Juventud, ubicado en los 21° 41' 16" latitud norte y los 82° 38' 59" longitud oeste, precipitación media anual: 1451,4 mm (Gort, 2016). En este poblado está localizada la mayor cuenca ganadera del territorio pinero, la cual abarca un total de 636 ha, con un ciclo de unidades que presentan recría de terneros, animales en desarrollo y 12 vaquerías. Al momento de la investigación, sólo se encontraban en utilización siete vaquerías, la recría y el área de desarrollo, las restantes estaban en recuperación sin animales; de las siete que se encontraban en producción, habían algunas áreas infestadas con altas poblaciones de marabú (*Dichostrachys cinerea*), las cuales no se muestrearon; en total, fueron recorridas 136.2 ha.

Los suelos predominantes en estas áreas se clasifican en: Alítico de Baja Actividad Arcillosa Amarillento (40%), Ferralítico Amarillento Lixiviado (21%), Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento (20%) y Gleysol Vértico crómico, sin carbonatos (19%) (Hernández *et al.*, 2015). Se encuentran localizados en zonas bajas, presentando las siguientes características: textura arenosa a arcillosa, la profundidad promedio varía entre 120 hasta 150 cm, se muestran bien definidos los horizontes y, como característica general, la presencia de horizontes gley (esto se debe al insuficiente drenaje interno); se muestra también la presencia de hierro y aluminio. La fertilidad natural de estos suelos es baja; según los estudios realizados, el pH es ácido, con contenido bajo de materia orgánica y de N-total, se consideran también bajos los porcentajes de microorganismos presentes, lo que indica que los procesos de degradación pueden demorar; además de que tienden a la degradación y la pérdida de sus propiedades físico-químicas.

Manejo de los pastizales: estas áreas llevaban un promedio de 25 años de producción continua con pastoreo extensivo, y con los inconvenientes de ausencia de riego y nula aplicación de fertilizantes; no se ha realizado acción de siembra y rehabilitación de pas-

tos, sólo algunas áreas que se han establecido de *Cenchrus purpureus* (Schumach), Morrone (anteriormente *P. purpureum*) para el corte, y en algunas unidades que se han creado muestrario de algunas especies de pastos y forrajes.

Agroecosistemas ganadero La Victoria: Poblado ubicado en la llanura del norte de la Isla de la Juventud, en los 21° 43' 07" latitud norte y los 82° 55' 50" longitud oeste, la precipitación media anual: 1669,8 mm (Gort, 2016). En este poblado está localizada la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) "Ubre Blanca", la cual abarca 421.2 ha, dividida en cinco vaquerías, de las cuales tres se encontraban en explotación (5, 9 y 10) y manifestaban infestación de marabú (*D. cinerea*), en mayor medida que en las vaquerías perteneciente al poblado de la Reforma. Para el desarrollo de la investigación fueron muestreadas 112 ha.

Los suelos predominantes en estas áreas se clasifican en: Alítico de Baja Actividad Arcillosa Amarillento (35 %), Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento (34 %), Gleysol Vértico crómico, sin carbonatos (16 %) y Ferralítico Amarillento Liviviado (15 %) (Hernández *et al.*, 2015); los cuales están localizados en zonas ligeramente onduladas y llanas, la textura arenosa a arcillosa, la profundidad promedio varía de 100 hasta 120 cm. Se muestran bien definidos los horizontes. La fertilidad natural de estos suelos es baja; según los estudios realizados el pH es ligeramente ácido, con contenido bajo de materia orgánica y de N-total.

Manejo de los pastizales: estas áreas llevaban un promedio de 15 años de producción continua con pastoreo alterno, y con los inconvenientes de ausencia de riego y nula aplicación de fertilizantes. En la vaquería cinco se habían mejorado las condiciones de las áreas, con el establecimiento de algunas gramíneas, como el pasto mulato (*Urochloa híbrido* cv. Mulato o CIAT 36061), el *Cenchrus purpureus* Clon Cuba CT-115 y king grass tradicional (*Cenchrus purpureus*), pero en el momento estaban afectados por la degradación.

Resultados

La prospección en las áreas de estudio se muestra en el cuadro 1, en el mismo se exponen los resultados de la diversidad de gramíneas y leguminosas encontradas en los diferentes períodos del año, con respecto al número de especies informadas en el territorio (MINAG, 2009).

Se pudo apreciar que no existe variación en la aparición de especies de gramíneas y leguminosas en los dos periodos del año (PLL y PPLL). Además, se observó disminución de la diversidad de especies al analizar lo reportado en el 2009 con lo encontrado después de cuatro años de explotación de las dos zonas en estudio.

Cuadro 1
Número de especies de gramíneas y leguminosas en las áreas en estudio
con respecto al territorio por épocas del año.

Grupos	Especies en el territorio (2009)	PPLL		PLL	
		Especies en las áreas de estudio	Porcentaje respecto al territorio	Especies en las áreas de estudio	Porcentaje respecto al territorio
Gramíneas	41	13	31.7	13	31.7
Leguminosas	69	16	23.2	16	23.2
Total	110	29	26.4	29	26.4

PPLL: periodo poco lluvioso; PLL: periodo lluvioso.

En el cuadro 2 se observa el material identificado, de acuerdo al número de géneros (25), especies (29) y la frecuencia de aparición en los dos sistemas ganaderos estudiados.

Se evidenció que los géneros *Urochloa*, *Cynodon*, *Paspalum* y *Mimosa* se destacan con dos especies. En cuanto a la frecuencia total de aparición en todas las áreas muestreadas, se destacan los géneros de *Mimosa*, *Cynodon* y *Paspalum*, seguido de *Calopogonium* y *Centrosema*, que a pesar de presentar una sola especie mantienen una alta frecuencia de aparición por encima de las demás.

Se identificaron 15 géneros de leguminosas con 16 especies, lo que representó el 55,2 % del total; en las gramíneas se identificaron 10 géneros y 13 especies, se encontró una alta diversidad tanto en leguminosas como en gramíneas.

Agroecosistemas ganaderos La Victoria (290.2) supera a La Reforma (270.6) por frecuencia total de especies. 17 especies mostraron diferencias significativas en cuanto a los agroecosistemas estudiados; ocho especies predominaron en el agroecosistema de La Victoria y nueve en La Reforma, con diferencias significativas; 12 especies no presentaron diferencias significativas en los agroecosistemas.

Las especies que mayor diferencias tuvieron entre los agroecosistemas fueron *Urochloa híbrido*, *Paspalum notatum* y *Alysicarpus vaginalis*, con diferencias por encima de 10 puntos porcentuales.

Cuadro 2

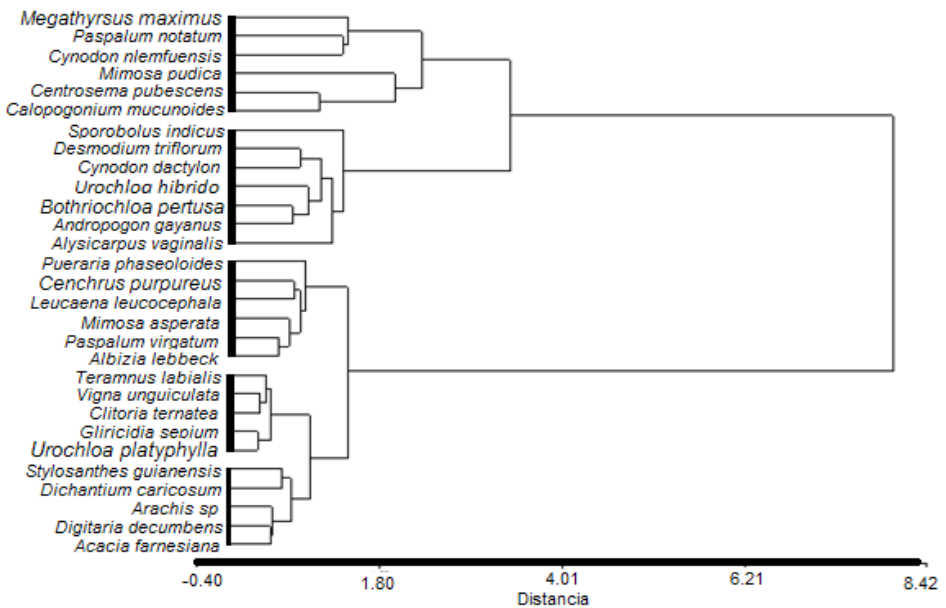
Géneros y especies de gramíneas y leguminosas encontradas y frecuencia de aparición en los agroecosistemas ganaderos muestreados.

Género	Especie	La Reforma	La Victoria	Diferencia
<i>Acacia</i>	<i>Acacia farnesiana</i>	4.4 b	6.3 a	1.9
<i>Albizia</i>	<i>Albizia Lebbeck</i>	4.2 b	6.1 a	1.9
<i>Alysicarpus</i>	<i>Alysicarpus vaginalis</i>	16.2 a	5.9 b	10.3
<i>Andropogon</i>	<i>Andropogon gayanus</i>	10.7 a	5.0 b	5.7
<i>Arachis</i>	<i>Arachis sp</i>	3.8 b	6.5 a	2.7
<i>Bothriochloa</i>	<i>Bothriochloa pertusa</i>	12.2 a	6.5 b	5.7
<i>Urochloa</i>	<i>Urochloa hibrido</i>	6.4 b	30.9 a	24.5
	<i>Urochloa platyphylla</i>	2.7 a	1.5 a	1.2
<i>Calopogonium</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>	20.2 a	15.3 b	4.9
<i>Centrosema</i>	<i>Centrosema pubescens</i>	15.0 b	18.9 a	3.9
<i>Clitoria</i>	<i>Clitoria ternatea</i>	3.5 a	2.3 a	1.2
<i>Cynodon</i>	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	29.5 a	25.2 b	4.3
	<i>Cynodon dactylon</i>	20.2 a	22.0 a	1.8
<i>Desmodium</i>	<i>Desmodium triflorum</i>	10.0 a	8.8 a	1.2
<i>Dichanthium</i>	<i>Dichanthium caricosum</i>	6.7 a	4.6 b	2.1
<i>Digitaria</i>	<i>Digitaria decumbens</i>	5.4 a	6.1 a	0.7
<i>Gliricidia</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	3.8 a	2.7 a	1.1
<i>Leucaena</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	5.2 b	8.2 a	3.0
<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa pudica</i>	30.1 a	30.6 a	0.5
	<i>Mimosa asperata</i>	6.6 a	8.0 a	1.4
<i>Megathyrsus</i>	<i>Megathyrsus maximus</i>	14.2 a	14.3 a	0.1
<i>Paspalum</i>	<i>Paspalum notatum</i>	28.9 a	13.0 b	15.9
	<i>Paspalum virgatum</i>	6.2 b	8.6 a	2.4
<i>Cenchrus</i>	<i>Cenchrus purpureus</i>	6.5 b	8.4 a	1.9
<i>Pueraria</i>	<i>Pueraria phaseoloides</i>	6.9 a	3.8 b	3.1
<i>Sporobolus</i>	<i>Sporobolus indicus</i>	12.8 a	10.1 b	2.7
<i>Stylosanthes</i>	<i>Stylosanthes guianensis</i>	4.3 a	4.8 a	0.5
<i>Teramnus</i>	<i>Teramnus labialis</i>	2.5 a	3.2 a	0.7
<i>Vigna</i>	<i>Vigna unguiculata</i>	2.9 a	2.6 a	0.3
Total	29	270.6	290.2	19.6

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa de las especies en los poblados ($P < 0.05$).

La asociación de las especies con la vegetación acompañante, presente en el área prospectada, resultó un aspecto de interés (figura 1); en la misma se encontraban algunas especies de otras familias, entre las que se identificaron el anamú (*Petiveria alliacea* L.), bejuco aguinaldo (*Ipomoea longifolia* Benth.), romerillo (*Bidens pilosa* L.), zarza (*Pisonia aculeata* L.), cardo santo (*Argemone mexicana* L.), malva blanca (*Malva sylvestris* L.), malva de cochino (*Sida acuta* Burm. f.), lechosa (*Euphorbia milii* Des Moul.), eucalipto (*Eucalyptus saligna* Sm.), amarantus (*Amaranthus spinosus* L.) y guayaba (*Psidium guajava* L.).

Figura 1
Asociación de gramíneas y leguminosas
en los agroecosistemas ganaderos muestreados.



En esta figura se observa la preferencia asociativa de las especies de gramíneas y leguminosas, en su hábitat natural, con las especies muestreadas en las áreas en estudio; se definieron cinco grupos.

Los grupos estuvieron representados por las especies *Megathyrsus maximus* Jacq. Bk. Simon & S.W.L. Jacobs, *Paspalum notatum* Alain ex Flüggé, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, *Mimosa pudica* L., *Calopogonium mucunoides* Desv y *Centrosema pubescens* Benth, seguido de *Sporobolus indicus* (L.) R. Br., *Desmodium triflorum* (L.) DC, *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Urochloa hibrido*, *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus, *Andropogon gayanus* Kunth y *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC.

En el tercer grupo se encontraron las especies *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth, *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Mimosa asperata* Lin, *Paspalum virgatum* (L.) y *Albizia lebbek* (L.) Benth.

El cuarto grupo está conformado por *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw, *Dichanthium caricosum* (L.) A. Camus, *Arachis sp* (L.), *Digitaria decumbens* Stent y *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Mientras que el quinto grupo estuvo conformado por las especies, *Teramnus labialis* (L.f) Spreng, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Clitoria ternatea* (L.), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth y *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster.

Según la finalidad productiva, existieron 24 especies que se presentaron en todos los fines productivos, de ellas 12 leguminosas y 12 gramíneas. La mayor frecuencia de aparición se encontró en las áreas dedicadas al pastoreo de animales adultos, seguido por las áreas dedicadas a forrajes y por último a pastoreo de animales en desarrollo. En las áreas de pastoreo de animales adultos y animales en desarrollo se presentaron la misma diversidad de especies con las 29.

Como se aprecia en el cuadro tres, hubo seis especies *Mimosa pudica*, *Cynodon nle-mfuensis*, *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Alysicarpus vaginalis* y *Paspalum notatum* encontradas con frecuencia por encima de 10 en todos los fines productivos.

La especie que se comportó más específica fue *Cenchrus purpureus*, que predominó en un solo fin productivo, las áreas de forrajes.

Cuadro 3

Distribución de especies de gramíneas y leguminosas según el fin productivo en áreas ganaderas de los agroecosistemas muestreados.

Especie	Propósito productivo del área muestreada		
	Área de pastoreo	Área de forraje	Animales en desarrollo
<i>Acacia farnesiana</i>	5.9	1.2	6.6
<i>Albizia Lebbeck</i>	6.0	-	5.7
<i>Alysicarpus vaginalis</i>	12.0	11.9	19.5
<i>Andropogon gayanus</i>	12.4	9.5	4.3
<i>Arachis sp</i>	8.1	-	0.6
<i>Bothriochloa pertusa</i>	14.5	7.1	6.0
<i>Urochloa hibrido</i>	17.5	9.5	9.5
<i>Urochloa platyphylla</i>	3.5	-	0.3
<i>Calopogonium mucunoides</i>	21.3	39.3	15.8
<i>Centrosema pubescens</i>	19.6	26.2	14.4
<i>Clitoria ternatea</i>	3.4	1.2	4.3
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	22.9	17.9	29.3
<i>Cynodon dactylon</i>	9.7	1.2	3.4
<i>Desmodium triflorum</i>	8.9	14.3	14.4
<i>Dichantium caricosum</i>	8.8	1.2	3.7
<i>Digitaria decumbens</i>	8.0	1.2	4.0
<i>Gliricidia sepium</i>	2.4	7.1	6.3
<i>Leucaena leucocephala</i>	5.8	1.2	11.5
<i>Mimosa pudica</i>	23.8	21.4	32.5
<i>Mimosa asperata</i>	9.9	3.6	5.7
<i>Megathyrsus maximus</i>	16.5	8.3	17.2
<i>Paspalum notatum</i>	18.3	10.7	19.3
<i>Paspalum virgatum</i>	8.2	2.4	10.1
<i>Cenchrus purpureus</i>	2.1	76.2	4.9
<i>Pueraria phaseoloides</i>	7.1	13.1	4.0
<i>Sporobolus indicus</i>	15.6	26.2	5.5
<i>Stylosanthes guianensis</i>	4.2	-	8.3
<i>Teramnus labialis</i>	2.7	-	5.0
<i>Vigna unguiculata</i>	3.0	2.4	3.7
Total	302.1	314.3	275.8

Discusión

La investigación realizada demuestra que la información que posee el MINAG (2009), sobre la dinámica de las poblaciones de plantas en el territorio a través del tiempo, que informa 110 especies, de ellas, 69 leguminosas y 41 gramíneas, no es adecuada ya que se lograron identificar solamente 16 leguminosas y 13 gramíneas. Esta pérdida de la biodiversidad de especies pratenses constituye una alerta para el futuro, además de que la vegetación predominante son de especies naturales que tienen las características de tener alto grado de adaptabilidad al agroecosistema y no son consumidas por los animales (Ruiz *et al.*, 2015).

Al analizar los géneros y especies de gramíneas y leguminosas encontradas, y la frecuencia de aparición en los poblados, se evidencian diferencias con lo obtenido por Romero *et al.* (2015) al realizar un inventario de plantas forrajeras de un ecosistema ganadero en condiciones de sequía y salinidad en el municipio Calixto García de la provincia de Holguín. Estos autores informaron la presencia de ocho especies, de ellas cuatro leguminosas y dos gramíneas, resultado inferior a lo encontrado en las áreas ganaderas de la Isla de la Juventud; aunque hay que señalar que en el trabajo mencionado sólo se realizó el muestreo en el periodo poco lluvioso y una sola vez en el año.

Por su parte, Toral *et al.* (2015), en estudios de prospección en dos provincias cubanas, colectaron 17 géneros con 23 especies de leguminosas herbáceas, y 13 géneros con 15 especies de tipo arbóreo y arbustivo, entre los que se destacaron *Centrosema*, *Desmodium*, *Albizia* y *Leucaena*; mientras que en el territorio pinero se identificaron 15 géneros de leguminosas con 16 especies, y 10 géneros de gramíneas con 13 especies, dentro de los cuales, los más representativos fueron *Mimosa*, *Calopogonium* y *Centrosema*.

En este mismo sentido, Oquendo *et al.* (2013), en investigaciones llevadas a cabo en la provincia de Holguín, identificaron 26 especies de gramíneas y 24 de leguminosas en áreas ganaderas, lo que demuestra una mayor diversidad en esa región, en comparación con la Isla de la Juventud, lo que puede estar influenciado por factores tales como las condiciones edafoclimáticas de las zonas en estudio y por el manejo agropecuario de las áreas prospectadas.

En otro trabajo realizado por Rojas *et al.* (2016) en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador, se identificaron 13 especies, de ellas cinco especies leguminosas y de otras familias en áreas de pastos con las gramíneas *Megathyrsus maximus* y *Brachiaria*.

Estos resultados concuerdan con lo planteado por Barreto *et al.* (1998), acerca de que las leguminosas se encuentran como especies endémicas bien determinadas y se desarrollan de forma espontánea en todo el país, ya sea en manigua, bosques, áreas marginales y áreas ganaderas.

Del mismo modo son similares a estudios realizado por Olivera *et al.* (2008) que informaron para las provincias orientales, que la mayoría de las especies de leguminosas se encontraban asociadas, en mayor o menor grado, con la vegetación de manigua, pastos naturales o naturalizados y arbustos, lo que presupone un alto nivel de habilidad asociativa, particularmente en las del tipo herbáceo. Resultados similares informaron Ruiz

et al. (2007) al establecer mezclas múltiples de gramíneas y leguminosas para pastoreo. Éstos comprobaron que en las áreas con mayor grado de malezas se aprecia mejor desarrollo de las leguminosas, expresado en su disponibilidad.

Los estudios de esta investigación corroboran lo anterior. Se evidenció que las leguminosas, encontradas en las áreas ganaderas del municipio, se presentaban con alto grado de asociación a las malezas y a las gramíneas, sobre todo las leguminosas de crecimiento herbáceo. Se encontró que las especies que mayor grado de asociación presentaron fueron las leguminosas *Mimosa pudica*, *Calopogonium mucunoides* y *Centrosema pubescens*, y las gramíneas *Megathyrsus maximus*, *Paspalum notatum* y *Cynodon nlemfuensis*, lo que muestra la capacidad de éstas para ser empleadas con varios fines en los sistemas de producción.

En el caso del municipio de la Isla, *C. nlemfuensis* destacó como una de las gramíneas que mayor asociación presentó con leguminosas y con casi toda la vegetación existente en los ecosistemas ganaderos de las diferentes zonas estudiadas, resultado que ratifica lo planteado por Machado *et al.* (2010), que mencionan que las gramíneas y leguminosas tropicales presentan alto índice de asociación con la vegetación existente en condiciones de pastoreo.

Este comportamiento es de mucha importancia ya que los sistemas actuales en Cuba prevén las mezclas múltiples de leguminosas con gramíneas en los pastizales (Ruiz *et al.*, 2015).

En el caso de *Albizia lebbek*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Stylosanthes guianensis*, *Pueraria phaseoloides*, entre las leguminosas, y *Andropogon gayanus*, *Urochloa híbrido*, *Cynodon nlemfuensis*, *Megathyrsus maximus* y *Cenchrus purpureus* entre las gramíneas, se informa que éstas fueron establecidas en las áreas del territorio tiempo atrás (Delgado *et al.*, 2010), mientras que *Cenchrus purpureus*, forrajera por excelencia, ha venido introduciéndose en los últimos años. Estos resultados son importantes para poder indicar el índice de naturalización de las especies encontradas en el presente estudio, y coinciden con los informados por Castillo *et al.* (2011) en trabajos realizados en áreas ganaderas de este municipio, donde se encontraron muchas de las especies que hoy se informan en dependencia de sus fines productivos.

Estos resultados concuerdan con Machado *et al.* (2010), en estudios realizados en ocho fincas ganaderas de la provincia de Matanzas. Estos autores refieren que, a pesar de que estos pastizales tienen muchos años de existencia y manejo con animales casi de forma permanente, los cuales ejercen un papel importante en la diversidad de las especies, las gramíneas y leguminosas predominan sobre las otras especies en los agroecosistemas de pastizales naturales y más aún en los pastizales comerciales.

Este comportamiento de las gramíneas y leguminosas en los pastizales tiene su explicación en varios atributos morfoestructurales y fisiológicos conocidos, tales como: un mayor número de puntos de crecimiento; reservas suficientes para desarrollar su potencialidad de rebrote después de la defoliación o de los daños producidos por estrés; estolones o rizomas (o ambos) que le confieren un alto poder de colonización en la mayoría de los casos y una alta producción de semilla, lo que asegura su rápida propagación en el área.

En estudios de diversidad y cuantificación de la flora, llevados a cabo por Machado y Milera (2009) en un pastizal disturbado y pastoreado de forma racional, se evidenció la fluctuación de varias especies de gramíneas y leguminosas en el pastizal, pero siempre las especies de estas familias superaron a las otras que se encontraban en las áreas de estudio.

Conclusiones

Se identificaron 29 especies, de ellas, 16 leguminosas y 13 gramíneas en los sistemas ganaderos del municipio.

En cuanto al uso de la tierra, se presentó mayor en las áreas de pastoreo, seguido de las áreas de animales en desarrollo y las áreas de corte.

Las especies *Paspalum notatum*, *Cynodon nlemfuensis*, entre las gramíneas, y *Mimosa pudica*, *Calopogonium mucunoides* y *Centrosema pubescens*, entre las leguminosas, mostraron mayor grado de asociación con las especies predominantes en las áreas.

Recomendaciones

Seleccionar y evaluar, por cada zona, el material promisorio y realizar su extensión a mayor escala en estas áreas; para lo cual se requiere multiplicar sus semillas, además de terminar de prospeccionar otras unidades, para con ello lograr un uso eficiente de la diversidad de especies, y proponer sistemas pastoriles con el uso de estas especies para los sistemas de producción ganadera en la Isla de la Juventud.

Literatura citada

- Álvarez, O. (2002). Diversidad de leguminosas y su potencial productivo sobre suelos Pardos con Carbonates de la zona centro de Sancti Spíritus. Tesis en opción al título de maestro en ciencias en pastos y forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas. Cuba.
- Barreto, A. Catases, L y. Acosta, Z. (1998). Gramíneas y leguminosas naturales y/o naturalizadas de la provincia de Camagüey. *Pastos y Forrajes* 21: 43-58.
- Castillo, R.; Vecino, U.; Cedie, Y. y Dixon, Y. (2011). Leguminosas nativas en áreas ganaderas de la Isla de la Juventud, Cuba. *Av. en Inv. Agropecuaria* 15(2): 13-27.
- Delgado, D.; Rodríguez, C.; Pérez, D. y García, M. (2010). Evaluación de cultivares de pastos y forrajes para medir rendimientos en suelos de pH bajo y poco profundos. *Revista joven Ciencia Isla de la Juventud*.
- Gort, S.A (2016). Situación geográfica de la Isla de la Juventud. *Revista Magisterio* 42(4): 110-115.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D y. Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba.
- ITIS. (2017). *Integrated taxonomic Information System online database USA*: USGS. <http://www.itis.gov> (Consultada 3 de noviembre de 2017).
- Machado, R. y Milera, M. (2009). Diversidad y cuantía de la flora en un pastizal disturbado y pastoreado de forma racional. *Pastos y Forrajes* 32 (3):1-8.
- Machado, R.; Miranda, T. y Álvarez, J.L. (2010). Diversidad de la flora en fincas ganaderas de la provincia de Matanzas. *Pastos y Forrajes* 33 (2): 2-8.
- MINAG. (2009). *Caracterización de la vegetación en sistemas productivos de la Isla de la Juventud*. Informe de etapa. Escuela de capacitación agricultura Isla de la Juventud. Cuba
- Olivera, Y.; Machado, R. y Fung, C. (2008). Colecta de leguminosas forrajeras en tres provincias orientales de Cuba. *Pasto y forrajes* 31(1): 25-34.

- Oquendo, G.; Pupo, N.; Corella, P.; Machado, R.; Olivera, Y.; Iglesias J.M. y Swaby, Y. (2013). Prospección y colecta de especies forrajeras en formaciones vegetales del municipio Rafael Freyre, Holguín, Cuba. *Pastos y Forrajes* 36(2): 159-168.
- Rojas, J.A.; Anrango, P.L. y Jumbo, M.J. (2016). Diversidad florística en agroecosistemas ganaderos bovinos en el Cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Centro Agrícola* 43(1): 44-47.
- Romero, J.L.; Campos, C.E. y Peña, M.D. (2015). Inventario de plantas forrajeras de un ecosistema ganadero en condiciones de sequía y salinidad, municipio Calixto García, Holguín, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas* 1(4): 110-114.
- Ruiz, T.E.; Febles, G.; Díaz, H. y Díaz, J. (2007). Estudio del número de leguminosas rastreras asociadas a una gramínea y su persistencia en el pastizal. *RCCA* 41 (3): 271-274.
- Ruiz, T.E.; Febles, G. y Alonso, J. (2015). Estudios con leguminosas, un aporte a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *RCCA* 49(2): 233-241.
- Senra, A. (2009). Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. *Rev. AIA* 13(2): 3-15.
- Toral, O.; Navarro, M. y Reino, J. (2015). Prospección y colecta de especies de interés agropecuario en dos provincias cubanas. *Pastos y Forrajes* 38(3): 157-163.

Recibido: 8 de diciembre de 2017

Envío a arbitraje: 10 de diciembre 2017

Dictamen: 8 de enero de 2018

Aceptado: 12 de julio de 2018



Título: *Flora Isla Juventud*

Autora: Marisol Herrera Sosa

Técnica: Acuarela

Dimensiones: 12.5 cm x 18.5 cm

Propiedades fitoquímicas y antibacterianas de *Piper auritum* Kunth

Phytochemical and antibacterial properties of *Piper auritum* Kunth

Aymara Luisa Valdivia Avila, Yasmery Rubio Fontanills, Conrado Camacho Campos, Odelin Brea Maure, Madyu Matos Trujillo, Maryla Sosa del Castillo, Yunel Pérez Hernández*

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Centro de Estudios Biotecnológicos, Cuba
Autopista a Varadero, Km 3 ½,
Ciudad de Matanzas, Cuba
Autor de correspondencia: yunel.perez@umcc.cu

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las propiedades fitoquímicas y antibacterianas de extractos de hojas y raíces de plantas de *Piper auritum* Kunth, presentes en el municipio de Matanzas, Cuba. Las hojas y las raíces de plantas adultas fueron lavadas, secadas y pulverizadas. Se realizaron extracciones con etanol 96% y agua destilada, las mezclas se filtraron y concentraron en un rotaevaporador. Se determinó la cantidad relativa de varias familias de metabolitos secundarios y se cuantificó el contenido de fenoles solubles, azúcares reductores, carbohidratos y proteínas solubles. Se evaluó la actividad antibacteriana del extracto etanólico mediante la técnica de los pocillos, contra dos especies bacterianas estándar y otras asociadas a mastitis. Como resultado se observó la presencia de terpenos, flavonoides, cumarinas, taninos y glucósidos cardiotónicos en extractos de hojas y raíces, los cuales poseen diversas actividades farmacéuticas. Las hojas mostraron una concentración elevada de fenoles solubles. Los extractos etanólicos de hojas y raíces de

Abstract

The objective of the present work was to evaluate the phytochemical and antibacterial properties of leaf and root's extracts of *Piper auritum* Kunth plants, present in the municipality of Matanzas, Cuba. Leaves and roots of adult plants were washed, dried and pulverized. Extractions were made with 96% ethanol and distilled water, the mixtures were filtered and concentrated in a rotary vacuum evaporator. The relative quantity of various families of secondary metabolites was determined and the content of soluble phenols, reducing sugars, carbohydrates and soluble proteins was quantified. The antibacterial activity of the ethanolic extract was evaluated by means of the well diffusion method, against two standard bacterial species and others associated with mastitis. As a result, the presence of terpenes, flavonoids, coumarins, tannins and cardiac glycosides in leaf and root extracts was observed, which have diverse pharmaceutical activities. Leaves showed a high concentration of soluble phenols. The ethanolic extracts of leaves and root

Piper auritum tuvieron un efecto antibacteriano contra *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 25922. Con respecto a la actividad antibacteriana contra cepas asociadas a mastitis, los mejores resultados se obtuvieron con los extractos de hojas, lo que sugiere el uso potencial de los extractos de *Piper auritum* para el tratamiento de la mastitis u otros trastornos infecciosos e inflamatorios en animales. La presencia de compuestos polifenólicos de naturaleza antioxidante, pueden explicar la actividad antiinflamatoria atribuida a esta especie.

Palabras clave

Escherichia coli, *Staphylococcus aureus*, mastitis, metabolitos secundarios.

of *Piper auritum* have an antibacterial effect against *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Escherichia coli* ATCC 25922. Concerning the antimicrobial activity against mastitis related strains; the best results were obtained with the leaf extract, which suggests the potential use of *Piper auritum* extracts for the treatment of mastitis or other infectious and inflammatory disorders in animals. The presence of polyphenolic compounds with antioxidant nature, may explain the anti-inflammatory activity conferred to this species.

Keywords

Escherichia coli, *Staphylococcus aureus*, mastitis, secondary metabolites.

Introducción

La naturaleza constituye una fuente inagotable de agentes bioactivos con principios farmacéuticos diversos, que han estado a disposición del hombre desde la antigüedad. Gran parte de las poblaciones en los países tropicales y en vías de desarrollo, utilizan la medicina tradicional como base para mejorar la salud (Chrinius *et al.*, 2011). Además, en la farmacopea moderna, un 25% de las drogas son derivadas de plantas y muchas otras son sintéticos análogos construidos a partir de compuestos prototipos aislados de vegetales (Tamilselvan *et al.*, 2014).

A pesar de las posibilidades ilimitadas que ofrece el reino vegetal para la identificación y desarrollo de nuevos fármacos, se realizan pocos trabajos interdisciplinarios acerca de la validación científica y antropológica de los remedios tradicionales (Maxia *et al.*, 2005). Como resultado, los estudios etnoveterinarios contribuyen solamente a la investigación sobre el empleo de extractos vegetales para el tratamiento de las patologías animales.

La búsqueda de sustitutos fitoterapéuticos o alimentarios, válidos para la salud de los animales, constituye un tema vigente en el sector agropecuario. Esta situación se hace patente debido a que el uso indiscriminado de antibióticos convencionales provoca el desarrollo de cepas bacterianas patógenas con resistencia a estas drogas, lo que dificulta el tratamiento de los animales afectados. Por esta razón se han impulsado las investigaciones hacia la búsqueda de sustancias de origen vegetal con actividad antibacteriana para combatir enfermedades infecciosas en animales (Farhan *et al.*, 2013). El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades fitoquímicas y antibacterianas de extractos etanólicos y acuosos de hojas y raíces de *Piper auritum* (Piperaceae).

Materiales y métodos

Material vegetal

Se colectaron 1.5 kg de hojas y raíces frescas de plantas adultas sanas de *Piper auritum* presentes en el campus de la Universidad de Matanzas, Cuba. La identificación taxonómica de la especie se realizó por especialistas del Jardín Botánico de Matanzas. La colecta se realizó en el mes de octubre de 2016 entre 8:00 y 9:00 am.

Preparación de los extractos

Las hojas y raíces fueron lavadas primeramente con agua destilada para eliminar el polvo. Las muestras fueron secadas en una estufa (Boxun) a 45°C y posteriormente pulverizadas en un molino eléctrico (Daytron).

La caracterización fitoquímica se realizó con extractos etanólicos (90%) y acuosos. Para ello se mezclaron 5 g de polvo de hojas y raíces secas en 50 ml de ambos solventes, en matraces de 250 ml, y se colocaron en agitación sobre una zaranda orbital (HDL® Apparatus) a 160 rpm por 24h. Posteriormente, las muestras fueron filtradas con papel de filtro Whatmann # 40. Los extractos fueron conservados en frascos ámbar a 4°C para los ensayos fitoquímicos. Para el experimento de actividad antibacteriana se utilizaron 100 g de polvo de ambos órganos y la extracción se realizó en etanol 90% (3L) durante 48 h. Los extractos fueron filtrados de igual forma, concentrados en un rotoevaporador y posteriormente se secaron en una estufa a 50°C (Mohammed *et al.*, 2013).

Estudio fitoquímico

Contenido de azúcares reductores

El contenido de azúcares reductores se determinó con el método del ácido dinitrosalisílico y se empleó la D-glucosa (Sigma) como azúcar patrón (Miller, 1959). La absorbancia se midió a una longitud de onda de 456 nm.

Contenido de carbohidratos solubles totales

La cuantificación de carbohidratos en las muestras se realizó colorimétricamente mediante el método del fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956), con el uso de D-glucosa como azúcar patrón. Las muestras fueron leídas a una absorbancia de 490 nm.

Contenido de proteínas solubles totales

El contenido proteico se determinó colorimétricamente mediante el método descrito por Lowry *et al.* (1951), con el uso de albúmina de suero bovino (BSA) como patrón. Los valores de absorbancia se obtuvieron a 750 nm y las concentraciones (mg/ml) se determinaron mediante la curva patrón.

Contenido de fenoles solubles

La extracción de los fenoles solubles se realizó según el método descrito por Quiñones *et al.* (2015). Se mezcló 0.1g de polvo de hojas secas y metanol (3 veces hasta volumen final 1 ml). La mezcla se agitó vigorosamente, se centrifugó a 15 000 rpm durante 5 minutos y se colectó el sobrenadante. El precipitado se homogenizó en hidróxido de sodio 2 mol l⁻¹ para la extracción de los fenoles ligados a las paredes celulares, y luego se neutralizó

en igual volumen de ácido clorhídrico 2 mol l⁻¹. La concentración de fenoles solubles se determinó con el uso de ácido clorogénico (0.05 mol/l) como patrón y los valores de absorbancia fueron determinados a 725 nm.

Contenido relativo de metabolitos secundarios

Para la determinación de los metabolitos secundarios se utilizó la metodología descrita por Chigodi *et al.* (2013). Se evaluaron de manera cualitativa los extractos etanólico y acuoso de hojas y raíces.

Antocianinas: se mezcló 1 ml de cada extracto con 3 ml de agua destilada y posteriormente se adicionó 1 ml de ácido clorhídrico (HCl) 2 mol l⁻¹ y de solución amoniacal 0.5 mol l⁻¹ a 1 ml de la mezcla anterior. La presencia de un color rosado-rojo que se torna azul-violeta indicó la presencia de antocianinas.

Terpenoides: se mezcló 1 ml de cada extracto con 1 ml de cloroformo (CHCl₃) y a continuación se adicionaron 2 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado. La coloración rojo-parda en la interfase indicó la presencia de terpenoides.

Flavonoides: se adicionó 1 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 mol l⁻¹ a 1 ml de cada extracto y posteriormente se agregó igual volumen de ácido clorhídrico (HCl) 0.1 mol l⁻¹. La formación de un color amarillo en la solución indicó la presencia de flavonoides.

Taninos: se mezcló 1 ml de cada extracto con 2 ml de agua destilada y la mezcla se calentó en un baño termostataado. Posteriormente se le adicionaron dos gotas de solución de cloruro férrico al 1% en metanol. La presencia de taninos se identificó mediante la formación de un color verde oscuro en la solución.

Saponinas: se mezcló 1 ml de cada extracto con 3 ml de agua destilada, se agitó con vigor y posteriormente la mezcla se calentó a 100°C. La formación de espuma con pequeñas burbujas mostró la presencia de saponinas.

Antraquinonas: se mezclaron 2 ml de cada extracto con 3 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 10% y la mezcla se calentó a 100°C durante 3 minutos en baño termostataado. Posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente. Seguido se adicionó igual volumen de cloroformo (CHCl₃) y a continuación unas gotas de solución amoniacal al 10% y se volvió a calentar la mezcla. La formación de una coloración rosada indicó la presencia de antraquinonas.

Glucósido cardiotónico: se mezcló 1 ml de cada extracto con 1 ml de ácido acético glacial que contenía una gota de solución de cloruro férrico al 1%. A cada mezcla se adicionó cuidadosamente por las paredes del tubo de ensayo 1 ml de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). La presencia de desoxiazúcares característicos de los compuestos cardiotónicos se observaron por la formación de un anillo pardo en la interfase junto a un anillo púrpura.

Flobataninos: se mezcló 1 ml de cada extracto con una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 2% y se calentó a 100°C. La presencia de flobataninos se determinó por la formación de un precipitado rojo.

Esteroides: se mezcló 1 ml de cada extracto con 3 ml de cloroformo (CHCl₃) y se agitó la mezcla. Posteriormente se adicionaron cuidadosamente 2 ml de H₂SO₄ concentra-

do por los lados del tubo de ensayo. La formación de un color rojo en la capa superior y una coloración verde en la capa de H_2SO_4 indicó la presencia de esteroides en el extracto.

Emodinas: se mezcló 1 ml de cada extracto con 1 ml de hidróxido de amonio (NH_4OH) y 2 ml de benceno. La formación de una coloración roja indicó la presencia de emodinas.

Cumarinas: se mezcló 1 ml de cada extracto con 1 ml de hidróxido de sodio ($NaOH$) al 10%. La formación de una coloración amarilla indicó la presencia de cumarinas en el extracto.

La presencia de los metabolitos se determinó de manera cualitativa a través del sistema no paramétrico de cruces (MINSAP, 1997). Presencia: +++ = abundante; ++ = moderado; + = bajo y - = ausencia.

La determinación cualitativa de los metabolitos secundarios y las lecturas de absorbancia para las cuantificaciones bioquímicas se realizaron por triplicado.

Actividad antibacteriana

La actividad antimicrobiana *in vitro* de los extractos se evaluó frente a dos bacterias de referencia (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 25922), así como cepas salvajes aisladas e identificadas previamente, presentes en fluidos de ubres de vacas con mastitis: *S. aureus*, *S. epidermidis* (Gram positivas), *E. coli* y *Klebsiella pneumoniae* (Gram negativas). El ensayo se realizó mediante la técnica de difusión en pocillos (Pérez *et al.*, 1990).

Las cepas bacterianas fueron sembradas previamente sobre medio Agar Cerebro de Corazón a 37°C. Se inoculó el medio Agar Mueller-Hinton con células de turbidez equivalente al tubo 0.5 de la escala de Mc Farland con el uso de un hisopo estéril. Los pocillos se realizaron con la ayuda de un orador estéril de 8 mm de diámetro y se les adicionaron 150 μL de cada extracto (100 mg. ml^{-1}). Las placas fueron incubadas toda la noche a 37°C. Como control positivo se utilizó la tetraciclina (45 μg) y como control negativo la solución hidroalcohólica. La actividad antibacteriana se obtuvo a partir del diámetro de la zona de inhibición del crecimiento bacteriano. Se realizaron tres réplicas por cada extracto evaluado (Parekh y Chanda, 2006).

Diseño experimental y análisis estadístico

Los ensayos de actividades antibacteriana se realizaron mediante un diseño completamente aleatorizado. Los datos correspondientes a los análisis bioquímicos cuantitativos y a la actividad antibacteriana fueron procesados con el paquete SPSS versión 15.0 para Windows. Se determinó el ajuste de los datos a una distribución normal mediante la prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov-Smirnov y la Homogeneidad de Varianza mediante las Pruebas de Bartlett (Sigarroat, 1985). En caso de que los datos cumplieran los requisitos exigidos fueron procesados mediante ANOVA de clasificación simple y se realizó la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey HSD para la comparación entre las medias. Los datos que no cumplieron con estas premisas fueron analizados mediante la Prueba de Kruskal-Wallis y la Prueba de Rangos Múltiples de Student-Newman-Kwels (SNK).

Resultados

Evaluación fitoquímica

Se muestran los resultados del tamizaje fitoquímico de los extractos acuosos y etanólicos de hojas y raíces de *Piper auritum*. Se observó la presencia de terpenos, flavonoides, taninos y glucósidos cardiotónicos en ambos órganos, mientras que las cumarinas sólo se detectaron en hojas. El extracto etanólico fue más eficaz en la extracción de terpenos en raíz, flavonoides en hojas y glucósidos cardiotónicos en raíz, en comparación con el acuoso. En el resto de los casos no se apreciaron diferencias entre los solventes (cuadro 1).

Cuadro 1

Contenidos relativos de metabolitos secundarios en extractos acuosos y etanólicos de hojas y raíces de *Piper auritum*.

Metabolito secundario	Hoja		Raíz	
	E. Ac	E. Et	E. Ac	E. Et
Terpenoides	++	++	+	++
Flavonoides	+	++	+	+
Antocianinas	-	-	-	-
Esteroides	-	-	-	-
Taninos	+	+	+	+
Saponinas	-	-	-	-
Cumarinas	++	++	-	-
Antraquinonas	-	-	-	-
Glucósidos cardiotónicos	+	+	+	+++
Flobataninos	-	-	-	-
Emodinas	-	-	-	-

E. Ac: extracto acuoso; E. Et: extracto etanólico; contenido: +++ = abundante, ++ = moderado, + = bajo, - = ausencia

El contenido de carbohidratos solubles totales, azúcares reductores y proteínas solubles totales se muestra en el cuadro 2. En general, las hojas mostraron valores superiores comparados con los de la raíz en carbohidratos, azúcares reductores y proteínas solubles. Las concentraciones más elevadas de estos compuestos se observaron en los extractos etanólicos de ambos órganos.

Cuadro 2

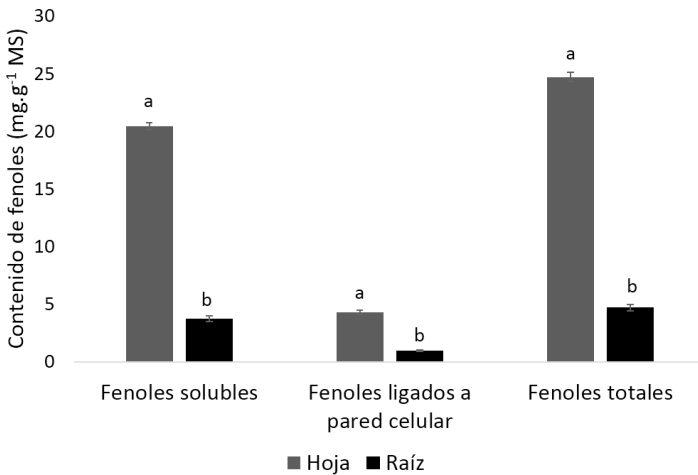
Contenido de carbohidratos solubles totales (CST), azúcares reductores (AR) y proteínas solubles totales (PST) en extractos acuosos y etanólicos de hoja y raíz de *Piper auritum*.

Extracto	CST (mg.ml ⁻¹)	AR (mg.ml ⁻¹)	PST (mg.ml ⁻¹)
Hoja (etanol)	7.32 ^a ± 0.12	2.21 ^a ± 0.05	11.14 ^a ± 0.27
Hoja (agua)	1.71 ^c ± 0.08	0.89 ^c ± 0.04	6.63 ^b ± 0.21
Raíz (etanol)	2.50 ^b ± 0.23	1.63 ^b ± 0.09	3.87 ^c ± 0.16
Raíz (agua)	0.94 ^c ± 0.11	0.21 ^d ± 0.02	1.12 ^d ± 0.07

Letras diferentes indican diferencias significativas según Test de Tukey (P≤0.05). Los valores representan las medias de tres repeticiones y el error estándar.

Los contenidos más elevados de polifenoles totales se obtuvieron en las hojas (figura 1). En este órgano los valores de fenoles solubles, ligados a la pared celular y totales, fueron de 20.43, 4.27 y 24.70 mg.g⁻¹, respectivamente; mientras que en las raíces los valores correspondientes fueron de 3.74, 0.96 y 4.70 mg.g⁻¹ de masa seca.

Figura 1
Contenido de fenoles solubles, ligados a pared celular y totales en hoja y raíz de *Piper auritum*.



Letras diferentes indican diferencias significativas entre órganos según Test Student-Newman-Keuls ($P \leq 0.05$).

Actividad antibacteriana

Los resultados de la actividad antimicrobiana muestran un efecto antibacteriano de los extractos de hojas y raíces de *Piper auritum*, contra las diferentes bacterias Gram positivas y Gram negativas que se enfrentaron (cuadro 3). La actividad antibacteriana ante las cepas de referencias fue mayor que la observada frente a las cepas salvajes. Además, la inhibición de *S. aureus* resultó mayor en comparación a los valores obtenidos con *E. coli*. Tanto el extracto de hoja como de raíz mostraron una actividad inhibitoria semejante frente a *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* (salvaje), *E. coli* ATCC 25922 y *E. coli* (salvaje); sin embargo, frente a *S. epidermidis* y *K. pneumoniae*, solamente el extracto de hojas mostró efectividad, aunque estadísticamente los resultados fueron inferiores al control.

Al comparar la inhibición del crecimiento de las cepas Gram positivas y Gram negativas frente a los extractos utilizados, se observó una mayor actividad antibacteriana frente a las bacterias Gram positivas.

Cuadro 3

Actividad antibacteriana de extractos etanólicos de hojas y raíces de *Piper auritum* frente bacterias patógenas Gram positivas y Gram negativas.

Controles/extractos	<i>S. aureus</i> ATCC 25923		<i>S. aureus</i> (salvaje)	
	DZI (mm)	± EE	DZI (mm)	± EE
Hoja	19.5 ^a	0.05	15.0 ^a	0.13
Raíz	6.8 ^c	0.13	4.0 ^b	0.12
Tetraciclina	15.5 ^b	0.03	18.3 ^a	0.09
Solución hidroalcohólica	0.0 ^d	0.00	0.0 ^c	0.00
	<i>E. coli</i> ATCC 25922		<i>E. coli</i>	
	DZI (mm)	± EE	DZI (mm)	± EE
Hoja	7.2 ^b	0.04	10.75 ^b	0.49
Raíz	5.0 ^b	0.07	12.25 ^b	0.43
Tetraciclina	14.5 ^a	0.25	24.33 ^a	1.45
Solución hidroalcohólica	0.0 ^d	0.00	0.0 ^d	0.00
	<i>S. epidermidis</i>		<i>K. pneumoniae</i>	
	DZI (mm)	± EE	DZI (mm)	± EE
Hoja	12.1 ^b	0.03	8.3 ^b	0.04
Raíz	0.0 ^c	0.00	0.0 ^c	0.00
Tetraciclina	17.0 ^a	0.05	17.5 ^a	0.15
Solución hidroalcohólica	0.0 ^c	0.00	0.0 ^c	0.00

DZI: diámetro de la zona de inhibición. Los datos representan medias de tres réplicas. Letras diferentes indican diferencia significativa según Test de Tukey HSD ($P \leq 0.05$).

Discusión

Estudio fitoquímico

La presencia de compuestos flavonoides y terpenoides fue descrita previamente en varias especies dentro del género *Piper* como *P. aduncum*, *P. hispidum*, *P. sanctum*, *P. amalago*, *P. auritum* (Carmona-Hernández *et al.*, 2014), *P. crocatum* (Saputra *et al.*, 2016) y *P. callosum* (Silva *et al.*, 2017). De manera similar, los taninos se encontraron en otras piperáceas como *P. nigrum* (Kumar *et al.*, 2014), *P. guineense* (Chinwendu *et al.*, 2016) y *P. callosum* (Silva *et al.*, 2017). En la presente investigación no se detectaron saponinas en los órganos evaluados, lo cual coincide con Saputra *et al.* (2016). Sin embargo, estos compuestos fueron detectados en otras piperáceas como *P. nigrum* (Kumar *et al.*, 2014) y *P. Guineense* (Chinwendu *et al.*, 2016), lo cual puede estar relacionado con diferentes factores ambientales o el método utilizado para la determinación de tales sustancias.

Los glucósidos cardiotónicos y las cumarinas también fueron referidas por otros autores dentro del género *Piper*. Ganesh *et al.* (2014) observaron la presencia de glucósidos cardiotónicos en extractos etanólicos y clorofórmicos de hojas de *P. nigrum* L., mientras que las cumarinas fueron encontradas en los extractos de *P. hispidum*, *P. umbellatum*, *P. nudumand* y *P. psilorhachis* (Carmona-Hernández *et al.*, 2014). Por otra parte, los resultados obtenidos en el presente trabajo no coinciden con los observados por Car-

mona-Hernández *et al.* (2014) quienes no detectaron la presencia de cumarinas en extractos etanólicos de hojas de *P. auritum*, aunque observaron estos compuestos en otras especies como *P. hispidium*, *P. nudum*, *P. psilorhachis*, *P. umbellatum*.

La presencia de terpenoides y flavonoides en los extractos evaluados pueden indicar un uso potencial de éstos en diferentes patologías, debido a las propiedades antioxidantes, antidiabéticas, anticancerígenas, antisépticas y antiinflamatorias referidas a dichos compuestos (Craft *et al.*, 2012). La capacidad antioxidante de los flavonoides y los terpenoides sugiere el uso de *Piper auritum* como planta con potencialidades para el tratamiento de patologías asociadas con el estrés oxidativo, como la aterosclerosis, la trombosis, las enfermedades neurodegenerativas, la *Diabetes mellitus*, el cáncer, las enfermedades coronarias, entre otras (Ugusman *et al.*, 2012; Zubair *et al.*, 2013). Las propiedades antioxidantes de los flavonoides fueron asociadas con la capacidad para eliminar las especies reactivas del oxígeno, así como con la acción quelatante de metales de transición como el cobre y el hierro; los cuales, en presencia de peróxido de hidrógeno, pueden generar otros radicales más potentes que afectan el funcionamiento de numerosas macromoléculas esenciales y estructuras celulares (Alam *et al.*, 2012).

La presencia de cantidades notables de glucósidos cardiotónicos en los extractos de *P. auritum*, específicamente en las raíces, sugiere un uso de esta especie como fuente de estas sustancias que tienen diversas actividades farmacológicas en especial como citostáticos (Mijatovic *et al.*, 2012; Calderon-Montano *et al.*, 2013). De manera similar, las cumarinas y sus derivados bioactivos también son compuestos que presentan diversas propiedades farmacológicas y constituyen esqueletos carbonados de los cuales se pueden sintetizar nuevos fármacos. Estos metabolitos poseen diferentes principios bioactivos como actividad antioxidante, anticancerígena, antiinflamatoria, bacteriostática y anticoagulante, por lo cual se asocian con efectos beneficiosos como la reducción al riesgo de padecer diferentes patologías como el cáncer, la diabetes, trastornos cardiovasculares y cerebrales (Al-Majedy *et al.*, 2017). Nitiema *et al.* (2012) evaluaron el efecto antibacteriano de cumarinas contra diferentes microorganismos y observaron un efecto inhibitorio contra *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*.

La presencia de carbohidratos solubles en extractos etanólicos fue observada con anterioridad en otras piperáceas como *Piper nigrum* y *Piper umbellatum* (Kumar *et al.*, 2014; Nwauzoma *et al.*, 2013). De manera similar, la presencia abundante de proteínas solubles en hojas de *Piper auritum* también fue referida dentro del género por Nwauzoma *et al.* (2013).

Los contenidos de polifenoles en las hojas de *P. auritum*, sugieren un uso potencial de esta especie en el tratamiento de patologías asociadas al estrés oxidativo en humanos y animales, ya que estos compuestos mostraron una correlación fuerte con la actividad antioxidante (Keerthana *et al.*, 2014; Mesa-Vanegas *et al.*, 2015). Además, la presencia de estos metabolitos secundarios de naturaleza antioxidante, justifica las propiedades antiinflamatorias atribuidas a las hojas de *Piper auritum* (Pérez *et al.*, 2012).

Los compuestos polifenólicos tienen funciones importantes en la reducción de las especies reactivas del oxígeno (Chahar y Sharma, 2017). Estos radicales atacan y modifi-

can un rango amplio de macromoléculas que tienen funciones vitales a nivel celular como las enzimas, los ácidos nucleicos y los lípidos de membranas. Esto provoca cambios en las propiedades biológicas de estos compuestos y su mal funcionamiento a nivel celular, lo cual puede exacerbar el desarrollo de patologías como el cáncer, las enfermedades neurodegenerativas, los procesos inflamatorios, las enfermedades cardiovasculares, entre otras (Mohammed y Abbas, 2016; Jun *et al.*, 2016).

De manera general, los metabolitos secundarios encontrados en extractos de hojas y raíces de *Piper auritum*, muestran un uso potencial en la medicina humana, animal y en el sector agropecuario, lo cual se atribuye a que la mayoría de los componentes identificados fueron referidos como agentes terapéuticos o para el control de plagas y enfermedades en plantas y animales.

Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana encontrada en los extractos de hojas y raíces de *P. auritum*, puede estar relacionada con la presencia de determinados metabolitos secundarios identificados en las pruebas bioquímicas, como los flavonoides, los terpenos y los taninos, a los cuales se les atribuyó actividades antimicrobianas (Reena *et al.*, 2012).

En estudios realizados por Rojas *et al.* (2014) se observó una actividad antibacteriana contra *Pectobacterium carotovorum*, la cual fue asociada con la presencia de mono-terpenos, los que pueden provocar daños estructurales y funcionales a las membranas lipídicas. Estos metabolitos interactúan con proteínas de membrana e inducen cambios en la polaridad de esta estructura, lo que provoca la liberación de material intracelular de las bacterias (Hyldgaard *et al.*, 2012; Rajendran *et al.*, 2014).

Los taninos pueden reaccionar con proteínas ricas en prolina para formar complejos irreversibles que provocan la inhibición de la síntesis de proteínas, de ahí que estos compuestos posean actividad antibacteriana. Las plantas que presentan taninos como componente astringente principal, se utilizan para el tratamiento de desórdenes intestinales como diarreas y disenterías (Vu *et al.*, 2017).

La actividad inhibitoria inferior de los extractos frente a las cepas Gram negativas, pudo estar relacionada con la mayor complejidad que presentan las paredes celulares de estas bacterias Gram negativas en comparación con las Gram positivas. Las primeras poseen, además de la capa de peptidoglicano, una capa de lipopolisacáridos que puede constituir un obstáculo para la entrada de metabolitos secundarios de peso molecular elevado hacia el interior de la célula, los cuales son asociados con la acción antibacteriana (Madigan *et al.*, 2015).

Trabajos similares sobre evaluación de la actividad antibacteriana contra bacterias asociadas con la mastitis, evidenciaron un uso potencial de los extractos vegetales para el control de dicha enfermedad (Toribio *et al.*, 2009; Voigt *et al.*, 2013). A pesar de haber obtenido resultados positivos con relación al efecto antibacteriano de los extractos contra cepas asociadas a mastitis, es importante realizar estudios *in vivo* para determinar la efectividad del producto. En un trabajo similar realizado por Leal (2014) con extractos de diferentes especies vegetales para el control de la mastitis, se observó un efecto bac-

tericida frente a *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* y *Escherichia coli*; sin embargo, cuando se realizó la aplicación de los biopreparados (extractos vegetales y propilenglicol como vehículo) a los animales afectados con mastitis, los resultados obtenidos por estos autores no fueron los esperados y se observaron reacciones adversas.

Los ensayos antibacterianos realizados en la presente investigación demuestran el uso potencial de *Piper auritum*, como fuente de agentes terapéuticos naturales para combatir infecciones de origen bacteriano. Las propiedades antibacterianas de los extractos de hojas de *Piper auritum* contra cepas bacterianas salvajes aisladas de vaca con mastitis, indican la posibilidad de utilizar estos extractos para el control y prevención de esta enfermedad común en el ganado bovino, aunque se requieren de ensayos posteriores *in vivo*.

Conclusiones

Se observó la presencia de flavonoides, terpenos, taninos, cumarinas y glucósidos cardiotónicos en los extractos acuosos y etanólicos de hojas y raíces de *Piper auritum*, los cuales son de interés en la industria farmacéutica y agropecuaria. Se cuantificó una concentración elevada de compuestos polifenólicos solubles en las hojas de *P. auritum*, que puede justificar el efecto antiinflamatorio referido para esta especie.

La actividad antibacteriana de los extractos etanólicos de hojas de *Piper auritum* frente a bacterias de referencia internacional y cepas patógenas asociadas a mastitis, sugieren un uso potencial de esta planta para el tratamiento de esta enfermedad en el ganado vacuno.

Literatura citada

- Alam, N.; Hossain, M.; Mottalib, M.A.; Suliman, S.A.; Gan, S.H. and Khalil, I. (2012). Methanolic extracts of *Withania somnifera* leaves, fruits and roots possessantioxidant properties and antibacterial activities. *Complementary and Alternative Medicine* 12(175): 2-8.
- Al-Majedy, Y.; Al-Amiery, A.; Kadhum, A.A.; and Mohamad, A.B. (2017). Antioxidant Activity of Coumarins. *Sys Rev Pharm.* 8(1): 24-30.
- Calderon-Montano, J.M.; Burgos-Moron, E. and Lopez-Lazaro, M. (2013). The *in vivo* antitumor activity of cardiac glycosides in mice xenografted with human cancer cells is probably an experimental artifact. *Webmed Central Cancer* 4(7): 1-12.
- Carmona-Hernández, O.; Fernández, M.; Palmeros-Sánchez, B.; y Lozada, J.A. (2014). Actividad insecticida de extractos etanólicos foliares de nueve piperáceas (*Piper* spp.) en *Drosophila melanogaster*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* 30: 67-73. <http://www.redalyc.org/html/370/37033725008/> (Consulta: el 7 de enero de 2017).
- Chahar, S. and Sharma, J. (2017). Phytochemical screening, total flavonoid and phenolic content assays and antioxidant activity of *Momordica charantia* L. leaves. *Asian Journal of Pharmaceutical Education and Research* 6(3): 60-69.
- Chigodi, M.O.; Samoei, D.K. and Muthangya, M. (2013). Phytochemical screening of *Agavesisalana* Perrine leaves (waste). *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* 4(4): 200-204.
- Chinwendu, S.; Ejike, E.N.; Ejike, B.U.; Oti, W. and Nwachukwu, I. (2016). Phytochemical properties of Uziza leaf (*Piper guineense*). *European Journal of Pure and Applied Chemistry* 3(2): 12-15.
- Chrinus, H.; Yebpella, G.G.; Shallangwa, G.A.; Magomya, A.M. and Agbaji, A.S. (2011). Phytochemical and antimicrobial screening of methanol and aqueous extracts of *Agave sisalana*. *Acta Poloniae Pharmaceutica and Drug Research* 68(4): 535-539.

- Craft, B.D.; Adrian, L.K.; Ryszard, A. and Ronald, B.P. (2012). Phenol-Based Antioxidants and the In Vitro Methods Used for Their Assessment. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11(2): 148-173.
- Dubois, M.K.; Gilles, A.; Hamilton, J.K.; Rebers, P.A. and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substance. *Anal Chem.* 28(3): 350-356.
- Farhan, A.M.U.; Lee, P.C.; How, S.E. and Jualang, A.G. (2013). Antibacterial activities of *Agave angustifolia* and *Pittosporum ferrugineum*. *Environmental Microbiology and Toxicology* 1(1): 15-17.
- Ganesh, P.; Kumar, R.S. and Saranraj, P. (2014). Phytochemical analysis and antibacterial activity of Pepper (*Piper nigrum* L.) against some human pathogens. *Central European Journal of Experimental Biology* 3(2): 36-41.
- Hyldgaard, M.; Mygind, T. and Meyer, R.L. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front Microbiol.* 3: (12): 1-24.
- Jun, Y.; Jian-Guo, W.; Yan-Bin, W. and Wei, P. (2016). Antioxidant and Anti-proliferative Activities of Flavonoids from *Bidens pilosa* L var radiata Sch Bip. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 15(2): 341-348.
- Keerthana, K.; Deepa, A.; Shobana, G.; Jothi, G. and Sridharan, G. (2014). Preliminary phytochemical screening and in vitro antioxidant potential of *Euphorbia heterophylla* L. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 6(8): 550-553.
- Kumar, S.P.; Rahul, B.; Sumit, V. and Rashmi, A. (2014). Phytochemical investigation of ethanolic extract of *Piper nigrum*, *Zingiber officinale* and *Allium sativum* and spectrophotometric detection of piperine, gingerol and allicin. *International Research Journal of Pharmacy* 5(11): 814-816. ISSN 2230-8407.
- Leal, M. (2014). Eficacia antibacteriana de extractos de plantas: aplicación clínica en mastitis bovina. *Rev. U.D.CA Act. & Div. Cient.* 17(1): 179-187.
- Lowry, O.H.; Rosebrough, N.J.; Farr, A.L. and Randall, R. (1951). Protein measurement the Folinphenol reagent. *J. Biol Chem.* 193(1): 265-275.
- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Bender, K.S.; Buckley, A. and Stahl, D.A. (2015). *Brock Biology of Microorganism*. Pearson Education. 14th Ed. USA. P. 41-48.
- Maxia, A.; Lancioni, C.; Mura, L. y Mongiano, P.D. (2005). Plantas usadas en la práctica etnoveterinaria en el Nuorese (Cerdeña, Italia). *Revista de Fitoterapia* 5(2): 155-161.
- Mesa-Vanegas, A.M.; Zapata-Urbe, S.; Arana, L.M.; Zapata, I.C.; Monsalve, Z. y Rojano, B. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratum conyzoides* L. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat.* 14(1): 1-10.
- Mijatovic, T.; Dufrasne, F. and Kiss, R. (2012). Cardiotonic steroids-mediated targeting of the Na⁽⁺⁾ / K⁽⁺⁾ - ATPase to combat chemoresistant cancers. *Curr. Med. Chem.* 19(5): 627-646.
- Miller, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31(3): 426-428.
- MINSAP (Ministerio de Salud Pública de Cuba). (1997). *Guía metodológica para la investigación en plantas medicinales*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Mohammed, M.T. y Abbas, S.I. (2016). Antioxidant and Anti-Inflammatory Effect of Fruit Juice of *Annona muricata* L (Soursop) During Ischemia Reperfusion Injury in Rats. *The Iraqi Postgraduate Medical Journal* 15(1): 118-123.
- Mohammed, M.; Musa, A.M.; Adeiza, A.A.; Musa, S. H. and Lande, L. (2013). Bioactive Caffeic Glycoside Ester and Antimicrobial Activity of Various Extracts from the Leaf of *Stachytarpheta angustifolia* Mill Vahl (Verbenaceae). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2(3): 77-85.
- Nitiema, L.W.; Savadogo, A.; Simpore, J.; Dianou, D and Traore, A.S. (2012). In vitro Antimicrobial Activity of Some Phenolic Compounds (Coumarin and Quercetin) Against Gastroenteritis Bacterial Strains. *International Journal of Microbiological Research* 3(3): 183-187.
- Nwauzoma, A.; Dawari, B. y Songo, D.L. (2013). Study on the phytochemical properties and proximate analysis of *Piper umbellatum* (Linn) from Nigeria. *American Journal of Research Communication.* 1(7): 164-177.

- Parekh, J. and Chanda, S. (2006). Antibacterial and phytochemical studies on twelve species of Indian medicinal plants. *African Journal of Biomedical Research* 10: 175-181.
- Pérez, C.; Paul, M. and Bazerque, P. (1990). An antibiotic assay by the agar well diffusion method. *Acta Bio. Med. Exp.* 15: 113- 115.
- Pérez-Ruiz, K.M.; Romero-Ávila, M.; Tinajero-Delgado, V.; Flores-Alamo, M. and Iglesias-Arteaga, M.A. (2012). "BF₃.Et₂O-induced stereo selective aldol reaction with benzaldehyde, and steroid saponin and its application to a convenient synthesis of dinorcholanic lactones". *Steroids*. 77(7): 819-828.
- Quiñones, J.; Sosa, D.; Demey, J.R.; Alemán, S.; Sosa, M.; Parra, D.; Móvil, O.; Trujillo, R.; Capdesuñer, Y.; Quirós, Y.; Hernández, M. and Infante, D. (2015). Caracterización bioquímica de hojas de clones de *Theobroma cacao* y su relación con los tricomas. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 17(2): 33-43.
- Rajendran, M.P.; Pallaiyan, B.B. and Selvaraj, N. (2014). Chemical composition, antibacterial and antioxidant profile of essential oil from *Murraya koenigii* (L.) leaves. *AJP* 4(21): 200-214.
- Reena, J.; Nidhi, K.; Vijay, K.; Amit, K.S.; Swati, G. and Shrotri, C.K. (2012). *In Vitro* Antibacterial Potential of Different Extracts of *Tagetes erecta* and *Tagetes patula*. *J. Natural Sci. Res.* 2(5): 84-90.
- Rojas, M.M.; Corzo, M.; Sánchez, Y.; Brito, D.; Montes de Ocall; R., Martínez, Y. and Pino, O. (2014). Actividad antibacteriana de aceites esenciales sobre *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum*. *Rev. Protección Veg.* 29(3): 197-203.
- Saputra, A.; Andayani, S. and Nursyam, H. (2016). Total Quantity of Phenol and Isolation Methanol Tannin Extract of Red Betel Leaf (*Piper crocatum*). *International Journal of Pharm Tech Research* 9(7): 146-153.
- Sigarroa, A. (1985). *Biometría y Diseño Experimental*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 743 p.
- Silva, R.J.F.; De Aguiar-Dias, A.C.A.; Do Faial, K. and De Mendonc, M.S. (2017). Morphoanatomical and physicochemical profile of *Piper callosum*: valuable assessment for its quality control. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 27(1): 20-33.
- Tamilselvan, N.; Thirumalai, T.; Shamala, P. and David, E. (2014). A review on some poisonous plants and their medicinal values. *Journal of Acute Disease* 10: 85-89.
- Torbio, M.S.; Oriani, S.D.; Toso, R.E.; Tortone, C.A. and Fernández, J.G. (2009). *Staphylococcus aureus* sensible a extractos metanólicos obtenidos de plantas nativas de la provincia de la Palma, Argentina. *Ciencia Veterinaria* 11(1): 74-18.
- Ugusman, A.; Zakaria, Z.; Hui, Ch.K.; Nordin, A.M.M. and Mahdy, Z.A. (2012). Flavonoids of *Piper sarmentosum* and its cytoprotective effects against oxidative stress. *EXCLI Journal*. 11:705-714. http://www.excli.de/vol11/Zakaria11_2012/Zakaria_09112012_proof.pdf (Consultada el 18 de diciembre de 2017).
- Voigt, F.; Damé, L.F.; Lambrecht, C.; Faccin, A.; Bender, D.; Bohm, B.C. y Ferreira, L. (2013). Actividad antibacteriana de los extractos de *Syzygium cumini* (L.) Skeels (jambolán) frente a los microorganismos asociados a la mastitis bovina. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 18(3): 495-501.
- Vu T.T.; Kim H.; Tran, V.K.; Vu, H.D.; Hoang, T.X.; Han, J.W.; Choi, Y.H.; Jang, K.S.; Choi, J.G. and Kim, J.Ch. (2017). Antibacterial activity of Tannins isolated from *Sapium baccatum* extract and use for control of tomato bacterial wilt. *PLoS ONE* 12(7): 1-12.
- Zubair, S.M.; Rasool, N.; Mansha, A.; Anjum, F.; Munawar, I.; Muhammad, M. and Muhammad, S. (2013). Antioxidant, antibacterial, antifungal activities and phytochemical analysis of dagger (*Yucca aloifolia*) leaves extracts. *Journal of Medicinal Plants Research* 7(6): 243-249.

Recibido 18 de enero de 2018

Envío a arbitraje: 24 de enero de 2018

Dictamen: 22 junio de 2018

Aceptado: 22 julio de 2018



Título: *Piper Auritum* Kunth

Autora: Marisol Herrera Sosa

Técnica Acuarelas

Dimensiones: 12.5 cm x 17.5 cm