

Análisis de crecimiento del
pasto Cuba OM-22
(*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*)
en el trópico seco

pág. 17

Año 12 • Volumen 12 • Número 8 • agosto, 2019

Análisis de crecimiento del pasto Toledo <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster en clima cálido subhúmedo	3
Rendimiento de trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i> L.) a diferente edad de cosecha	11
Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos en el rendimiento de avena forrajera	23
Rendimiento y características organolépticas del queso fresco elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol	29
Comportamiento productivo e indicadores de bienestar en pollos de engorda en pastoreo	35
Modelación del crecimiento de pollos de engorda criados en pastoreo o confinamiento	41

y más artículos de interés...

CONTENIDO

3	Growth analysis of Toledo grass <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. Ex A. Rich.) R.D. Webster in sub-humid warm climate / Análisis de crecimiento del pasto Toledo <i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster en clima cálido subhúmedo
11	Red clever yield (<i>Trifolium pratense</i> L.) at different haverst age / Rendimiento de trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i> L.) a diferente edad de cosecha
17	Growth analysis of Cuba grass OM-22 (<i>Pennisetum purpureum</i> × <i>Pennisetum glaucum</i>) in the dry tropics / Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (<i>Pennisetum purpureum</i> × <i>Pennisetum glaucum</i>) en el trópico seco
23	Effect of inoculation with mycorrhizal fungi on forage oat yield / Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos en el rendimiento de avena forrajera
29	Fresh cheese yield and organoleptic characteristics made with positive milk to alcohol test / Rendimiento y características organolépticas del queso fresco elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol
35	Productive performance and welfare indicators in pastured broiler chickens / Comportamiento productivo e indicadores de bienestar en pollos de engorda en pastoreo
41	Growth modeling of pasture or confinement-raised broiler chickens / Modelación del crecimiento de pollos de engorda criados en pastoreo o confinamiento
47	Guinea grass (<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) growth in response to chemical fertilization in warm humid climate / Crecimiento de pasto Guinea (<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) en respuesta a fertilización química en clima cálido húmedo
53	Lupino (<i>Lupinus angustifolius</i> L.): A protein alternative for animal and human consumption in Mexico / Lupino (<i>Lupinus angustifolius</i> L.): Una alternativa de proteína para consumo animal y humano en México
59	Productivity and morphological traits of forage corn hybrids / Productividad y caracteres morfológicos de híbridos de maíz forrajero
67	Distributional analysis of the stingless bee <i>Scaptotrigona mexicana</i> (Apidae: Meliponini) in Mexico: Baseline information for Veracruz / Análisis distribucional de la abeja sin aguijón <i>Scaptotrigona mexicana</i> (Apidae: Meliponini) en México: Información de referencia para Veracruz
73	"CAERI 1" and "CAERI 2", New clones of cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L.) / "CAERI 1" y "CAERI 2", Nuevos clones de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)
79	Evaluation of the development of pullets araucanas (<i>Gallus inauris</i> Castelló) and marans (<i>Gallus gallus domesticus</i> L.) / Evaluación del desarrollo de pollitas araucanas (<i>Gallus inauris</i> Castelló) y marans (<i>Gallus gallus domesticus</i> L.)

Comité Científico

Dr. Giuseppe Colla
University of Tuscia, Italia
ORCID: 0000-0002-3399-3622

Dra. Magaly Sánchez de Chial
Universidad de Panamá, Panamá
ORCID: 0000-0002-6393-9299

Dra. Maritza Escalona
Universidad de Ciego de Ávila, Cuba
ORCID: 0000-0002-8755-6356

Dr. Kazuo Watanabe
Universidad de Tsukuba, Japón
ORCID: 0000-0003-4350-0139

Dra. Ryoko Machida Hirano
Organización Nacional de Investigación en Agricultura y Alimentación (NARO-Japón)
ORCID: 0000-0002-7978-0235

Dr. Ignacio de los Ríos Carmenado
Universidad Politécnica de Madrid, España
ORCID: 0000-0003-2015-8983

Dra. María de Lourdes Arévalo Galarza
Colegio de Postgraduados, México
ORCID: 0000-0003-1474-2200

Dra. Libia Iris Trejo Téllez
Colegio de Postgraduados, México
ORCID: 0000-0001-8496-2095

Comité Editorial

Dr. Rafael Rodríguez Montessoro[†] — Director Fundador
Dr. Jorge Cadena Iñiguez
Dr. Fernando Carlos Gómez Merino
Dr. Ángel Bravo Vinaja — Curador de metadatos
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval
M.C. María Isabel Iñiguez Luna
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias
Lic. Hannah Infante Lagarda
Biol. Valeria J. Gama Ríos
Téc. Mario Alejandro Rojas Sánchez

Directrices para Autores/as

Naturaleza de los trabajos: Las contribuciones que se reciban para su eventual publicación deben ser resultados originales derivados de un trabajo académico de alto nivel sobre los tópicos presentados en la sección de temática y alcance de la revista.

Extensión y formato: Los artículos deberán estar escritos en procesador de textos, con una extensión de 15 cuartillas, tamaño carta con márgenes de 2.5 centímetros, Arial de 12 puntos, interlineado doble, sin espacio entre párrafos. Las páginas deberán estar foliadas desde la primera hasta la última en el margen inferior derecho. La extensión total incluye abordaje textual, bibliografía, gráficas, figuras, imágenes y todo material adicional. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las secciones principales del artículo deberán escribirse en mayúsculas, negritas y alineadas a la izquierda. Los subtítulos de las secciones se escribirán con mayúsculas sólo la primera letra, negritas y alineadas a la izquierda.

Exclusividad: Los trabajos enviados a Agro Productividad deberán ser inéditos y sus autores se comprometen a no someterlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones; por lo que es necesario adjuntar este documento: Carta de originalidad.

Frecuencia de publicación: Cuando un autor ha publicado en la revista como autor principal o de correspondencia, deberá esperar tres números de ésta para publicar nuevamente como autor principal o de correspondencia.

Idiomas de publicación: Se recibirán textos en español con títulos, resúmenes y palabras clave en español e inglés.

ID Autores: El nombre de los autores se escribirán comenzando con el apellido o apellidos unidos por guion, sólo las iniciales del nombre, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Es indispensable que todos y cada uno de los autores proporcionen su número de identificador normalizado ORCID, para mayor información ingresar a (<https://orcid.org>).

Institución de adscripción: Es indispensable señalar la institución de adscripción y país de todos y cada uno de los autores, indicando exclusivamente la institución de primer nivel, sin recurrir al uso de siglas o acrónimos. Se sugiere recurrir al uso de la herramienta wayta (<http://wayta.scielo.org/>) de Scielo para evitar el uso incorrecto de nombres de instituciones.



Año 12, Volumen 12, número 8, agosto 2019, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Tezcoco Km. 36.5, Montecillo, Tezcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 30 de agosto de 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Contacto principal

8 Jorge Cadena Iñiguez
Guerrero 9, esquina avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Tezcoco, Estado de México.
✉ agroproductividadeditor@gmail.com

Contacto de soporte

8 Soporte
☎ 01(595) 928 4703
✉ agroproductividadesoporte@gmail.com

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Anonimato en la identidad de los autores: Los artículos no deberán incluir en ni en cuerpo del artículo, ni en las notas a pie de página ninguna información que revele su identidad, esto con el fin de asegurar una evaluación anónima por parte de los pares académicos que realizarán el dictamen. Si es preciso, dicha información podrá agregarse una vez que se acredite el proceso de revisión por pares.

Estructura de los artículos: Los artículos incluirán los siguientes elementos: Título, title, autores y adscripción, abstract, keywords, resumen, palabras clave, introducción, objetivos, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones y literatura citada en formato APA.

Título: Debe ser breve y reflejar claramente el contenido, deberá estar escrito en español e inglés. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en itálicas. No deberá contener abreviaturas ni exceder de 20 palabras, se usará solo letras mayúsculas, en negritas, centrado y no llevará punto final.

Resumen y Abstract: Deberá integrarse un resumen en inglés y español (siguiendo ese orden), de máximo 250 palabras, donde se destaque obligatoriamente y en este orden: a) objetivo; b) diseño / metodología / aproximación; c) resultados; d) limitaciones / implicaciones; e) hallazgos/ conclusiones. El resumen no deberá incluir citas, referencias bibliográficas, gráficas ni figuras.

Palabras clave y Keywords: Se deberá incluir una lista de 3 a 5 palabras clave en español e inglés que permitan identificar el ámbito temático que aborda el artículo.

Introducción: Se asentará con claridad el estado actual del conocimiento sobre el tema investigado, su justificación e importancia, así como los objetivos del trabajo. No deberá ser mayor a dos cuartillas.

Materiales y Métodos: Se especificará cómo se llevó a cabo la investigación, incluyendo el tipo de investigación, diseño experimental (cuando se traten de investigaciones experimentales), equipos, substancias y materiales empleados, métodos, técnicas, procedimientos, así como el análisis estadístico de los datos obtenidos.

Resultados y Discusión: Puede presentarse en una sola sección. En caso de presentarse de forma separada, la discusión debe enfocarse a comentar los resultados (sin repetirlos), en términos de sus características mismas, su congruencia con la hipótesis planteada y sus semejanzas o diferencias con resultados de investigaciones similares previamente realizadas.

Conclusiones: Son la generalización de los resultados obtenidos; deben ser puntuales, claras y concisas, y no deben llevar discusión, haciendo hincapié en los aspectos nuevos e importantes de los resultados obtenidos y que establezcan los parámetros finales de lo observado en el estudio.

Agradecimientos: Son opcionales y tendrán un máximo de tres renglones para expresar agradecimientos a personas e instituciones que hayan contribuido a la realización del trabajo.

Cuadros: Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro. Se recomienda que los cuadros y ecuaciones se preparen con el editor de tablas y ecuaciones del procesador de textos.

Uso de siglas y acrónimos: Para el uso de acrónimos y siglas en el texto, la primera vez que se mencionen, se recomienda escribir el nombre completo al que corresponde y enseguida colocar la sigla entre paréntesis. Ejemplo: Petróleos Mexicanos (Pemex), después sólo Pemex.

Elementos gráficos: Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Las figuras deben numerarse

progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Figura 1. Título), y se colocarán en la parte inferior. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF O RAW. El autor deberá enviar 2 fotografías adicionales para ilustrar la página inicial de su contribución. Las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS).

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas bibliográficas: deberán insertarse en el texto abriendo un paréntesis con el apellido del autor, el año de la publicación y la página, todo separado por comas. Ejemplo (Zheng *et al.*, 2017). El autor puede introducir dos distintos tipos de citas:

Citas directas de menos de 40 palabras: Cuando se transcriben textualmente menos de 40 palabras, la cita se coloca entre comillas y al final se añade entre paréntesis el autor, el año y la página. Ejemplo:

Alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, (DOF, 2013), el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018 establece "Construir un nuevo rostro del campo sustentado en un sector agroalimentario productivo, competitivo, rentable, sustentable y justo que garantice la seguridad alimentaria del país" (DOF, 2013).

Citas indirectas o paráfrasis: Cuando se interpretan o se comentan ideas que son tomadas de otro texto, o bien cuando se expresa el mismo contenido pero con diferente estructura sintáctica. En este caso se debe indicar el apellido del autor y el año de la referencia de donde se toman las ideas. Ejemplo:

Los bajos rendimientos del cacao en México, de acuerdo con Avendaño *et al.* (2011) y Hernández-Gómez *et al.* (2015); se debe principalmente a la edad avanzada de las plantaciones.

Las referencias bibliográficas: al final del artículo deberán indicarse todas y cada una de las fuentes citadas en el cuerpo del texto (incluyendo notas, fuentes de los cuadros, gráficas, mapas, tablas, figuras etcétera). El autor(es) debe revisar cuidadosamente que no haya omisiones ni inconsistencias entre las obras citadas y la bibliografía. Se incluirá en la lista de referencias sólo las obras citadas en el cuerpo y notas del artículo. La bibliografía deberá presentarse estandarizada recurriendo a la norma APA, ordenarse alfabéticamente según los apellidos del autor.

De haber dos obras o más del mismo autor, éstas se listan de manera cronológica iniciando con la más antigua. Obras de un mismo autor y año de publicación se les agregará a, b, c... Por ejemplo:

Ogata N. (2003a).

Ogata N. (2003b).

Artículo de revista:

Wang, P., Zhang, Y., Zhao, L., Mo, B., & Luo, T. (2017). Effect of Gamma Rays on *Sophora davidii* and Detection of DNA Polymorphism through ISSR Marker [Research article]. <https://doi.org/10.1155/2017/8576404>

Libro:

Turner J. (1972). Freedom to build, dweller control of the housing process. New York: Macmillan.

Uso de gestores bibliográficos: Se dará prioridad a los artículos enviados con la bibliografía gestionada electrónicamente, y presentada con la norma APA. Los autores podrán recurrir al uso de cualquier gestor disponible en el mercado (Reference Manager, Crossref o Mendeley entre otros), o de código abierto tal como Refworks o Zotero.

Growth analysis of Toledo grass *Urochloa brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) R.D. Webster in sub-humid warm climate

Análisis de crecimiento del pasto Toledo *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster en clima cálido subhúmedo

Calzada-Marín, Jesús M.¹; Enríquez-Quiroz, Javier F.^{2*}, Ortega-Jiménez, Eusebio³; Hernández-Garay Alfonso^{1,4}; Vaquera-Huerta Humberto¹; Escalante-Estrada, José A.¹; Honorato-Salazar, José A.⁴

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, México. ²Campo Experimental La Posta, INIFAP. Kilómetro 22.5 carretera federal Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México, 94277. ³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. ⁴Campo Experimental San Martinito, INIFAP.

*Autor de correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: Perform a growth analysis of Toledo grass (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) during de rainy season, from sowing to 180 days, to determine the optimum harvesting moment.

Design/methodology/approach: The morphological composition (CM), growth rate (GR), plant height, intercepted radiation (RI), leaf / stem ratio (L:S), leaf / non-leaf (L:NL), and biomass accumulation were evaluated every fifteen days during a 180 days period, except for the first two samples (monthly). Data were analyzed using the GLM procedure of SAS, under an experimental design of randomized blocks, with repeated measures over time, with three replicates.

Results: The CM varied significantly ($P \leq 0.01$) through the different physiological states. The maximum production of aerial biomass ($19.9 \text{ t DM ha}^{-1}$) and GR ($131.9 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$) were reached 150 days after sowing (dap) and that of leaves (3.9 t DM ha^{-1}) was at 135 dap. At this time the RI was 100% and the height of plant was 106 cm.

Limitations on study/implications: Toledo grass should be planted in the rainy season to be used when the canopy reaches a coverage greater than 80%, because the proportion of leaves decreases as the age of the plant progresses.

Findings/conclusions: The highest accumulated total biomass, so it is suggested that the cut be made at 135 days after planting.

Key words: Forage grasses, Toledo grass, growth, biomass production, plant height.

RESUMEN

Objetivo: realizar un análisis de crecimiento del pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) en la época de lluvias, desde la siembra hasta los 180 días, para determinar el momento óptimo de cosecha.

Diseño/metodología/aproximación: Se evaluó la composición morfológica (CM), tasa de crecimiento (TC), altura de planta, radiación interceptada (RI), relación hoja/tallo (H:T), hoja/no hoja (H:NH) y la acumulación de biomasa aérea, a intervalos de quince días, a excepción de los dos primeros muestreos que fueron mensuales. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM de SAS, bajo un diseño experimental de bloques al azar, con medidas repetidas en el tiempo, con tres repeticiones.

Resultados: La CM varió ($P \leq 0.01$) a través de los diferentes estados fisiológicos. La máxima producción de biomasa aérea ($19.9 \text{ t MS ha}^{-1}$) y TC ($131.9 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se alcanzó a los 150 días después de la siembra (dds), y la de hojas (3.9 t MS ha^{-1}) fue a los 135 dds, en este momento la RI fue del 100% y la altura de 106 cm.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El pasto Toledo debe ser sembrado a inicio de la época de lluvias para ser usado cuando la cobertura del suelo sea mayor a 80 %, debido a que la proporción de hojas decrece conforme avanza la edad de la planta.

Hallazgos/conclusiones: La máxima TC coincidió con la mayor biomasa total acumulada a los 135 (dds), por lo que se sugiere realizar el corte en este momento.

Palabras clave: Gramíneas forrajeras, pasto Toledo, crecimiento, producción de biomasa, altura de planta.

El crecimiento de los pastos involucra cuatro procesos primarios: aparición de hojas, aparición de tallos, formación de tallos verdaderos y aparición de raíces (Matthew *et al.*, 2001). El suelo y el clima tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto en su rendimiento. Sin embargo, la disponibilidad de los recursos ambientales está supeditada a factores como tipo de suelo, altitud, vientos y decisiones de manejo agronómico (Valentine y Matthew, 1999). La temperatura y la humedad son los dos factores del clima que más determinan el crecimiento de las plantas a través del año (da Silva y Carvalho, 2005; Radulovich, 2000). Se ha reportado que con poca disponibilidad de humedad y temperaturas bajas; la tasa de crecimiento de los pastos es lenta (Macedo *et al.*, 2012), retardando el momento de la cosecha. Por tal motivo, el análisis de crecimiento vegetal, constituye una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa, determinada por los factores internos de la planta y por el ambiente en que se desarrolla (Rodríguez y Larqué-Saavedra, 1988). La presente investigación se planteó con el objetivo de realizar un análisis de crecimiento del pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) para determinar el momento fisiológico óptimo de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se efectuó en el Sitio Experimental "Papaloapan" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Isla, Veracruz, México, localizado a los $18^\circ 06' \text{ LN}$ y los $95^\circ 31' \text{ LO}$ y altitud de 65 msnm. El clima, de acuerdo con la clasificación climática de

INTRODUCCIÓN

En México, la región tropical comprende 28% del territorio nacional, 56 millones de hectáreas (Calderón *et al.*, 2007). El 75% de dicha superficie se dedica a la ganadería, constituida en un 50% de agostaderos y praderas nativas, 25% de praderas inducidas y el resto son praderas introducidas; sin embargo, el índice de productividad de carne y leche del país es bajo con valores de 35% y 16%, respectivamente (Hernández-Garay *et al.*, 2006). La adopción de diversos cultivares del género *Urochloa*, en algunas regiones de México y en países de Centroamérica, han permitido aumentar la productividad animal de 26% en leche y 5% en carne, por el alto rendimiento y calidad del forraje (Argel, 2006). En México las especies del género *Urochloa* más utilizados son: *U. brizantha* (A. Rich Stapf) CIAT 6780 cv. Insurgente, *U. decumbens* Stapf CIAT 606 cv. Chontalpo y *U. humidicola* (Rendle) Schweick CIAT 679 cv. Chetumal (Enríquez *et al.*, 2011).

El pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) es un cultivar con potencial para ser utilizado en las zonas tropicales de México. Se derivó directamente de la accesión *U. brizantha* CIAT 26110, y se adapta a condiciones de trópico subhúmedo con períodos de sequía de 5 a 6 meses. Se desarrolla bien en suelos ácidos de mediana a buena fertilidad. En la época seca mantiene mayor proporción de hojas verdes y mayor producción de materia seca que el cv. Insurgente, se establece por medio de semilla gámica y también se propaga con material vegetativo. (Argel, 2000; Hare *et al.*, 2009).

El establecimiento de praderas tiene el objetivo de renovar las pasturas existentes o introducir nuevas especies o cultivares a los sistemas de producción. El establecimiento comprende varias etapas, desde la preparación del terreno hasta que la pradera se encuentra lista para ser utilizada, mediante corte o pastoreo (Hampton *et al.*, 1999). El manejo inicial de la nueva pradera es importante para mantener la población de plantas que han emergido y que éstas sean capaces de regenerarse (Hampton *et al.*, 1999).

Köppen, modificada por García (1988), es Aw_o , el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y una precipitación promedio de 1,000 mm, de la cual el 85% ocurre de junio a noviembre, la temperatura media anual es de 25.7 °C. El suelo es acrisol órtico de textura franco arenosa, con pH de 4 a 4.7, pobre en materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio y contenidos medios a altos de fósforo y magnesio (Enríquez-Quiroz y Romero-Mora, 1999).

El experimento se estableció el 22 de julio del 2011 y las evaluaciones se hicieron del 24 de agosto del mismo año al 23 de enero del 2012. Se sembró el pasto en parcelas de 5 m de ancho por 16 m de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con semilla botánica que se colocó en líneas, con separación de 0.50 m, a una densidad de 14 kg ha⁻¹. Se aplicó una dosis de fertilizante de 120-80-00 kg ha⁻¹ de N y P₂O₅, respectivamente; la cual se dividió en dos aplicaciones, a los 43 y 112 días después de la siembra.

Se evaluaron diferentes estadíos de crecimiento a los 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días después de la siembra (dds), mediante muestreos destructivos; en cada estadío se cosecharon, a ras del suelo y al azar, dos transectos de 1 m lineal por parcela. El material cosechado se pesó para obtener el peso fresco total del transecto y se tomó una submuestra del material cosechado, se pesó nuevamente en fresco y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante, para obtener la materia seca producida.

Del material cosechado se tomó otra submuestra de 200 g, se separó en hojas, tallos, inflorescencias y material muerto. Cada submuestra se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante y se pesaron para obtener la proporción de cada componente. Las relaciones hoja/tallo (H:T) y hoja/no hoja (H:NH), se estimaron para cada estadío de crecimiento. La H:T resultó de dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos. Para el caso de la relación hoja/no hoja, la materia seca total de hojas, se dividió entre la sumatoria de la materia seca de tallos, inflorescencias y material muerto. Con los datos de rendimiento de forraje por corte o estadío se calculó la tasa de crecimiento (TC) mediante la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{FC}{t}$$

Dónde:

FC=Forraje cosechado (kg MS ha⁻¹) y

t=Días transcurridos entre corte y fecha de siembra.

Se tomaron cinco lecturas al azar de la radiación interceptada (RI) en las edades de desarrollo en cada parcela con una regla de 1 m, graduada en centímetros, colocándola a nivel de suelo y en posición perpendicular a los surcos. Las lecturas se realizaron a las 12:00 h, con la finalidad de estimar o captar la energía de los rayos solares en posición perpendicular al cultivo. Para ello, se asume que la luz incidente sobre la regla, es la que escapa a la intercepción por el cultivo y la sombra proyectada sobre la regla corresponde a la radiación interceptada por el dosel vegetal (Adams y Arkin, 1977).

Para estimar la cobertura se utilizó un cuadro de 1 m², el cual representa el 100% de la superficie. La superficie ocupada por el forraje, dentro del cuadro, se expresó como la proporción que cubría en dicho cuadro. Se realizaron cinco mediciones por parcela en cada etapa de crecimiento. Al igual, para medir la altura de la pradera, se efectuaron cinco mediciones aleatorias en cada unidad experimental colocando la regla en el suelo y se registró la altura cuando se tuvo el punto de contacto con la hoja más joven (Toledo y Schultze-Kraft, 1982).

Los datos se analizaron por los procedimientos GLM de SAS (2002), para un diseño experimental de bloques al azar con medidas repetidas, con 10 tratamientos (correspondientes a igual número de estadíos de crecimiento) con tres repeticiones y un análisis de regresión para cada variable, con el objetivo de describir la tendencia, a partir de seleccionar el mejor modelo, de acuerdo con el coeficiente de determinación y con el grado de significancia del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación pluvial acumulada durante el periodo de evaluación (julio de 2011 a enero de 2012) fue de 1,434 mm (Figura 1), valor muy cercano al de precipitación pluvial del sitio de colecta del cv. Toledo, que es de 1,710 mm Argel (2000), lo cual indica que no hubo escasez de humedad durante el establecimiento. La temperatura promedio durante el periodo experimental fue de 25.0 °C, ligeramente por debajo de la media anual reportada por Enríquez-Quiroz y Romero-Mora (1999). La temperatura máxima fue mayor a 30 °C, a la cual las gramíneas tropicales tienen altas tasas de crecimiento, y crecen

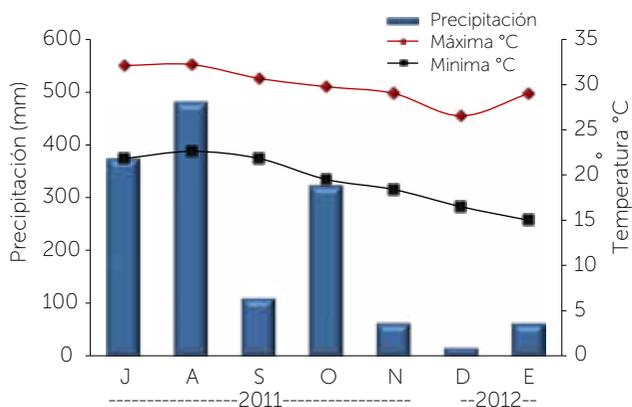


Figura 1. Distribución de la precipitación y temperaturas máxima y mínima, durante el periodo de estudio en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz, México.

menos que a temperaturas de 15 a 17 °C (da Silva *et al.*, 2008); esta última condición ocurrió en los meses de diciembre y enero.

La acumulación de peso seco total del forraje y por componente en el pasto Toledo varió significativamente ($P \leq 0.01$) debido a la edad de rebrote (Figura 2). Los modelos de regresión que mejor se ajustaron fueron polinomios de tercer grado y los coeficientes de determinación fueron con valores de $R^2 > 0.90$, para cada una de las variables estudiadas.

En la curva de crecimiento del pasto Toledo (Figura 2), durante el establecimiento de la pradera, se observa que la biomasa total se incrementó hasta llegar a 19.9 t de MS ha^{-1} a los 150 dds. Posteriormente hubo una disminución de la biomasa. En esta etapa del rebrote también ocurre la mayor producción de biomasa de tallos, mientras que la mayor biomasa de hojas ocurrió a los 135 dds. Esta tendencia también ha sido reportada por Calzadamarín (2014) y Araya y Boschini (2005) en diversos cultivares de pastos de la especie *Pennisetum purpureum*. La disminución de biomasa se debe al incremento

en la senescencia de las hojas. La disminución de la biomasa se presenta cuando la senescencia y la descomposición superan a la producción de hojas (Hodgson 1990; Hernandez *et al.*, 1999). La disminución de la acumulación neta de forraje también ha sido observada en pastos de clima templado, esto sucede cuando las plantas alcanzan el índice de área foliar óptimo, momento en el que se incrementa el sombreado en las capas inferiores del dosel, ocasionando que la senescencia sea mayor al crecimiento de las hojas (Chapman y Lemaire, 1993). La senescencia en hojas se presenta debido a una pérdida gradual en la actividad fotosintética, que conduce a una degeneración y muerte de tejido, no sólo por efecto de la edad, sino también por efecto de las condiciones ambientales y de manejo (Azumí y Watanabe, 1991).

La altura del dosel de la pradera y la intercepción luminosa son dos características de la pradera que se relacionan con la producción de forraje, las cuales son fáciles de medir (da Silva y Nascimento, 2007). En el crecimiento

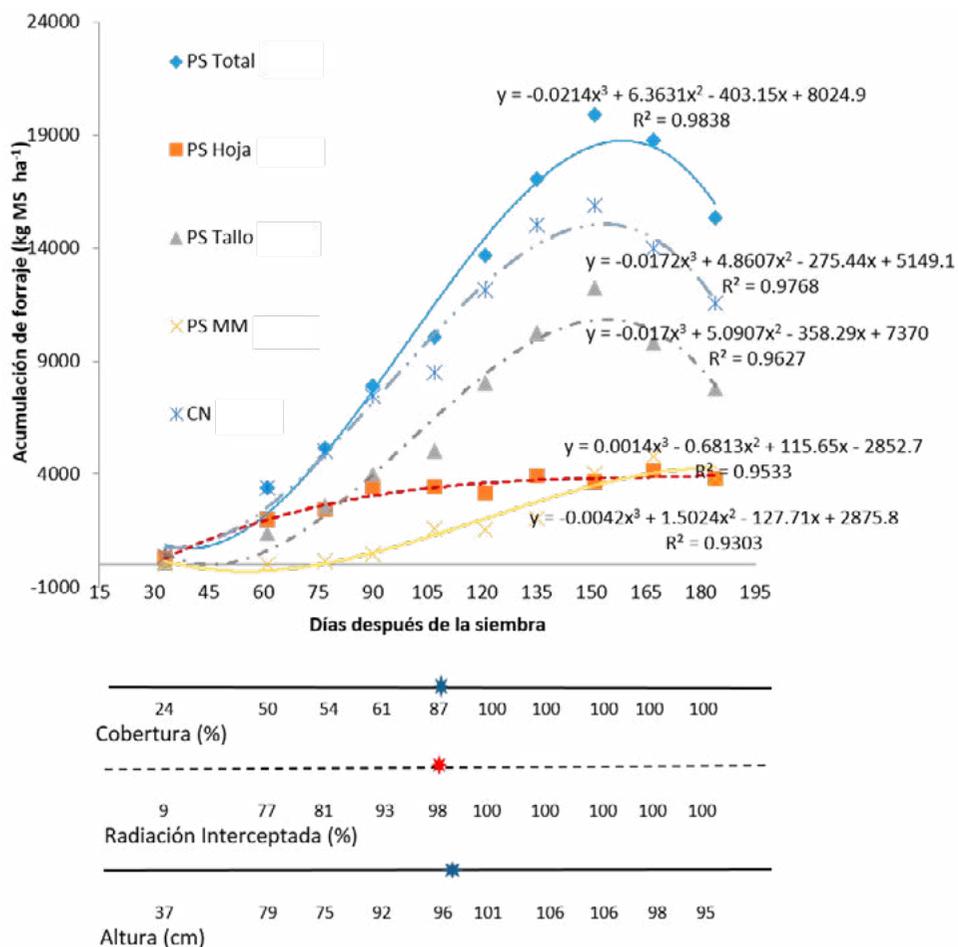


Figura 2. Dinámica de acumulación de forraje total, por componente morfológico, altura de la planta, radiación interceptada y porcentaje de cobertura del pasto Toledo durante el periodo experimental. Peso seco total (PS Total), Peso seco de hoja (PS Hoja), Peso seco de tallo (PS Tallo), Peso seco de material muerto (PS MM), Crecimiento neto (CN).

de pasto Toledo, la pradera tiene la mayor producción de forraje a una altura de 106 cm e intercepción luminosa del 100%.

La tasa de crecimiento del pasto Toledo fue estadísticamente diferente ($P \leq 0.01$) por efecto de la edad del rebrote. El modelo al cual se ajustó la tasa de crecimiento es un polinomio de tercer grado (Figura 3). La tasa de crecimiento se incrementó desde la emergencia de plantas hasta llegar a un máximo de $132 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ a los 150 dds. El crecimiento de las plantas depende de la captación fotosintética de CO_2 y de la síntesis de foto asimilados (Pérez et al., 2004). Dado que las hojas son el principal órgano fotosintético, a medida que la planta acumula más área foliar, se incrementa la capacidad de capturar energía solar y CO_2 , de tal forma que se alcanza la tasa de crecimiento máxima (Ramírez et al., 2010). Además, hay que considerar que altas tasas de crecimientos están relacionadas con mayor cantidad de raíz (Beltrán et al., 2005), y plantas con raíces grandes son más vigorosas. La disminución del crecimiento es por la disminución de la tasa de fotosíntesis neta por unidad de superficie e incremento gradual de la senescencia (Beltrán et al., 2005).

La cantidad y calidad del forraje producido por los pastos están, en gran medida, influenciadas por la morfología de la planta, y es por ello que el desarrollo morfológico de las plantas forrajeras perennes, constituye un factor a considerar en la adopción de prácticas adecuadas en el manejo del potrero (Moore y Hatfield, 1994). Los cambios en la composición morfológica del pasto Toledo se muestran en la Figura 4. A los 30 dds había 71% de hoja y 29% de tallos, al aumentar la edad del rebrote la proporción de hoja disminuyó, aumentó la proporción de tallos y a los 77 dds hubo pérdidas por material muerto, el cual

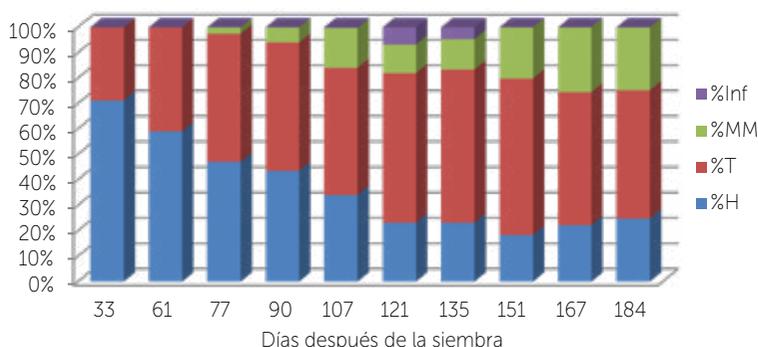


Figura 4. Cambios morfológicos en pasto Toledo en diferentes estadios de crecimiento durante el establecimiento. % de inflorescencias (% Inf), % Material muerto (%MM), % de Tallo (% T), % de Hoja (%H).

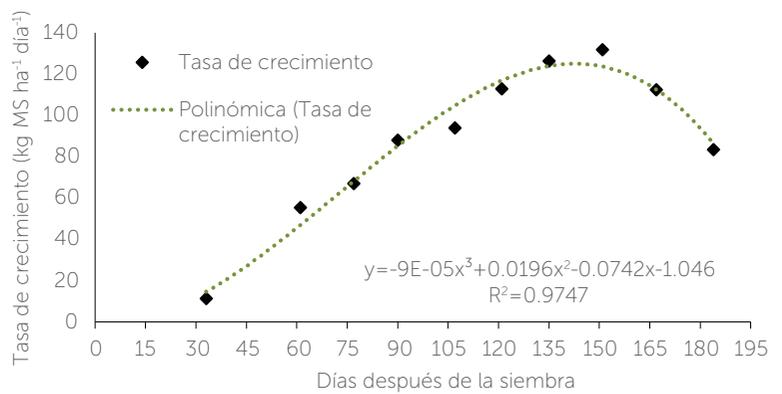


Figura 3. Cambios en la tasa de crecimiento, a través del tiempo, del pasto Toledo durante el establecimiento. Isla, Veracruz, México.

se incrementa con la edad del rebrote, de tal manera que para los 121 dds había 23, 59, 11 y 7% de hoja, tallo, material muerto e inflorescencias. Esto es similar a lo reportado por varios investigadores en especies de clima templado (Velasco et al., 2002) y tropical (Calzada-Marín et al., 2014; Pérez et al., 2004).

La relación H:T y H:NH se ajustó a un modelo potencial. Ambas variables disminuyeron conforme se incrementó la madurez del pasto (Figura 5). Los valores de la relación H:T variaron de 2.57 a 0.32 y para H:NH fue de 2.57 a 0.23. La disminución en el valor de estas variables se debió al incremento de la biomasa de tallos y material muerto (Figura 2), tal como han descrito varios investigadores (Velasco et al., 2002; Calzada-Marín et al., 2014; Pérez et al., 2004).

La morfología y la etapa fisiológica, en la que se encuentra la planta forrajera, al momento de la primera cosecha, es de suma importancia, debido a que de esto dependerá la persistencia y el vigor de rebrotes ulteriores (Pérez et al., 2004). No obstante, el momento de la primera cosecha en el establecimiento de una pradera varía debido a que hay diferentes criterios. Un criterio

es la edad del rebrote. De acuerdo con Argel (2000), dadas las características del vigor de las plántulas del pasto Toledo y crecimiento inicial agresivo se puede hacer el primer pastoreo entre los 3 o 4 meses después de la siembra. Hare et al. (2009) sugieren que sea a 105 dds, como se observa que éste varía mucho debido a que el crecimiento del pasto depende de las condiciones ambientales por lo que es difícil de homogeneizar el criterio para el primer aprovechamiento de la pradera. De acuerdo a los resultados de este estudio, en ninguna de las tres fechas propuestas se alcanza la mayor

producción de forraje (Figura 2) ni la tasa de crecimiento más alta (Figura 3), dado que esto ocurrió entre los 135 y 150 dds. Otro criterio para realizar el corte es la radiación interceptada (da Silva y Hernandez 2010; da Silva y Nascimento (2007). Para el caso de praderas ya establecidas en producción, da Silva y Hernández (2010) argumentan que el punto óptimo para cosechar una gramínea tropical es cuando alcanza el 95% de intercepción luminosa, ya que es cuando se obtiene la mayor aportación de hojas al rendimiento y es por lo tanto, el punto óptimo de crecimiento, es decir que el crecimiento de las hojas se iguala a la senescencia de las mismas, por lo que se evita la acumulación de material muerto al realizar el corte en este momento (Da Silva y Nascimento, 2007). En el presente estudio, donde se evaluó el crecimiento desde la siembra del pasto Toledo, se encontró que la mayor biomasa acumulada total, de hojas y la mayor tasa de crecimiento (Figura 2 y 3) se obtuvieron en la misma fecha, entre los 135 y 150 dds, cuando la RI fue de 100%, y el dosel de la pradera tenía una altura de 106 cm. Al respecto, Bullock *et al.* (1988), indicaron que la hoja y sus rasgos característicos, son importantes en la asimilación del carbono, las relaciones hídricas y el equilibrio energético de la planta y, es por esto, que la velocidad de crecimiento del cultivo, está en relación directa con la cantidad de radiación interceptada por el mismo.

CONCLUSIONES

Debido a la dinámica de crecimiento del pasto Toledo, se recomienda realizar el primer aprovechamiento (corte, pastoreo, henificado) cuando el pasto tiene su mayor tasa de crecimiento y acumulación de biomasa total de hojas, lo cual ocurre cuando la pradera tiene una altura de 106 cm y un índice de RI del 100%, a los 135 dds de edad, aunque ésta puede variar dependiendo de las condiciones ambientales.

LITERATURA CITADA

- Adams J.E., Arkin G.F. (1977). A light interception method for measuring row crop ground cover. *Soil Society of American Journal*. 4(14), 789-792.
- Araya M.M., Boschini F.C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 6(1), 37-43.
- Argel P.J. (2006). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. CIAT. San José Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 14(2), 65-72.

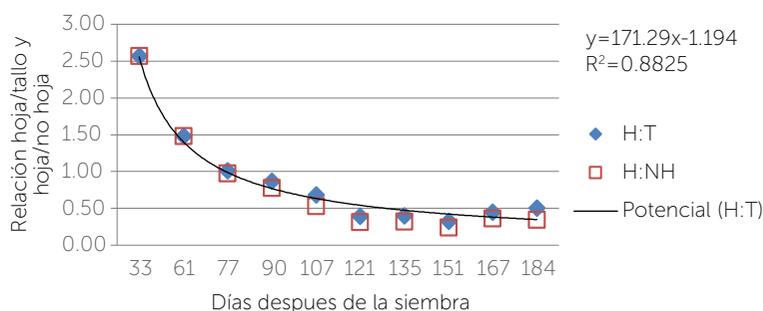


Figura 5. Cambios a través del tiempo en la relación hoja/tallo (H:T) y hoja/no hoja (H:NH) del pasto Toledo, durante el establecimiento. Isla, Veracruz, México.

- Argel P.J. (2000). Pasto Toledo, nuevo cultivar para zonas tropicales de América. *Pasturas Tropicales*. 22(3), 38-39.
- Azumí Y., Watanabe A. (1991). Evidence for a senescence-associated gene induced by darkness. *Plant Physiology*. 95:577-583.
- Beltrán L.S., Hernández G.A., García M.E., Pérez P.J., Kohashi S.J., Herrera H.J.G., Quero C.A.R. y González M.S.S. (2005). Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia*. 39(2),137-147.
- Bullock D.G., Nielsen R.L., Nyquist W.E. (1988). A growth analysis of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*. 28: 254-258.
- Calderón R.R.C., Hernández V.J.O., Olazarán J.S., Ramírez G.J.J.M., Rosete F.J.V., Ríos U.A., Galaviz R.J.R., Vega M.V.E., Castañeda M.O.G., Aguilar B.U., Lagunes L.J. (2007). Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Libro Técnico Num.18. Sitio Experimental Las Margaritas. Campo Experimental La Posta. INIFAP. CIRGOC. Puebla, México.
- Calzada-Marín J.M., Enríquez-Quiroz J.F., Hernández-Garay A., Ortega-Jiménez E., Mendoza-Pedroza S.I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5(2), 247-260.
- Chapman D.F., Lemaire G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. Palmerston, New Zealand. SIR Publ., Wellington, New Zealand. 95-104.
- Da Silva S.C., Carvalho P.C. de F. (2005). Foraging behavior and herbage intake in the favourable tropics/sub-tropics. *In: Proceedings of the XX International Grassland Congress-Grassland a Global Resource*. University College. Dublin, Ireland. 81-95.
- Da Silva S.C., Nascimento Júnior D. (2007). Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36.(suplemento especial): 121-138.
- Da Silva S.C., Hernández G.A. (2010). Manejo del pastoreo en praderas tropicales. *In: Los Forrajes y su Impacto en el Trópico* (pp. 63-95). Velasco ME (ed). UNACH, Chiapas, México.
- Da Silva S.C., Nascimento Júnior D., Batista E.V.P. (2008). Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo. Ed. Viçosa -MG. Viçosa, Brasil.
- Enríquez Q, J. F., Meléndez N. F., Bolaños A. E. D. y Esqueda E.V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. INIFAP. Centro de

- Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental La Posta. Libro Técnico Núm. 28. Veracruz, México.
- Enríquez-Quiroz J.F., y Romero-Mora J. (1999). Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia*. 33(2),141-148.
- García E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 4ª ed. Instituto de Geografía, UNAM; D. F., México.
- Hampton J.G., Kemp P.D., White J.G.H. (1999). Pasture Establishment. *In: White J and Hodgson J [ed.]. New Zealand Pasture and Crop Science* (pp. 101-115). Ed. Oxford University Press. Auckland, New Zealand.
- Hare M.D., Tatsapong P., Phengphet S. (2009). Herbage yield and quality of *Brachiaria* cultivars, *Paspalum atratum* and *Panicum maximum* in north-east Thailand. *Tropical Grasslands*. 43: 65-72.
- Hernández G.A., Matthew C., Hodgson J. (1999). Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*. 54:347-356.
- Hernández-Garay A., Ramírez R.O., Pérez P.J. (2006). Producción y manejo de praderas tropicales. III Simposio Internacional en Producción Animal. Acapulco, Guerrero, México. 54-63 pp.
- Hodgson J. *Grazing Management*. (1990). Science into Practice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.
- Macedo P.J.R., Menezes S.P., Campos M.F., Coelho de A.L., Gomes da C.P. (2012). Dry matter production of Tanzania grass as a function of agrometeorological variables. *Pesq. Agropec. Bras*. 47(4), 471-477.
- Matthew C., Van Loo E.N., Thom E.R., Dawson L.A., Care D.A. (2001). Understanding shot and root development. *In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress. Brazilian Soc. Animal Husbandry. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil*. 19-27 pp.
- Moore K.J., Hatfield R.D. Carbohydrates and Forage Quality. (1994). *In: Fahey GC. (ed.) Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. Madison, Wisconsin, USA. 229-280 pp.
- Pérez A.J.A., García M.E., Enríquez Q.J.F., Quero C.A.R., Pérez P.J., Hernández G.A. (2004). Análisis de Crecimiento, Área Foliar Específica y Concentración de Nitrógeno en hojas de pasto "Mulato" (*Brachiaria híbrido* cv.). *Tec. Pec. México*. 42(3), 447-458.
- Radulovich R. (2000). Sequential cropping as a function of water in a seasonal tropical region. *Agronomy Journal*. (92):860-867.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., Da Silva S.C., Pérez P.J., Souza J.S.J, Castro R.R., Enríquez Q.J.F. (2010). Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12: 303-311.
- Rodríguez Z.C., Larqué-Saavedra A. (1988). Análisis de crecimiento y tasa de uso de agua en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia* 71:401-416.
- SAS. SAS (2002). User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Toledo J. M., Schultze-Kraf R. (1982). Metodología para la evaluación de pastos tropicales. En: Toledo, J. M., ed. *Manual para la Evaluación Agronómica*. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEPT. (pp. 91-110). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Valentine I., Mathew C. (1999). Plant growth, development and yield. *In: White J, Hodgson J. (ed.). New Zealand Pasture and Crop. Science* (pp.11-27). Ed. Oxford University Press. Auckland, New Zealand.
- Velasco Z.M.E., Hernández-Garay A., González-Hernández V.A., Pérez P.J., Vaquera H.H. (2002). Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(1), 97-106.



Red clever yield (*Trifolium pratense* L.) at different haverst age

Rendimiento de trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) a diferente edad de cosecha

Rojas-García, Adelaido R.¹; Mendoza-Pedroza, Sergio I.^{2*}; De Lira-Candelas, Ana L.³; Álvarez-Vázquez, Perpetuo⁴; Maldonado-Peralta, María de los Ángeles¹; González-Cerón, Fernando³; Pro-Martínez, Arturo²; Joaquín-Cancino, Santiago⁵; Luna-Guerrero, Milton J.²

¹Universidad Autónoma de Guerrero Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. C. P. 41940. ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56250. ³Universidad Autónoma Chapingo Departamento de Zootecnia, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ⁴Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales Renovables. Coahuila, México. ⁵Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C. P. 87149.

*Autor para correspondencia: sergiomp@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: The objective of this research was to obtain the optimum cutting moment of the red clover by varying the cutting frequency in the spring season.

Design/methodology/approach: The treatments were cuts at different ages (eight weeks) in the spring season. The variables studied were: forage accumulation, botanical and morphological composition, foliar area per stem and photosynthesis. The statistical analysis of the data obtained was performed with the GLM procedure of the SAS statistical package. The results obtained in yield of dry matter showed an increase as the age of regrowth advanced, in week 8, 5013 kg MS ha⁻¹ total were obtained, resulting in the maximum value registered. There was a direct positive relationship between the mass of green leaves, rate of photosynthesis, leaf area per stem and leaf: stem ratio, with the best values recorded at the fourth week of regrowth. The morphological component that contributes most to forage yield was the stem with an average of 55% in all the weeks except the fourth.

Limitations on study/implications: After the fourth week the unwanted structural characteristics increase.

Findings/conclusions: It is concluded that the yield increases as the evaluation time passes and it is recommended to harvest the red clover in the fourth week of regrowth.

Keywords: red clover, week, yield, spring.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de esta investigación fue obtener el momento óptimo de corte del trébol rojo variando la frecuencia de corte en la estación de primavera.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 8, agosto. 2019, pp: 11-15.

Recibido: febrero, 2019. **Aceptado:** agosto, 2019.

Diseño/metodología/aproximación: Los tratamientos fueron los cortes a diferente edad (ocho semanas) en la estación primavera. Las variables estudiadas fueron: acumulación de forraje, composición botánica y morfológica, área foliar por tallo y fotosíntesis. El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS.

Resultados: Los resultados obtenidos en rendimiento de materia seca mostraron un aumento conforme avanza la edad de rebrote, en la semana 8 se obtuvieron 5,013 kg MS ha⁻¹ total que resulto el máximo valor registrado. Existió una relación positiva directa entre la masa de hojas verdes, tasa de fotosíntesis, área foliar por tallo y relación hoja:tallo, registrándose los mejores valores a la cuarta semana de rebrote. El componente morfológico que más contribuye al rendimiento de forraje fue el tallo con un promedio de 55 % en todas las semanas excepto la cuarta.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Después de la cuarta semana aumentan características estructurales no deseadas.

Hallazgos/conclusiones: Se concluye que el rendimiento se incrementa conforme pasa el tiempo de evaluación y se recomienda cosechar el trébol rojo en la cuarta semana de rebrote.

Palabras clave: trébol rojo, semana, rendimiento, primavera.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la estacionalidad en la producción y calidad del forraje, permiten detectar temporadas de abundancia y escasez, así como la magnitud de éstas. Con el análisis de crecimiento de una especie, se puede determinar el manejo estacional de la defoliación que ayude a maximizar la producción de forraje y la producción animal, con el menor deterioro de las praderas (Hodgson, 1990; Hernández-Garay y Martínez, 1997).

La persistencia y rendimiento de una pradera depende del manejo que se practique, el cual influye en su dinámica de crecimiento, es decir, en los cambios en la población y tamaño de tallos, los cuales están estrechamente relacionado con la tasa de aparición, elongación y vida media de las hojas (Hernández-Garay y Martínez, 1997; Mattew *et al.*, 2001; Rojas *et al.*, 2016).

El uso de leguminosas forrajeras contribuye a la fijación de nitrógeno con las bacterias *Rhizobium* presentes en los nódulos de sus raíces y a un mayor valor alimenticio, tanto desde el punto de vista nutritivo como del consumo voluntario (Rojas *et al.*, 2017). No obstante, el trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) cuenta con escasa información sobre su ciclo de producción en México, a pesar de ser una leguminosa utilizada en los sistemas de producción ganadera.

La variación en la producción de forrajes y su calidad a través del año representa uno de los mayores desafíos tecnológicos de los sistemas ganaderos basados en praderas (Oriella, 2006). Cualquier solución dirigida a aumentar la producción de carne o leche en el periodo de déficit está fuertemente influenciada por el clima, fertilidad del suelo, aspectos económicos y capa-

cidad de gestión. El objetivo de esta investigación fue obtener el momento óptimo de corte del trébol rojo variando la frecuencia de corte en la estación de primavera.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en una pradera de trébol rojo de un año de establecida, ubicada en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, en Texcoco, Estado de México, México, ubicada entre las coordenadas 19° 30' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a una altitud de 2250 msnm. El suelo se analizó en el Laboratorio de Nutrición Vegetal, S.C. y se identificó como suelo franco arenoso, con pH 8.4 y 3.5 % de materia orgánica. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (2004), la fórmula climática de la región es C(W0)(W)b(i)g, que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y época seca en invierno, con poca oscilación térmica, una precipitación media anual de 686 mm y una temperatura media anual de 15.9 °C, siendo mayo el mes más cálido y enero el mes más frío.

Manejo de la parcela

La pradera fue establecida en marzo de 2014. Para el estudio la pradera se dividió en 72 parcelas de 7.2 m² (2*3.6 m). Al inicio del experimento se realizó un corte de uniformización (28 de marzo de 2015), a una altura promedio de 5 cm, con un tractorpodador (John Deere, 540 CC, EEUU). Una semana posterior al corte se inició el muestreo al azar de 9 parcelas obteniendo 1 submuestra de 0.25 m² de cada una de ellas durante ocho semanas consecutivas.

Variables evaluadas

Rendimiento de forraje

Para determinar el rendimiento de

materia seca de forraje después de haber medido las alturas y otras variables, se cortó el forraje que se encontraba dentro de cada cuadro de 0.25 m² (50×50 cm) al azar a nivel del suelo por repetición. El forraje obtenido se depositó en bolsas de papel previamente identificadas, y se sometió a un secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, para que el forraje alcanzara un peso constante y se registró el peso de la materia seca (MS), para determinar el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha⁻¹). El rendimiento estacional se determinó como la suma del forraje cosechado durante dicha estación.

Composición botánica y morfológica

Para determinar la composición botánica, se utilizó el forraje cosechado para el rendimiento de materia seca del trébol y se separó en sus componentes morfológicos: hojas, tallos, material muerto y otros pastos. Cada componente se secó por separado en una estufa de aire forzado (modelo, marca; ciudad, país de origen), a una temperatura de 55 °C durante 72 horas y se determinó su peso seco.

Relación hoja:tallo

Los datos originados a partir de la composición morfológica (hoja y tallo) de las plantas de trébol, sirvieron para estimar la relación hoja:tallo, la cual se calculó dividiendo la cantidad de hoja entre tallo.

Área foliar por tallo

Para estimar el área foliar (AFT), en cada parcela, se cortaron cinco tallos de trébol a ras de suelo y se separaron en tallo y hoja. Inmediatamente después se colocaron las hojas en un integrador de área fo-

liar de escáner (CID, Inc., CI-202, EEUU) del cual se obtuvieron las lecturas de área foliar en cm² y se dividieron entre cinco para obtener el área foliar por tallo.

Fotosíntesis

Se tomaron lecturas con un sistema portátil medidor de fotosíntesis IRGA (Infra Red Gases Analyzer, USA) anteriormente calibrado, tomando 9 hojas por repetición para hacer la medición, permitió interpretar la fotosíntesis en las plantas de trébol. Las lecturas fueron tomadas a las 13:00 pm.

Análisis estadístico

Las frecuencias de defoliación se asignaron al azar siguiendo los principios de un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2011). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta el incremento del rendimiento a medida que aumenta la semana de corte. Se observa una tendencia positiva conforme aumenta la edad de cosecha. El rendimiento se incrementó durante el rebrote con r^2 de 0.98, describiéndolo una ecuación lineal.

Los valores van de 1,545 kg MS ha⁻¹ en la primera semana y hasta 5,013 kg MS ha⁻¹ en la semana 8, siendo el mayor valor registrado en toda la estación y con una producción promedio de 3,139 kg MS ha⁻¹ en la estación. Las diferencias entre semanas de corte fueron significativas, teniendo siempre a tener un crecimiento positivo. El ambiente donde más se adapta el trébol rojo es templado, sin fríos o calores extremos, suelos profundos, fértiles, bien drenados y pH relativamente alto. En estas condiciones puede producir 19 t MS ha⁻¹ año⁻¹ (Andersson et al., 1996). Comparando lo anterior con este trabajo los rendimientos obtenidos fueron altos. Mientras que Montes et al. (2016) reportan un rendimiento en alfalfa a los 49 días de 2,794 kg MS ha⁻¹ en esta estación, en el estado de Oaxaca con un clima templado, comparando lo anterior con este estudio de trébol rojo tuvo una acumulación de 4,257 kg MS ha⁻¹ en la misma edad siendo inferior.

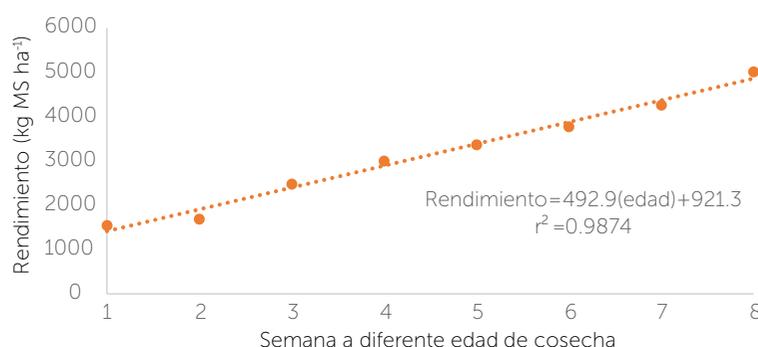


Figura 1. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de trébol rojo cosechado a diferente edad de rebrote.

Composición botánica y morfológica

La composición botánica y morfológica del trébol rojo se presenta en la Figura 2. En la primera semana se obtuvo el mayor porcentaje de tallo con 73 % y fue disminuyendo considerablemente hasta la tercera semana (45 %), ya que a partir de la cuarta semana fue aumentando lentamente hasta la semana 8 (60 %). Por otra parte, la hoja presentó un porcentaje que va de 15 % en la semana 1 hasta 30 % en la semana 8. Por tanto, se recomienda cosechar el trébol rojo en la cuarta semana es donde se presenta la mayor cantidad de hoja (45 %) y es el componente que contiene mejor calidad nutricional.

De acuerdo con Mendoza *et al.* (2010), la mayor distribución en hoja independientemente de la estación del año ocurrió con cortes cada cuatro y tres semanas para alfalfa, coincidiendo con este estudio de trébol rojo.

Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo sirve como referencia en la calidad del forraje. La tendencia que el trébol siguió durante la etapa de estudio se muestra en la Figura 3. Conforme aumentó la edad de rebrote de la semana uno a la cuatro se incrementó la relación hoja:tallo. Los valores van de 0.21 en la semana 1, llegando a un máximo durante la semana 4 de 0.92. Posteriormente tendió a disminuir progresivamente, a un valor de 0.5 para la semana 8. El valor de r^2 es aceptable con 0.79.

En comparación con Zaragoza *et al.* (2009) quienes reportan una relación hoja:tallo para alfalfa con valores promedio de 1.1 a 0.5 en la semana 1 y 8 respectivamente, los de trébol rojo son bajos y solo coincide en la semana 8 con 0.5. Esto en consecuencia indica que en trébol rojo el tallo se presenta en mayor porcentaje. Al evaluar cinco variedades de alfalfa en el altiplano de

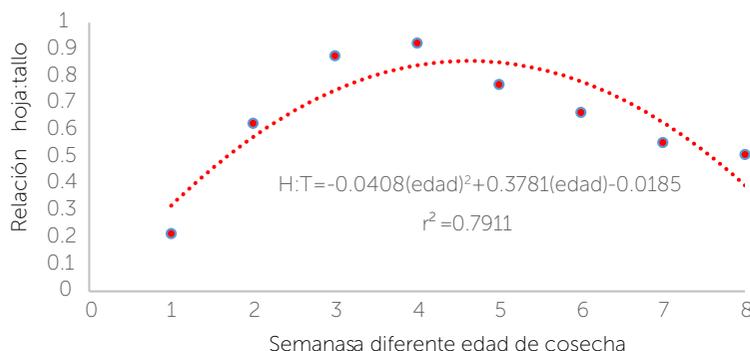


Figura 3. Relación hoja:tallo de trébol rojo cosechado a diferente edad de rebrote.

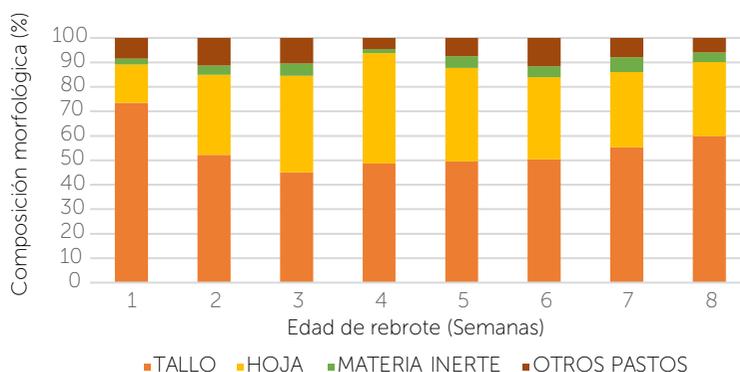


Figura 2. Composición botánica y morfológica (%) de trébol rojo cosechado a diferente edad de rebrote.

México, Rojas *et al.* (2019) encontraron un promedio de relación hoja:tallo a la cuarta semana con 0.94, media similar a lo reportado en esta investigación.

Área foliar por tallo

En la Figura 4 presenta el área foliar (AF) por tallo de trébol rojo, cosechado a diferente edad de rebrote. La mayor AF ($P \leq 0.05$) se observó en la semana 8 con 139 cm^2 y la menor en la semana 2 con 61 cm^2 coincidiendo con el patrón obtenido en altura y rendimiento. Sin embargo, la r^2 de 0.45 obtenida, y lo que se observa en la Figura 7 muestran que el comportamiento en esta variable tuvo muchas diferencias y no un avance constante. En la semana 4 se observó un alza que fue la causante que no siga un crecimiento uniforme, pero esto se puede justificar ya que la semana 4 fue la única con mayor porcentaje de hojas, lo que arrojó un alza en el AF.

De acuerdo con Chapman y Lemaire (1993), la tasa de acumulación neta de forraje es máxima, cuando se alcanza el mayor IAF. A medida que el IAF aumenta, será mayor la cantidad de luz interceptada y más alta la tasa de crecimiento (Horrocks y Vallentine, 1999).

Fotosíntesis

La Figura 5 muestra el comportamiento que siguió la variable de fotosíntesis, encontramos una r^2 de 0.47 un resultado bajo. En general, se observó un incremento progresivo en la tasa de fotosíntesis de la semana uno a la tres, tendiendo a decaer progresivamente conforme aumento la edad de rebrote. La semana donde se registró la mayor fotosíntesis fue la 3 con $46 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, de ahí presentó una caída con $20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en la semana 6 que fue la menor, volvió a subir a 26 y $24 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en las semanas 7 y 8, respectivamente.

Las plantas tienen la capacidad natural de capturar CO₂ ya que este es necesario para cumplir con sus ciclos fisiológicos, por lo que es necesario poner especial énfasis en el estudio de las plantas nativas de la región para encontrar alternativas viables para capturar el CO₂ emitido por la industria y los automóviles y así contribuir a disminuir los efectos de este gas sobre el cambio climático (Hernández et al., 2007).

CONCLUSIONES

La curva de crecimiento de trébol rojo fue variable dependiendo la semana de evaluación. Conforme aumenta la edad del trébol rojo fue cambiando las características estructurales obteniendo un balance entre calidad y cantidad en la cuarta semana de evaluación con el mayor porcentaje de hoja (45) en la estación de primavera. Se recomienda seguir evaluando esta especie en un tiempo mayor y en otras estaciones del año.

LITERATURA CITADA

- Andersson, B., Marum, B. y Dougherty, C. T. (1996). Persistence. In: Red Clover Science. Taylor NL and Queensberry KH (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 119-129 pp.
- Chapman, D. F. and Lemaire, G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia.
- García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4 (Ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Hernández, C. D., Trejo, C. R., Esquivel, A. O., Arreola, A. J. G. y Flores, H. A. (2007). Evaluación de un método para medir fotosíntesis en mezquite (*Prosopis glandulosa*) Unidad Regional Universitaria De Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo Dgo. México.
- Hernández-Garay, A. y Martínez, H. P. A. (1997). Utilización de pasturas tropicales. En: Torres H. G. y Díaz, R. P (Eds.) Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación Produce-Inifap. 8-24 pp.
- Hodgson, J. (1990). Grazing Management. Science into Practice. Longman Scientific and Technical. Essex, England. 203 p.
- Horrocks, R. D. y Vallentine, J. F. (1999). Harvested Forages. Academic Press. Oval Road, London. United States of America. 426 p.
- Matthew, C., Van Loo, E. N., Thom, E. R., Dawson, L. A. and Care, D. A. (2001). Understanding shoot and root development. In: Proc. XIX Internatl. Grassland Congress. Brazilian Soc. Animal Husbandry. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil. 19-27 pp.
- Mendoza, P. S. I., Hernández-Garay, A., Pérez, P. J., Quero, C. A. R., Escalante, E. J. A. S., Zaragoza, R. J. L. y Ramírez, R. O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 1, 287-296.

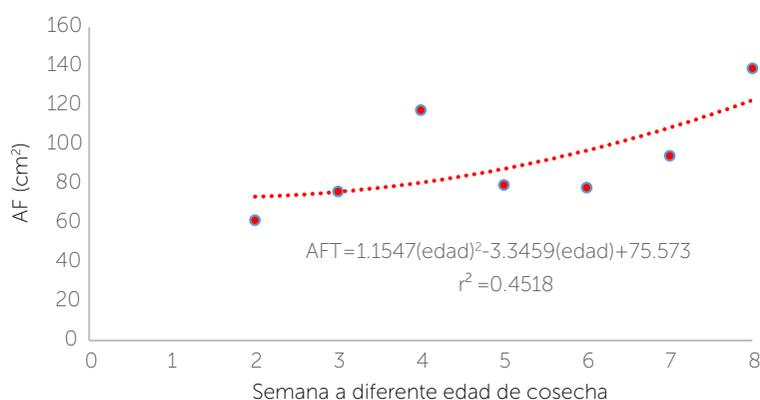


Figura 4. Área foliar (cm²) por tallo de trébol rojo, cosechado a diferente edad de rebrote.

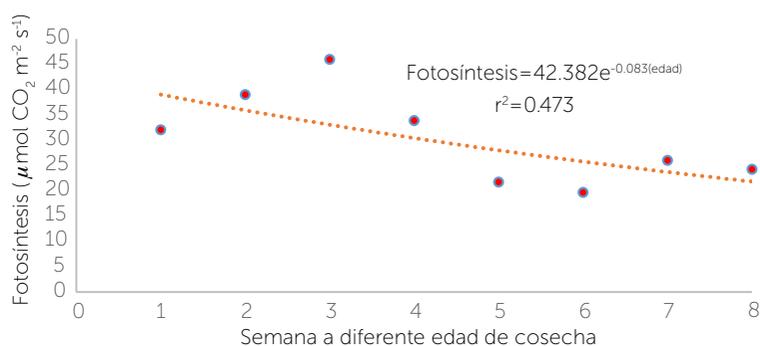


Figura 5. Nivel de fotosíntesis (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) de trébol rojo a diferente edad de rebrote.

- Montes, F. J., Castro, R. R., Aguilar, B. G., Sandoval, T. S. y Solís, O. M. (2016). Acumulación estacional de biomasa área de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa* L.). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 7(4), 539-552.
- Oriella, R. Y. (2006). Estacionalidad en la producción de forrajes. Tierra Adentro, Obtenido de Ganadería y praderas 36-39 pp.
- Rojas, G. A. R., Hernández, G. A., Joaquín, C. S., Maldonado, P. M. A., Mendoza, P. S. I., Álvarez, V. P. y Joaquín, T. B. M. (2016). Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(8), 1855-1866.
- Rojas, G. A. R., Torres, S. N., Joaquín, C. S., Hernández-Garay, A., Maldonado, P. M. A., Sánchez, S. P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Agrociencia, 51, 697-708.
- Rojas, G. A. R., Torres, S. N., Maldonado, P. M. A., Herrera, P. J., Sánchez, S. P., Cruz H. A., Mayren, M. F. J. y Hernández, G. A. (2019). Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 10(1), 239-253.
- SAS. (Statistical Analysis System). (2011). SAS Proceeding Guide, Versión 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.
- Zaragoza, E. J., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., Osnaya, G. F., Martínez, H. P. A., González, M. S. S. y Quero, C. A. L. (2009). Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada de alfalfa-pasto ovollo. Técnica Pecuaria en México, 47(2), 173-188.

Growth analysis of Cuba grass OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) in the dry tropics

Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*) en el trópico seco

Maldonado-Peralta, María de los Á.¹; Rojas-García, Adelaido R.^{1*}; Sánchez-Santillán, Paulino¹; Bottini-Luzardo, María B.¹; Torres-Salado, Nicolás¹; Ventura-Ríos, Joel²; Joaquín-Cancino Santiago³; Luna-Guerrero, Milton J.⁴

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa. Guerrero, México. C. P. 41940. ²Abs Global. 406 Gardner Ave. 10. Twin Falls ID 83301, EEUU. ³Facultad de Ingeniería y Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C. P. 87149. ⁴Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56250.

*Autor para correspondencia: rogarcia@uagro.mx

ABSTRACT

Objective: To analyze a growth curve of the Cuba OM-22 grass (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*), to find the optimum harvest time, in the dry tropics.

Design/methodology/approach: The variables were total yield and by leaf and stem component, height of the plant, intercepted radiation, growth rate, weight per stem, leaf: stem ratio and stem population. They were evaluated at 20 day intervals, over a period of 110 days, with the exception of the first sample that was at 30 days. The data were analyzed using the SAS GLM procedure, under an experimental randomized block design, with measures repeated over time, with three repetitions.

Results: The maximum production of total yield and growth rate was reached at 110 days after cutting with 38,600 kg DM ha⁻¹ and 435 kg DM ha⁻¹ d⁻¹, respectively.

Limitations on study/implications: After 70 days, a greater biomass accumulation of biomass is reported, but with a lower quality of structural characteristics.

Findings/conclusions: The optimal cutting moment of the Cuba OM-22 grass is when it has higher leaf yield in this growth analysis was at 70 days after cutting, reporting a height of 132 cm and intercepted radiation of 95%.

Keywords: performance, height, radiation, structural characteristics.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este ensayo fue analizar una curva de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum*), para encontrar el momento óptimo de cosecha, en el trópico seco.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 8, agosto. 2019, pp: 17-22.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** agosto, 2019.

Diseño/ Metodología/ Aproximación: Las variables fueron rendimiento total y por componente hoja y tallo, altura de la planta, radiación interceptada, tasa de crecimiento, peso por tallo, relación hoja:tallo y población de tallos. Se evaluaron a intervalos de 20 días, en un periodo de 110 días, a excepción del primer muestreo que fue a los 30 días. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS, bajo un diseño experimental de bloques al azar, con medidas repetidas en el tiempo, con tres repeticiones.

Resultados: La máxima producción de rendimiento total y tasa de crecimiento se alcanzó a los 110 días después del corte con 38,600 kg MS ha⁻¹ y 435 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, respectivamente.

Limitaciones del estudio/ implicaciones: Después de los 70 días se reporta mayor acumulación de biomasa, pero con menor calidad de características estructurales.

Hallazgos/ conclusiones: El momento óptimo del corte del pasto Cuba OM-22 es cuando tiene mayor rendimiento de hoja en este análisis de crecimiento fue a los 70 días después del corte reportando una altura de 132 cm y radiación interceptada de 95%.

Palabras clave: rendimiento, altura, radiación, características estructurales.

crecimiento y aumento de densidad poblacional de tallos, hojas anchas, además de que soporta cambios climáticos. Este pasto se generó de la cruce de *Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum* (Martínez et al., 2010; Martínez y González, 2018). Su introducción en los sistemas de producción ganadera en México es reciente, lo que amerita realizar evaluaciones para determinar su adaptación, producción, crecimiento, rebrote, calidad, y ser recomendado a los productores, ya sea para corte o pastoreo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento del pasto Cuba OM-22 para determinar el momento óptimo de corte, en el trópico seco de México.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en las parcelas experimentales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N. 2 Cuajinicuilapa, Guerrero, México, ubicada a 16° 28' 28" LN y 98° 25' 11.27" LO, a 46 m de altitud. La zona tiene un clima Aw que se caracteriza por ser seco tropical según la clasificación del sistema Köppen-Geiger (García, 2004), con lluvias en verano distribuidas principalmente entre los meses de junio a octubre y precipitación promedio de 1129 mm; la temperatura media anual es de 28.4 °C. El suelo con textura arcillo arenosa, pH 4.8 a 5.0, deficiente en materia orgánica. La temperatura máxima se alcanzó en el mes de octubre con 34.6 °C y la mínima en agosto con 17 °C, con un promedio en el periodo de estudio con 25.9 °C y precipitación acumulada fue de 988 mm (Cuadro 1). Los datos climáticos se obtuvieron de la estación agro-meteorológica de CONAGUA ubicada a 1000 metros de las parcelas experimentales.

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de ganado se sustenta en pastoreo de forrajes nativos y algunos introducidos, siendo la fuente principal para la alimentación de rumiantes (Hernández et al., 2018). Debido a las condiciones edafoclimáticas y la irregularidad de las lluvias en el país, en cada región ganadera se desarrollan diferentes especies forrajeras. En las zonas tropicales la producción se caracteriza por ser extensiva, con marcadas épocas de estiaje, donde el rendimiento de la materia seca y el valor nutritivo se reducen drásticamente (Ramírez et al., 2010), modificando la persistencia de las especies y el potencial productivo (Rojas et al., 2018). En las zonas tropicales el factor más importante que limita la producción es la disponibilidad y calidad de los forrajes, aunado a la sequía, canícula y a suelos deficientes (Martín, 1998; Hinojosa et al., 2014).

La familia Poaceae incluye diversas especies de gran importancia en la alimentación de los rumiantes, y comprende alrededor de 10,000 especies y 651 géneros en promedio (Giraldo, 2010). Dentro de esta familia, el género *Pennisetum* incluye especies de porte alto, con potencial forrajero y crecimiento rápido (Cárdenas et al., 2012; Rengsirikul et al., 2013). La productividad de biomasa de estas especies depende de la emisión de hojas y tallos (Calzada et al., 2014), en tanto que la calidad de los forrajes es dependiente del genotipo y del manejo, por lo que es necesario investigar los diferentes cultivares en distintas condiciones de manejo (Araya y Boschini, 2005).

Los híbridos Cuba CT-115, Cuba CT-169, Cuba OM-22 pertenecen al género *Pennisetum*, y se caracterizan por presentar altos rendimiento, digestibilidad de sus componentes y contenido proteico (Martínez et al., 2009). Dentro de ellos, el híbrido Cuba OM-22 se considera un excelente forraje, de rápido

Manejo de las parcelas

En julio de 2016 se establecieron parcelas de 10 m de ancho por 10 m de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con material vegetativo de pasto Cuba OM-22 a partir de tallos adultos cortados a 30 cm de longitud promedio; los tallos se colocaron a cordón corrido en surcos separados de 1 m. Las praderas no fueron fertilizadas durante el periodo experimental y no se aplicaron riegos. La maleza fue controlada de forma manual con ayuda de un azadón. El estudio comprendió de julio a octubre de 2017 que comprende la época de lluvia. Se evaluaron diferentes estadios de crecimiento 30, 50, 70, 90 y 110 días después del corte. Treinta días antes del inicio del análisis se llevó a cabo un corte de uniformidad a una altura de 30 cm.

Acumulación de forraje

A partir del día 30 después del corte de uniformización se realizaron cosechas cada 20 días. Con muestreos destructivos se cosecharon dos cuadros de 1 m² por parcela y por estadio de crecimiento a 30 cm de altura. El forraje cosechado se lavó y se colocó en bolsas de papel. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante.

Intercepción luminosa

Un día previo a cada cosecha, se tomaron al azar cinco lecturas de radiación por parcela experimental con el método del metro de madera descrito por Rojas et al. (2016).

Altura de la planta

Se tomaron al azar 20 lecturas por repetición. Para ello se utilizó una regla graduada en cm, la cual se colocó al azar en las parcelas, de forma que la parte inferior de la regla graduada quedara a nivel de suelo y la parte posterior tuviera contacto con la hoja bandera.

Características estructurales

Un día antes de cada estadio de corte se cortaron cinco tallos de pasto Cuba al ras del suelo en cada parcela y repetición; las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 55 °C, hasta que alcanzaron un peso constante y posteriormente se registró su peso. Los datos de la relación hoja:tallo (H/T) se obtuvieron al dividir el peso seco del rendimiento de materia seca de hojas entre tallos. Para la población de tallos al inicio del estudio se colocaron dos cuadros fijos de 0.15 m², que delimita-

Cuadro 1. Datos de temperatura máxima, mínima, media (°C) y precipitación (mm) durante el periodo de estudio de 2017.

Mes	Máxima	Mínima	Media	Precipitación	Riegos
Julio	33.1	17.3	24.6	289	No
Agosto	33	17.0	25.0	250	No
Septiembre	32.5	17.5	25.5	280	No
Octubre	34.6	17.8	26.5	169	No

ron dos macollos en cada parcela y cada repetición y se contabilizaron los tallos cada 20 días.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron estadísticamente, utilizando procedimientos GLM de SAS (SAS, 2011), para un diseño experimental de bloques completamente al azar, en parcelas divididas con cinco tratamientos (correspondientes a los estadios de crecimiento) y tres repeticiones. La comparación múltiple de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de forraje

En la Figura 1 se presentan los resultados de acumulación de rendimiento del pasto Cuba OM-22 por componente y total. El rendimiento total presentó un incremento lento del estadio de corte de 30 a 90 días con un acumulado de 22,000 kg MS ha⁻¹ ($P\leq 0.05$). Ocurrió un crecimiento acelerado del estadio de corte de 90 a 110 días alcanzando un rendimiento total de 38,600 kg MS ha⁻¹. El componente hoja presentó resultados mayores en comparación con el tallo del estadio 30 a 70 días con 6,600 kg MS ha⁻¹ en hoja y 4,300 kg MS ha⁻¹ en tallo ($P\leq 0.05$). Sin embargo, a partir del estadio 90 a 110 días el tallo supera a la hoja con 15,100 kg MS ha⁻¹ ($P\leq 0.05$). El materia senescente fue mínimo y se registró a partir del estadio de corte de 90 a 110 días con un promedio de 910 kg MS ha⁻¹ ($P\leq 0.05$). Se presenta una curva sigmoïdal en el rendimiento total, con una R² de 0.98. Rendimientos de materia seca y tipo de curva coinciden con lo reportado por Rodríguez et al. (2011) donde evaluó diferentes modelos en pasto Cuba CT-169. Caballero et al. (2016) evaluaron diferentes pastos híbridos obteniendo en el pasto King Grass, Cuba OM-22, CT-169, T-morado y CT-115 rendimientos de 37.16, 30.36, 30.28, 27.34 y 29.30 t MS ha⁻¹, respectivamente.

Las gramíneas se caracterizan por presentar al inicio de desarrollo mayor crecimiento de hoja y menor tallo, y conforme aumenta el tiempo de crecimiento es viceversa (Calzada et al., 2014; Rojas et al., 2018). El caso del

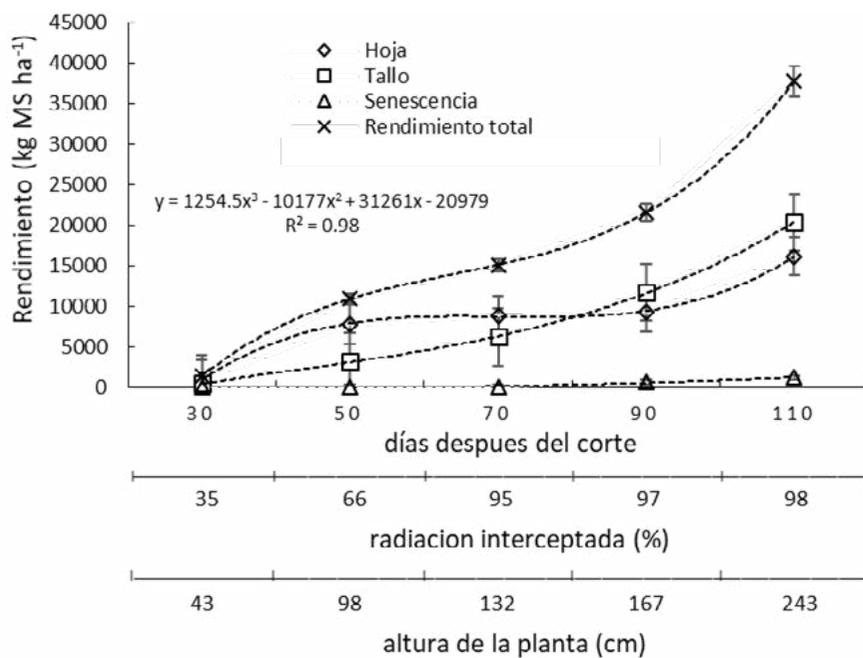


Figura 1. Acumulación de rendimiento total, componente morfológico, radiación interceptada y altura de la planta del pasto Cuba OM-22.

pasto Cuba OM-22 no fue la excepción, su desarrollo normal en hoja se encontró hasta los 70 días, momento en el que inicia el desarrollo acelerado del tallo y de la senescencia. Las especies del género *Pennisetum* poseen alta plasticidad, y su buen establecimiento y manejo generan rendimientos de hasta 50,000 kg MS ha⁻¹ (Ramírez *et al.*, 2008), similares a esta investigación.

Altura y radiación interceptada

La altura y radiación interceptada del pasto Cuba OM-22 al variar el estadio de corte se observa en la Figura 1. La altura como era de esperarse fue en aumento conforme transcurrió el periodo de evaluación siendo en el estadio a 30 días donde se reportó la menor altura con 43 cm mientras que para el día 110 después del corte obtuvo la mayor altura con 243 cm ($P \leq 0.05$). Caso similar se reportó en la radiación interceptada existiendo un aumento drástico del estadio 30 a 70 días con 35 a 95% de radiación. Posteriormente la radiación aumentó al mínimo hasta el día 110 después del corte con 98% ($P \leq 0.05$).

La radiación óptima para realizar el corte en pastos tropicales es de 95%, lo cual se relaciona con el mayor número de hojas, mejorando rendimiento y calidad, además que es considerado el momento de mayor crecimiento, con la menor cantidad de senescencia (da Silva y Nascimento, 2007; Calzada *et al.*, 2014). En el pasto Cuba OM-22 se alcanzó el porcentaje de radiación de 95% con una altura de 132 cm a los 70 días después del corte. Es entonces cuando tenemos mayor cantidad de hoja (8,500 kg MS ha⁻¹) en comparación con el tallo (6,500 kg MS ha⁻¹) ya que después del estadio de corte de 70 días aumenta drásticamente la cantidad de tallo y senescencia superando al componente hoja ($P \leq 0.05$). En *Pennisetum americanum* variedades Sargodha Bajra 2011 y Cholistani Bajra se alcanzaron alturas máximas de plantas de 262.40 cm y 251.17 cm y la altura más baja de la planta (178.40

cm) se observó en FB-822 seguida de 199.40 cm en 86-M-52 (Hassan *et al.*, 2014), lo cual coincide con lo aquí reportado.

En pastos del género *Pennisetum* existe correlación entre rendimiento de materia seca con la altura y radiación interceptada (Rodríguez *et al.*, 2011; Caballero *et al.*, 2016). En el pasto maralfalfa se observó 95% de radiación interceptada a los 135 días después del corte y con una altura de 231 cm (Calzada *et al.*, 2014). Estos resultados son variables dependiendo del forraje, condiciones climáticas, tiempo de establecida la pradera y densidad de plantas (Wijitphan *et al.*, 2009; Rojas *et al.*, 2016).

Componentes estructurales

Los componentes estructurales del pasto Cuba OM-22 en una curva de crecimiento se presenta en el Cuadro 2. El peso y población de tallos nos da una referencia del rendimiento de la pradera ya que el conjunto de tallos o fitómeros forma un macollo y el conjunto de macollos una pradera (Rojas *et al.*, 2017). El peso por tallo fue en aumento conforme transcurrió el periodo de evaluación, teniendo el mayor peso en los estadios de 90 y 110 días con 28.4 y 47.3 g y menor en el estadio de 30 días con 1.63 g ($P \leq 0.001$). Al evaluar pastos tropicales se han observado comportamientos similares en el aumento del peso por tallo conforme transcurrió el periodo de evaluación (Ramírez *et al.*, 2009; Hassan *et al.*, 2014).

La densidad de tallos fue muy variable con el mayor número de tallos en el estadio de 30 días con 82.7 tallos m⁻² y menor a los 90 días con una población de 73.8 tallos m²

($P \leq 0.05$). Coincidentemente al evaluar diferentes pastos de la especie *Pennisetum americanum*, Hassan et al. (2014) obtuvieron la mayor densidad de tallos en las variedades Barani Bajra y MB-87 con 114 tallos m^{-2} y las menores PARC-MS-2 y FB-822 con 86.5 tallos m^{-2} ($P \leq 0.05$) los cuales están relacionados con mayor y menor rendimiento respectivamente.

Al evaluar el pasto Napier (*Pennisetum purpureum* Schum) en diferentes densidades de siembra, Wijitphan et al. (2009) obtuvieron variabilidad en la población de tallos dependiendo la densidad de siembra y fecha de corte con un promedio de 16 tallos por macollo. Estos resultados son menores a los reportados en esta investigación y podría deberse a diferentes factores climáticos y de manejo como el tiempo de establecida la pradera, densidad de plantas e intensidad de cosecha (Rojas et al., 2016).

La relación hoja:tallo es una medida de la calidad de la pradera si la relación es mayor a 1 tiene mejor calidad ya que la cantidad de hoja supera al tallo. En esta ocasión la mayor cantidad de relación hoja:tallo se reportó en los estadios más jóvenes de 30, 50 y 70 días con 2.4, 2.5 y 1.4, sin embargo, cuando aumenta los días disminuye la relación hoja:tallo con 0.8 ($P \leq 0.01$). Calzada et al. (2014) y Rojas et al. (2018) mencionan que conforme transcurre el crecimiento de los pastos tropicales disminuye la relación hoja:tallo debido a que inicia el aumento de tallos y material muerto.

En los pastos Taiwán, King Grass, Gigante y Camerún se obtuvieron relaciones hoja:tallo de 0.65, 0.62, 0.54 y 0.65, respectivamente (Araya y Boschini, 2005).

Cuadro 2. Componentes estructurales al cambiar el estadio de corte del pasto Cuba OM-22 en una curva de crecimiento.

Días después del corte					Sig.	Promedio
30	50	70	90	110		
Peso por tallo (g)						
1.63 ^e	13.6 ^d	19.5 ^c	28.4 ^b	47.3 ^a	***	22.1
Relación hoja:tallo						
2.4 ^a	2.5 ^a	1.4 ^b	0.8 ^c	0.8 ^c	**	1.58
Población (tallos m^{-2})						
82.7 ^a	80 ^a	76.8 ^{ab}	73.8 ^b	78.3 ^{ab}	*	78.32

abc=Medias con literales distintas en una misma hilera son estadísticamente diferentes (* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$); Sig.=Significancia.

CONCLUSIÓN

El rendimiento total y componente hoja y tallo, altura de la planta, radiación interceptada, y peso por tallo del pasto Cuba OM-22, están relacionadas de manera positiva con el incremento en la edad de la planta. La relación hoja:tallo disminuye conforme aumenta la edad de la planta y la población de tallos fue variable dependiendo el estadio. El momento óptimo del corte del pasto Cuba OM-22 es cuando tiene mayor rendimiento de hoja en este análisis de crecimiento fue a los 70 días después del corte reportando una altura de 132 cm y radiación interceptada de 95%.

LITERATURA CITADA

- Araya, M. M. y Boschini, F. C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 37-43.
- Caballero, G. A., Ramón, O., Martínez, Z. M., Hernández, C. B. y Navarro, B. M. (2016). Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. *Pastos y Forrajes*, 39(2), 94-104.
- Calzada, M. J. M., Enríquez, Q. J. F., Hernández, G. A., Ortega, J. E. y Mendoza, P. S. I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2), 247-260.
- Cárdenas, R. L. R., Pinto, R. R., Medina, F. J., Guevara, F., Gómez, H., Hernández, A. y Carmona, J. (2012). Producción y calidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) durante la época seca. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1(13), 38-46.
- Da Silva, S. C. y Nascimento, J. D. D. (2007). Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 122-138.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Giraldo, C. D. (2010). Gramíneas (Poaceae) ornamentales y usadas en artesanías en Colombia. *Polibotánica*, 30, 163-191.
- Hassan, M. U., Ahmad, A. H., Zamir, S. I., Haq, I., Khalid, F., Rasool, T. y Hussain-Growth A. (2014). Yield and Quality Performance of Pearl Millet (*Pennisetum americanum* L.) Varieties under Faisalabad Conditions, Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2215-2223.
- Hernández, S. L., Villegas, A. Y., Gómez, V. A., Enríquez-Del Valle, J. R., Lozano, T. S. y Hernández-Garay, A. (2018). Efecto de Biofertilizantes Microbianos en el crecimiento de *Brachiaria brizantha* (Trin) Griseb. *Agroproductividad*, 11(5), 76-81.
- Hinojosa, Y. L. A., Yépez, D. N., Rodal, F. C., Ríos, A. O., Claros, R. B., Suárez, T. N., Jiménez, E. L. (2014). Producción y características agronómicas de cuatro variedades de pasto de corte del género *Pennisetum*, en Trinidad, Bolivia. *Revista Agrociencias Amazonia*, 3, 28-35.

- Martín, P. (1998). Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 32(1), 1-8.
- Martínez, R. O., González, C. (2018). Evaluation of varieties and hybrids of elephant grass *Pennisetum purpureum* and *Pennisetum purpureum* × *Pennisetum glaucum* for forage production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(4), 477-487.
- Martínez, R. O., Tuero, R., Torres, V. y Herrera, R. S. (2010). Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y King grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(2), 189-194.
- Martínez, R. O., Herrera, R. S., Tuero, R. y Padilla, C. R. (2009). Hierba Elefante variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp). *Revista ACPA*, 2, 44-47.
- Ramírez, J. L., Herrea, S. R., Leonard, I., Verdecia, D. y Álvarez, Y. (2010). Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Brachiaria brizanta* × *Brachiaria ruziziensis* cv Mulato en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(1), 65-72.
- Ramírez R.O., Hernández G.A., Da Silva S.C., Pérez P.J., Enríquez Q.J.F., Quero C.A.R., Herrera, H. J. G. y Cervantes, N. A. (2009). Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México*, 47(2), 203-213.
- Ramírez, J. L., Verdecia, D. y Leonard, I. (2008). Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum* Cuba CT 169 en un suelo pluvisol (Yield and Chemical composition of the Grass *Pennisetum* Cuba CT 169). *Revista Electrónica de Veterinaria*, 4(5), 1-10.
- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, R. O., Jay, O., Noda, A.C., Herrera, M. (2011). Models for estimate the dynamic growth of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4), 349-353.
- Rojas, G. A. R., Torres, S. N., Maldonado, P. M. A., Sánchez, S. P., García, B. A., Mendoza, P. S. I., Álvarez, V. P. y Hernández, G. A. (2018). Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria* HIBRIDO BR02/1794), a dos intensidades de corte. *Agroproductividad*, 11(5), 34-38.
- Rojas, G. A. R., Hernández, G. A., Rivas, J. M. A., Mendoza, P. S. I., Maldonado, P. M. A. y Joaquín, C. S. (2017). Dinámica poblacional de tallos de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49(2), 35-49.
- Rojas, G. A. R., Hernández, G. A., Quero, C. A. R., Guerrero, R. J. D., Ayala, W, Zaragoza, R. J. L. y Trejo, L. C. (2016). Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 885-895.
- Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Prapa, S., Punsuvon, V., Vaithanomsat, P., Nakamane, G. and Sayan, T. (2013). Biomass yield, chemical composition and potential ethanol yields of 8 cultivars of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) harvested 3-monthly in central Thailand. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 3(2), 107-112.
- SAS. (Statistical Analysis System). (2011). SAS Proceeding Guide, Version 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.
- Wijitphan, S., Lorwilai, P. and Arkaseang, C. (2009). Effects of Plant Spacing on Yields and Nutritive Values of Napier Grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) Under Intensive Management of Nitrogen Fertilizer and Irrigation. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(8), 1240-1243.



Effect of inoculation with mycorrhizal fungi on forage oat yield

Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos en el rendimiento de avena forrajera

Flores-Juárez Diana Yazmin¹; Villegas-Aparicio Y.^{1*}; Castro-Rivera R.²; Carrillo-Rodríguez J. C.¹; Castañeda-Hidalgo E.¹; Gómez-Vásquez A.³

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Tecnológico Nacional de México, SEP. Oaxaca, Oaxaca, México. C.P. 68030. ²Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Ex - Hacienda de San Juan Molino, carretera Tecuexcommac - Tepetitla, km 1.5, Tlaxacala, CP 90700. ³División Académica de Ciencias Agropecuarias, UJAT. Villahermosa, Tabasco, México. C. P. 86298.

*Autor de correspondencia: yuriva1968@gmail.com

ABSTRACT

Objective: The objective of the present study was to evaluate the effect of inoculation with two species of mycorrhizal fungi on the yield of forage oats.

Design/methodology/approach: The method of pelletization and seed coating was used; The sowing went to volley. A completely randomized design with factorial arrangement (2×3×3) was used as factors: the two varieties, the HMA *Glomus cubense* and *Glomus fasciculatum* with a control and fertilization at 50% and 100% with a control with four repetitions.

Results: The Chihuahua variety obtained a better yield, leaf stem ratio, leaf area index, number of leaves, leaf death, stem density and leaf death (2.50); in the other variables they were statistically equal. The *Glomus cubense* species was superior to *Glomus fasciculatum* in the yield variables (6.92 t DM ha⁻¹) and in the death of leaves (4.68), but in the leaf area index (135.02), *Glomus fasciculatum* exceeded *Glomus cubense*.

Limitations of the study/implications: yield in fodder production, producers apply high amounts of chemical fertilizers, whose excessive use negatively affects the soil resource.

Findings/conclusions: The Chihuahua variety has better behavior and *Glomus cubense* exceeds *Glomus fasciculatum* in performance

Keywords: Mycorrhizal strain, mineral fertilization, forage crops, forage production.

RESUMEN

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de inoculación con dos especies de hongos micorrízicos en el rendimiento de avena forrajera.

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizó el método de peletización y recubrimiento de semilla; la siembra fue al voleo. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2×3×3) se consideró como factores: las dos variedades, los HMA *Glomus cubense* y *Glomus fasciculatum* con un testigo y la fertilización al 50% y al 100% con un testigo con cuatro repeticiones.

Resultados: La variedad Chihuahua obtuvo un mejor rendimiento, relación hoja tallo, índice de área foliar, número de hojas, muerte de hojas, densidad de tallos y en la muerte de hojas (2.50); en las demás variables fueron estadísticamente iguales. La especie *Glomus cubense* fue superior al *Glomus fasciculatum* en las variables rendimiento (6.92 t MS ha⁻¹) y en la muerte de hojas (4.68), pero en el índice de área foliar (135.02), *Glomus fasciculatum* superó a *Glomus cubense*.

Limitaciones del estudio/implicaciones: el rendimiento en la producción de forraje, los productores aplican cantidades elevadas de fertilizantes químicos, cuyo uso excesivo afecta negativamente el recurso suelo.

Hallazgos/conclusiones: La variedad Chihuahua tiene mejor comportamiento y *Glomus cubense* en supera en rendimiento a *Glomus fasciculatum*.

Palabras clave: Cepa micorrízica, fertilización mineral, cultivos forrajeros, producción de forraje.

2010). Se utiliza en cualquier etapa de crecimiento para el consumo animal; desde germinados en la alimentación de especies menores (Espitia *et al.*, 2012).

Se conoce poco sobre la respuesta que tiene este cultivo al ser inoculado con HMA. En este contexto el objetivo fue evaluar el efecto de inoculación con los HMA *Glomus cubense* y *Glomus fasciculatum* en el rendimiento de avena forrajera en condiciones de campo.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la parcela experimental de las instalaciones del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), en los meses de marzo-junio del 2016. El ITVO se ubica a 17° 02' latitud norte, 96° 44' longitud oeste, a 1530 m.s.n.m. El clima es templado, con precipitaciones en verano (distribuidas en los meses de junio a octubre); el tipo de suelo es el vértisol pélico (INEGI, 2017).

Se utilizaron dos cepas microbianas *Glomus fasciculatum* obtenida de la casa comercial Micosur y *Glomus cubense* adquirida con Biofertilizante orgánico. Ambos productos fueron sometidos a un proceso de conteo en el laboratorio de microbiología de la Universidad de la Sierra Juárez (UNSIJ) por conteo directo. Los dos inoculantes contenían 11 esporas por 100 g de suelo. Se utilizaron las variedades Turquesa y Chihuahua. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2×3×3) en donde se consideró las dos variedades, los HMA *Glomus cubense* y *Glomus fasciculatum* con un testigo y la fertilización al 50% y al 100% con un testigo con cuatro repeticiones,

INTRODUCCION

Para asegurar el rendimiento en la producción de forraje, los productores aplican cantidades elevadas de fertilizantes convencionales, cuyo uso excesivo afecta negativamente el recurso suelo (García *et al.*, 2006). De acuerdo con Santillana (2006) el uso de inoculantes microbianos puede suplir los fertilizantes minerales. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son microorganismos edáficos que establecen simbiosis con las plantas (González *et al.*, 2015). La importancia de estos hongos en la producción agrícola ha sido ampliamente reconocida (Sánchez *et al.*, 2009). Cruz *et al.* (2012) mencionaron que la simbiosis que forman los HMA con diversas plantas, ha mostrado mejoras en nutrición, crecimiento y rendimiento.

De acuerdo con Carrillo *et al.* (2010) los beneficios de la inoculación con HMA han sido observados en cultivos como: maíz, caña de azúcar, pastos y sorgo, aportando a estos cultivos del 30 al 50% de nitrógeno. Sin embargo, se ha difundido la aplicación de biofertilizantes asociados con la fertilización mineral. Con esta asociación se han encontrado mayores niveles de P en el suelo, lo que hace más eficiente la fertilización fosfatada (Campos *et al.*, 2016).

El uso de microorganismos en cereales, ha incrementado el rendimiento entre 23 y 63% cuando la semilla se inocula antes de la siembra (Ruíz *et al.*, 2015). Los beneficios de los HMA en los agroecosistemas de pastizales están estrechamente ligados al aumento del volumen de suelo para que pueden explorar las raíces (Rosales *et al.*, 2017). Las hifas extraradicales de los HMA contribuyen en la absorción de nutrientes en la planta con un 25% de nitrógeno, 10% de potasio, 80% de fósforo, 60% de cobre y 30% de zinc (Elizondo-Salazar, 2009).

La avena (*Avena sativa* L.) es una gramínea no perenne, tolera la sequía, y eficiente en el uso de agua (Araya y Boschini, 2005). Al igual que el trigo y el triticale (*X Triticosecale* Wittmack), la avena se puede cultivar en invierno (Zamora *et al.*, 2002). En México la superficie sembrada con avena ha aumentado, aunque no se produce suficiente para abastecer las demandas, pues existe 50 % de déficit (García-León *et al.*, 2013). La producción nacional de avena se destina para el consumo de rumiantes (Trujano *et al.*, (2008). Como forraje, la avena tiene alta digestibilidad, alta cantidad de energía metabolizable, y el grano presenta alta cantidad y calidad de proteína (INFOAGRO,

para un total de 18 tratamientos, cada uno de ellos con 20 m² de superficie.

En la parcela experimental se realizó un barbecho con un tractor y arado convencional. Se pesaron 450 g de semilla de la variedad Turquesa y 500 g de la variedad Chihuahua. La inoculación se realizó por el método de peletización, la cual, consistió en mezclar 80 g de los inoculantes comerciales con agua y las semillas con la finalidad de adherir el material de soporte de los hongos micorrízicos. Posteriormente, se dejó secar a la sombra y la siembra se realizó por el método al voleo. El riego en la parcela fue con un cañón y se realizó una vez por semana.

Las variables evaluadas al final del ciclo de producción fueron las siguientes: Rendimiento, se estimó del peso en base seca de la biomasa que se obtuvo al cortar las plantas a una altura de 5 cm aproximadamente sobre la superficie del suelo en los 0.25 m², el forraje cosechado se lavó y se pesó en verde, se separó en sus componentes morfológicos (tallos y hojas) posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 55°C, durante 72 horas. Con este procedimiento se obtuvo el porcentaje de materia seca, para determinar el rendimiento en t MS ha⁻¹. Altura de la planta: se utilizó una regla graduada de 100 cm, con una precisión de 1 mm, colocando la regla verticalmente en el suelo y registrando la distancia desde la base del tallo, hasta el tejido foliar más alto. Largo de la hoja: se utilizó un vernier electrónico (Mitutoyo), registrando la distancia desde la lígula hasta la parte final de la hoja. Ancho de la hoja: se utilizó un vernier electrónico (Mitutoyo), registrando la parte media de la hoja. Relación hoja:tallo: se determinó utilizando la muestra obtenida para rendimiento de forraje, se realizó la separación de hoja y tallo, se secó en una estufa de aire forzado a 55°C por 72 horas y tener un peso constante para obtener la relación hoja:tallo se dividió el rendimiento de hoja entre el tallo. Densidad y muerte de tallos: el número de tallos aparecidos, muertos y total se determinó en cada unidad experimental en un área de 0.25 m², se marcaron los tallos vivos con etiquetas enumeradas que se consideraron como población

inicial. Los tallos nuevos se marcaron nuevamente para cada generación, los tallos muertos se registraron y se desechaba la etiqueta se consideró el último dato registrado. Número y muerte de hojas: el número de hojas aparecidas, muertas y total se determinó en cada unidad experimental en un área de 0.25 m², se seleccionó una planta representativa (de altura promedio) de cada unidad experimental, se marcaron hojas con etiquetas que tenían una letra y un número (H1), que se consideraron como hojas iniciales. Las hojas nuevas se marcaron con etiquetas enumeradas para cada generación de hojas y las hojas muertas se registraron y se tiró la etiqueta se consideró el último dato registrado. Índice de área foliar: se obtuvo con un integrador foliar (LI-COR LI-3100C) de una submuestra 100 g y se llevó a cabo hasta el momento de hacer el muestreo destructivo.

Se capturaron los datos en una hoja de cálculo y fueron analizados mediante el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2005). Se aplicó un análisis de varianza realizando una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Para las variables altura de planta (AP) y ancho de hoja (AH), las variedades de avena no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre ellas (Cuadro 1). La variedad Chihuahua superó a la variedad Turquesa en el rendimiento, relación hoja:tallo e índice de área foliar (7.94 t MS ha⁻¹, 4.27 t MS ha⁻¹, 0.87, 0.55 155.27, 98.69). La variedad Chihuahua alcanzó hasta 13.5 t MS ha⁻¹ y la variedad Turquesa hasta 12.3 t MS ha⁻¹. En México, los principales estados productores de avena son Chihuahua, Durango y el Estado de México, éste último presenta un rendimiento promedio de 14.2 t MS ha⁻¹, el estado

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables evaluadas en tres factores al final del ciclo de producción.

Factores y Niveles	AP (cm)	Rendimiento (t MS ha ⁻¹)	Relación h:t	IAF	AH (cm)
Chihuahua	30.81 a	7.94 a	0.87 a	155.27 a	0.39 a
Turquesa	31.30 a	4.27 b	0.55 b	98.69 b	0.37 a
<i>Glomus cubense</i>	30.72 a	6.92 a	0.71 a	127.04 ab	0.36 b
<i>Glomus fasciculatum</i>	30.21 a	5.92 b	0.69 a	135.02 a	0.37 ab
Testigo	32.24 a	4.80 c	0.73 a	118.88 b	0.41 a
Fertilizante al 50%	29.84 b	6.00 a	0.72 ab	112.10 b	0.37 a
Fertilizante al 100%	33.01 a	6.74 a	0.65 b	150.35 a	0.39 a
Testigo	30.33 b	4.89 b	0.76 a	118.50 b	0.38 a

P=Altura de la planta; Relación h:t=Relación hoja tallo; IAF=Índice de área foliar, AH=Ancho de la hoja. ab=Tratamientos con letras distintas en columnas, son estadísticamente diferentes (Tukey; $P \leq 0.05$).

de Oaxaca produce 2319 t MS ha⁻¹ y obtiene un rendimiento de 16.466 t MS ha⁻¹ (SIAP, 2016). Villaseñor *et al.* (2009) señalan que la variedad Turquesa tiene mayor rendimiento de materia seca en comparación con la Chihuahua. Sin embargo, en este estudio Chihuahua superó a Turquesa. Estas diferencias estadísticas entre ellas se deben a su constitución genética; cumple con el objetivo de identificar la variedad más productiva (Bobadilla *et al.*, 2013).

Las dos especies de hongos y la fertilización al 100% produjeron la mayor altura de planta. De forma semejante, en sorgo la inoculación con micorriza arbuscular estimuló altura de planta (112.6 m) y biomasa foliar (135.3) comparando con la fertilización química (Díaz *et al.*, 2014). En *Brachiaria decumbens*, el tratamiento con hongos formadores de micorrizas arbusculares también aumentó altura de la planta superaron al testigo (Rodríguez *et al.*, 2006).

En el rendimiento de materia seca todos los tratamientos son estadísticamente diferentes. Se observa que el tratamiento con *Glomus cubense*, fertilización al 50% y al 100% son estadísticamente iguales superando al *Glomus fasciculatum* y al testigo. En *Pennisetum purpureum* Sch. cv. Cuba CT-115, *Brachiaria hibrido* cv. Mulato (CIAT 36061) y *Canavalia ensiformis*, HMA del género *Glomus* aumentaron el rendimiento (Gonzales *et al.*, 2007; Martín *et al.*, 2010; Mujica y Molina 2017).

En la relación hoja:tallo e índice de área foliar y ancho de la hoja los tratamientos fueron estadísticamente iguales. Para la relación hoja tallo el valor más alto lo obtuvo el *Glomus cubense*, el índice de área foliar y el ancho de la hoja los valores más altos los registró la fertilización al 100%.

El número de hojas, muerte de hojas, densidad de tallo y muerte de tallos, la variedad Chihuahua superó a la variedad Turquesa (Cuadro 2). En sorgo, la inoculación con *Glomus intraradices* aumentó la longitud de la hoja a 25.2 cm, mientras que el testigo alcanzó solo 18.1 cm (Díaz *et al.*, 2013).

Hernández- Martínez *et al.* (2006) reportaron que al realizar la inoculación micorriza en el crecimiento de dos leguminosas las plantas crecieron mejor con incrementos porcentuales con respecto a las plantas no inoculadas

en número de hojas (14 y 39%). En este estudio no se observaron diferencias estadísticas a este respecto. Sáenz-Flores *et al.* (2015) evaluaron la producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización utilizaron 60-30-00+*Glomus intraradices* en donde obtuvieron que esta combinación obtuvo 264 kg MS ha⁻¹ y el testigo 181 kg MS ha⁻¹. En este estudio el mejor tratamiento resultó la variedad Chihuahua con la combinación de *Glomus cubense* y la fertilización al 50 y 100%. Por esta razón Oropesa *et al.* (2011) plantearon que el uso de micorrizas como alternativa biológica ante el uso de productos químicos no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino hacer más eficiente su uso y fertilización poder minimizar las dosis.

CONCLUSIONES

Bajo nuestras condiciones experimentales, la variedad Chihuahua fue la que mostró mejor rendimiento, relación hoja:tallo, índice de área foliar número de hojas, muerte de hojas y densidad de tallos. El HMA *Glomus cubense* fue superior al *Glomus fasciculatum* en las variables rendimiento; y en la muerte de hojas, en el índice de área foliar el *Glomus fasciculatum* supera la *Glomus cubense*.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables en tres factores de avena considerando variedad, inóculo y fertilización

Factores y Niveles	LH (cm)	DT (mm)	NH (N°)	MH (N°)	DT (N°)	MT (N°)
Chihuahua	14.68 a	0.28 a	14.34 a	4.94 a	7.75 a	2.50 a
Turquesa	15.34 a	0.28 a	9.22 b	4.06 b	5.18 b	1.47 b
<i>Glomus cubense</i>	14.65 a	0.27 b	12.16 a	4.68 a	6.72 a	1.91 a
<i>Glomus fasciculatum</i>	14.65 a	0.27 b	11.89 a	4.64 ab	6.70 a	1.89 a
Testigo	15.73 a	0.30 a	11.29 a	4.18 b	5.95 a	2.14 a
Fertilizante al 50%	14.66 b	0.28 ab	10.37 b	4.60 a	5.91 b	1.77 b
Fertilizante al 100%	16.03 a	0.29 a	13.79 a	4.50 a	7.43 a	2.04 ab
Testigo	14.33 b	0.26 b	11.18 b	4.41 a	6.04 b	2.14 a

LH=Largo de la hoja; DT=Diámetro del tallo; NH=Número de hojas; MH=Muerte de hojas; DT=Densidad de tallo; MT=Muerte de tallo. ab=Tratamientos con letras distintas en columnas, son estadísticamente diferentes (Tukey; P≤0.05).

LITERATURA CITADA

- Araya, M. M. y Boschini, F. C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica Agronomía Mesoamericana, 16, (1), 37-43.
- Arriaga, M. R., Portugal, V. O., Reyes, R. B.G., González, H. A. y Aguilera, G.L. I. (2009). Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium* sp. cv Orange Pixie. Agricultura Técnica en México, 35(2), 201-210.
- Bobadilla, M. M., Gámez, V. A. J., Ávila, P. M. A., García, J. J., Espitia, R. E., Moran, V.N. y Covarrubias, P. J. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(7), 973-985.
- Campos, C. S., de Mello, P. R., Castellanos, G. L., Abreu, J. M. y Rosatto M. L. (2016). Fuentes de fosfato asociadas a la cachaza y el biofertilizante sobre los microorganismos solubilizadores de fósforo y su contenido en el suelo. Cultivos Tropicales, 37(1), 22-27.
- Carrillo, R. R., Esqueda, C. M. H., Báez, G. A. D., Reyes, M. H., Royo, M. M. J. y Ibañez, G. J. L. (2010). Uso de inoculante y fertilización nitrogenada en la producción de forraje de avena, ballico y trigo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 1(2), 131-143.
- Cruz, H. Y., García, R. M., León, G. Y. y Hernández, M. J. M. (2012). Influencia de las micorrizas arbusculares en combinación con diferentes dosis de fertilizante mineral en algunas características morfológicas de las plántulas de tabaco. Cuba. Cultivos Tropicales, 33 (3): 23-26.
- Díaz, F. A., Cortinas, E. H. M., de la Garza, C. M., Valadez, G. J. y Peña, R. M. A. (2013). Micorriza arbuscular en sorgo bajo diferente manejo agrotecnológico y ambiental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(3):215-228.
- Díaz, F. A., Salinas, G. J., Sandoval, E. F., Peña del Río, M. A., De la Garza, R. R. F. y Grageda, C.O.A. (2014). Características de planta, suelo y productividad entre sorgo fertilizado e inoculado con micorriza arbuscular. México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5 (3):379-390.
- Elizondo-Salazar, J. A. (2009). Respuesta de la morera (*Morus alba*) a niveles crecientes de nitrógeno orgánico. Pastos y forrajes, 3 (3):132-142.
- Espitia, R. E., Villaseñor, M. R. G., Tovar, M. y de la O Olán, O. A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3 (4):771- 783.
- García-León, E., Leyva-Mir, S. G., Villaseñor-Mir, H. E., Rodríguez-García, M. F. y Tovar-Pedraza, J. M. (2013). Identificación e incidencia de tres hongos fitopatógenos, de reporte nuevo, en avena (*Avena sativa* L.) en la meseta central de México. México. Agrociencia, 47(8):815-827.
- García, O.G., Moreno, M. V. R., Rodríguez, L. I. C., Mendoza, H.A. y Mayek, P.N. (2006). Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México. México. Revista Agricultura Técnica en México, 32 (2):135-141.
- Gómez-Carabalí, A., Rao, I.M. y Otero J. T. (2015). Influencia de la fertilización, la época y la especie forrajera en la presencia de micorriza arbuscular en un Andisol degradado de Colombia. Colombia. Acta Agronómica, 60 (1): 84-92.
- González, P. J., Plana, R., Fernández, F. y Igarza, E. (2007). Respuesta de *Brachiaria híbrido* cv. Mulato (CIAT 36061) a la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares. Colombia. Pasturas Tropicales, 29 (1): 19-25.
- Hernández-Martínez, M.; Cetina-Alcalá, V.M.; González-Chávez, M.C. y Cervantes-Martínez, C.T. (2006). Inoculación micorrizica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas. México. Revista.Terra Latinoamericana, 24 (1): 65-73.
- Información del Sistema Agropecuario (INFOAGRO). (2010). Cultivo de avena. Información agronómica. InfoAgro Systems. Madrid, España. www. INFOAGRO. com/herbaceos/cereales/avena. htm (Consultado 27de marzo de 2017).
- Martín, G.M., Arias, L. y Rivera, R. (2010). Selección de las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) más efectivas para la *Canavalia ensiformis* cultivada en suelo Ferralítico Rojo. Cuba. Revista. Cultivos Tropicales, 31 (1): 27-31.
- Mujica, P. Y. y Molina, D. L. (2017). Influencia de hongos micorrízicos arbusculares (*Rhizoglyphus intraradices*) y un estimulador del crecimiento vegetal en *Pennisetum purpureum* Sch. cv. Cuba CT-115.Cuba. Revista. Cultivos Tropicales, 38 (1):131-137
- Rodríguez, S. T., Sánchez, N.J., Morales, G. E. y Cruz, C. F. (2006). Interacción micorrizas arbusculares *Trichoderma harzianum* (Moniliaceae) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (Poaceae). Colombia. Acta Biológica Colombiana, 11 (1): 43-54.
- Rosales, J. P. R., González-Cañizares, P. J., Ramírez, P. J. F. y Arzola, B. J. (2017). Selección de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares para el pasto guinea (*Megathyrsus maximus* cv. likoni). Cuba. Cultivos Tropicales, 38 (1):24-30.
- Ruiz, S. M., Santana, B. Y., Muñoz, H. Y., Yoan, M. A., Benítez, M., Beesham, V. B. y Peña, C. Y. (2015). Simbiosis de micorrizas arbusculares en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de inundación y seco. Colombia. Acta Agronómica, 64 (3):227-233
- Sáenz-Flores, E., Saucedo-Terán, R. A., Morales-Nieto, C. R., Jurado, P. G., Lara-Macías, C. R., Melgoza-Castillo, A. y Ortega-Gutiérrez J. A. (2015). Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. México. Revista TecnoCiencia Chihuahua, 9 (2):1-9.
- Santillana, V. N. (2006). Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. Perú Ecología Aplicada, 5 (1,2): 87-91.
- Statistical Analysis System (SAS). (2005). The SAS for Windows. V. 9.01. SAS Institute. Cary, NC, USA. 480 p
- Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Cultivo de Avena. <http://www.gob.mx/siap/>. (Consultado 27de marzo de 2017).
- Trujano, S. L. D., González P. A., Jaimés, J. J., Cueto, W. J. A. y Hernández S. J. R. (2008). Evaluación de fertilizantes sobre la avena forrajera. México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 7: 73-82.
- Villaseñor, M. H. E., Limón, O. A., Huerta, E. J., Rodríguez, G. M. F., Espitia, R. E. y Leyva, M. S. G. (2009). El cultivo de avena en el Estado de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental Valle del México. Chapingo, Estado de México, México. Folleto técnico, 29. 21 p.
- Zamora, V. V. M., Lozano, R. A. J., López, B. A., Reyes, V. M. H., Díaz, S. H., Martínez, R. J. M. y Fuentes, R. J. M. (2002). Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. México. Revista Técnica Pecuaria, 40 (3):229-242.

Fresh cheese yield and organoleptic characteristics made with positive milk to alcohol test

Rendimiento y características organolépticas del queso fresco elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol

Rodríguez-Magadán, Héctor M.¹; Salinas-Rios, Teodulo¹; Aquino-Cleto, Magaly¹; Ortiz-Muñoz, Iris Y.¹; Pérez-León, María I.²; Jiménez-López, Guillermina¹; Hernández-Bautista, Jorge^{1*}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. C. P. 68120. ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca Tec-NM. Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71233.

*Autor de correspondencia: jorgeherba@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To determine yield and organoleptic characteristics from cheese made with positive milk to alcohol test.

Design/methodology: Fresh milk was used from cows' crosses of Brahman × American Brown Swiss, which were maintained in grazing. Eleven judges with semi-trained category were selected. The sensorial analysis was made using triangular, two of five, acceptance, flavor and texture profiles tests. In the taste and texture profiles, a ten-centimeter line was used to indicate intensity. Acceptance test was made with fifty untrained consumers. Data obtained were subjected to an analysis of variance, with the positive or negative response of milk to the alcohol test as the fixed effect; a difference between averages was determined by Tukey's test ($P \leq 0.05$).

Results: Cheese made with Positive Milk to Alcohol, presented less consumer acceptance ($P \leq 0.05$), a higher intensity of hardness, porosity and a lower residual taste ($P \leq 0.05$).

Limitations on study/implications: Alcohol test is variable, so it is necessary to do the test daily to separate the milk.

Finding/conclusion: Cheese made from positive milk to alcohol test has less consumer acceptance due to its organoleptic characteristics.

Keywords: Sensory analysis, Thermal instability, Semi-trained judges.

RESUMEN

Objetivo: Determinar el rendimiento y las características sensoriales de quesos frescos elaborados con leche Positiva a la Prueba del Alcohol.

Diseño/metodología: Se utilizó leche fresca proveniente de vacas cruza de Brahman × Suizo Pardo Americano, las cuales se mantuvieron en pastoreo. Se seleccionaron once jueces con categoría de semientrenados. En el análisis sensorial se utilizaron las pruebas, triangular, dos de cinco, de aceptación, perfil de textura y perfil de sabor. En los perfiles de sabor y textura se utilizó una línea de 10 cm para señalar la intensidad. La prueba de aceptación se realizó a 50 consumidores sin entrenamiento. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, el efecto fijo y la respuesta positiva o negativa de la leche a la prueba del alcohol; la diferencia entre promedios se determinó con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 8, agosto. 2019, pp: 29-34.

Recibido: marzo, 2019. **Aceptado:** agosto, 2019.

Resultados: Se observó que el queso elaborado con leche Positiva a la Prueba del Alcohol presenta una menor aceptación ($P \leq 0.05$), mayor intensidad de dureza y porosidad y un menor sabor residual ($P \leq 0.05$).

Limitaciones del estudio/implicaciones: El resultado a la prueba del alcohol es variable, por lo que es necesario hacer la prueba diariamente para separar la leche.

Hallazgo/conclusión: El queso elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol tiene menor aceptación por el consumidor debido a sus características organolépticas.

Palabras clave: Análisis sensorial, Jueces semientrenados, Inestabilidad térmica.

INTRODUCCIÓN

La leche de vaca es un alimento con alto valor nutrimental, aporta agua (88%), grasa (2.9-3.4%), proteína (2.8-3.2%), lactosa (3.6-5 %) y minerales (<1%), por lo que se considera básico y de primera necesidad para niños y ancianos (Aguayo y Bedoya, 2005). No obstante, los nutrimentos pueden sufrir alteraciones por múltiples factores internos y externos; entre los que destacan, la composición de la dieta, la etapa de lactancia y la genética de la vaca. En forma conjunta, estos factores determinan la concentración de los componentes lácteos (Bernabucci *et al.*, 2002; Schopen *et al.*, 2009; Tyasi *et al.*, 2015) y la estabilidad del producto.

La prueba del alcohol es una herramienta fácil y rápida de aplicar en centros de acopio al momento de la recepción de la leche, ayuda a conocer su estabilidad o capacidad de no coagulación antes de ser sometida a proceso térmico (Alvarado *et al.*, 2006). Se considera a la leche como inestable cuando se produce coagulación y, por lo tanto, no es apta para su industrialización (Molina *et al.*, 2001). La interpretación de la prueba del alcohol se basa en detectar la desestabilización coloidal de la micela de caseína en la leche favorecido por la acidez, provocando que toda la leche ácida resulta positiva a la prueba del alcohol. Sin embargo, no toda la leche positiva a la prueba del alcohol es ácida; por tal razón su aplicación a nivel industrial ha sido cuestionada. A pesar de ello, se sigue aplicando en muchos centros de acopio. Una leche no ácida puede resultar positiva a dicha prueba debido a un desbalance mineral, principalmente de calcio.

En los centros de acopio certificados de LICONSA establecidos en el estado de Oaxaca, la leche que resulta positiva a la prueba del alcohol es rechazada. Ante esta situación los productores se ven obligados a vender el producto a los transformadores o, en su defecto, producen queso fresco (CANILEC, 2011) que comercializan en mercados locales. A la fecha se desconoce si el queso elaborado con leche positiva a dicha prueba presenta cambios en sus características físicas, químicas y organolépticas; por lo tanto, resulta de interés conocer el rendimiento y las características sensoriales del queso elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol.

El análisis sensorial es una herramienta útil para determinar diferencias organolépticas entre tipos de alimento, proporciona información relacionada con la aceptabilidad de un alimento por parte del consumidor. Los productos lácteos poseen características como la apariencia, olor, aroma y propiedades quinestésicas o texturales que pueden ser medibles mediante los sentidos (gusto, tacto, olfato, oído y vista) para describir las propiedades organolépticas (Clark, 2016). El objetivo del estudio fue determinar el rendimiento y las características sensoriales de quesos frescos elaborados con leche de vaca positiva a la prueba del alcohol, bajo la hipótesis que la inestabilidad de la leche puede afectar las características del queso fresco.

MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo de la leche se realizó en 50 vacas cruza Brahman x Suizo Pardo Americano, establecidas en un sistema de producción de doble propósito en el rancho "Hermanos Gopar". Las pruebas de rendimiento y la elaboración de queso se realizaron en un taller de productos lácteos ubicados en la comunidad de San José Manialtepec, Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Oaxaca, México. Las pruebas organolépticas se desarrollaron en la sala de análisis sensorial de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México.

Durante 22 días se tomaron muestras de leche de cada uno de los cuartos de la ubre de las vacas; de las cuales se tomó 1 mL de leche y se agregó 1 mL de alcohol al 68% (NMX-F-700-COFOCALEC-2012), e inmediatamente se homogenizaron y se tomó la lectura de la prueba según Carrera *et al.* (2011). La ordeña se realizó diariamente a las 5 am, donde en ese momento, la leche positiva y negativa a la prueba del alcohol fueron separadas en recipientes de acero inoxidable debidamente

identificados para trasladarla inmediatamente al taller de productos lácteos, el cual se encuentra a 1 km del rancho. Además, en el mismo periodo se tomaron 100 mL para analizarlos en un Milkoscan (Scope electric, Julie Z7 Automatic), para determinar sus propiedades fisicoquímicas (temperatura, grasa, sólidos no grasos, densidad, proteína, lactosa, sólidos totales y pH).

Los quesos se elaboraron de manera artesanal: se pesaron 10 kg de leche y se adicionó 0.75 mL de cuajo artificial Shymar^{MR}; se reposó por 50 min y la cuajada se exprimó, se amasó, se adicionó 4.7% de sal y se colocó en moldes de 7.5×3 cm con una capacidad de 250 g. Posteriormente se pesaron para determinar el rendimiento. Los quesos se almacenaron a 4 °C, las pruebas sensoriales se realizaron 24 horas después.

El rendimiento de la leche en queso se calculó al registrar el peso de la leche antes de adicionar el cuajo y el peso del queso dos horas después de elaborarlos; además se realizó el pesaje del cuajo, de la sal y del molde que se utilizaron durante el proceso. En el análisis estadístico del rendimiento se usó un diseño completamente al azar y la diferencia entre medias fue mediante la prueba Tukey ($\alpha=0.05$).

Antes del análisis sensorial, durante 60 días, se entrenó un grupo de 22 candidatos a jueces. Inicialmente se les capacitó teóricamente acerca del análisis organoléptico, y posteriormente se aplicaron pruebas discriminativas y descriptivas con quesos frescos adquiridos en diferentes puntos de venta de la ciudad de Oaxaca. Al final del entrenamiento se seleccionaron a 11 jueces, que se les otorgó la categoría de semientrenado.

En el análisis sensorial se utilizaron dos pruebas discriminativas (Triangular y dos de cinco), una de aceptación (Directa al consumidor) y dos descriptivas (Textura y sabor), de acuerdo con la metodología establecida por Olivas-Gastelum et al. (2009). En la prueba triangular, a cada juez se le presentó una charola con tres muestras, dos de un tipo de queso y otra con el otro tipo, la evaluación se realizó de izquierda a derecha, inmediatamente después el juez indicó la muestra diferente. En la prueba dos de cinco, a cada juez, se le presentó una charola con cinco muestras, dos de un tipo de queso y tres del otro tipo, la evaluación consistió en identificar el grupo de dos muestras similares. La prueba de aceptación se aplicó a 50 consumidores que no requirieron entrenamiento, ya que solo se solicitó que señalaran el

queso de su preferencia, de los dos presentados. Para los perfiles de sabor y textura se utilizó una escala gráfica de 10 cm; donde 0 cm=mínima intensidad y 10 cm=máxima intensidad. En el formato de respuesta se pidió a los jueces que señalaran la intensidad (Meilgaard et al., 2015).

Los datos de la prueba triangular se analizaron con la tabla número 8 de Meilgaard et al. (2015), con una significancia estadística de $\alpha=0.05$; basta con que 7, de 11 jueces, coincidan en señalar que existe diferencia entre las dos muestras de queso para que se pueda afirmar que poseen características distintas. Para analizar los datos obtenidos en la prueba dos de cinco se utilizó la tabla número 14 propuesta por Meilgaard et al. (2015) con significancia estadística de $\alpha=0.05$; en este caso, sólo es necesario que 4, de 11 jueces, detecten diferencia para determinar diferencia entre muestras. Los datos obtenidos en la prueba de aceptación se analizaron con la tabla de estimación de significancia, $P=1/2$, de dos colas (Olivas-Gastelum, 2009). Las variables fisicoquímicas y los atributos de los perfiles de sabor y textura se ajustaron a un diseño completamente aleatorizado a través de un modelo lineal generalizado y la diferencia entre medias, fue mediante la prueba de Tukey ($P\leq 0.05$).

RESULTADOS

La leche positiva a la prueba del alcohol (PPA) y la leche normal o negativa a la prueba del alcohol (NPA) utilizadas en la elaboración de queso fresco, presentaron características físicas y químicas similares ($P>0.05$), (Cuadro 1). Los promedios generales fueron los siguientes: 19.8 °C en temperatura, 4.5% de grasa, 8.1% de sólidos no grasos, 4.9% de proteína, 4.5% de lactosa, 13.7% de sólidos totales 32.4 de densidad y 6.7 de pH.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de la leche positiva y negativa a la prueba del alcohol.

Variable	Positivo	Negativo	EEM	Significancia
Temperatura ° C	19.89	19.89	0.21	NS
Grasa, %	4.59	4.36	0.30	NS
SNG, %	8.03	8.17	1.08	NS
Densidad, g mL ⁻¹	1.03	1.03	0.29	NS
Proteína, %	4.84	4.93	1.43	NS
Lactosa, %	4.47	4.55	0.35	NS
Sólidos Totales%	13.69	13.63	0.34	NS
pH	6.73	6.72	0.1	NS

SNG: sólidos no grasos; EEM: error estándar de la media; NS: no significativo.

El rendimiento del queso fresco se afectó ($P \leq 0.05$) por el tipo de leche, ya que el queso elaborado con leche NPA presentó un rendimiento de 12.28%, 0.8% mayor a los quesos de leche PPA (11.48%).

En el análisis sensorial, la prueba triangular mostró que el queso elaborado con leche PPA tiene características distintivas ($P \leq 0.05$) al queso de leche NPA; ya que 7 de los 11 jueces coincidieron (Meilgaard *et al.*, 2015). En la prueba de cinco se observó la misma tendencia, 5 de los 11 jueces observaron diferencia entre las dos muestras de queso; por lo tanto, existen diferencias organolépticas ($P \leq 0.01$).

La prueba de aceptación mostró que 37.25% de los jueces aceptaron el queso elaborado con leche PPA; lo que representa 33.34% menos de aceptación que el queso de leche NPA (70.59%).

Dos atributos de textura, crujiente y grasoso presentaron promedios de intensidad similares ($P > 0.05$) entre los dos tipos de queso, 3.56 y 3.83, respectivamente, en una escala de 10 puntos (Figura 1). Los atributos de dureza y porosidad presentaron diferencias importantes ($P < 0.05$) entre los tipos de queso; el queso de leche PPA presentó 13.2% mayor intensidad de dureza y 16.7% mayor intensidad de porosidad, que el queso elaborado con leche NPA.

En el perfil de sabor, los atributos de salado, agrio, amargo y dulce no presentaron diferencia ($P > 0.05$) entre tipos de queso (Figura 2); los promedios fueron 6.48, 2.30, 1.58 y 2.69, respectivamente. Sin embargo, el queso de leche PPA presentó menor sabor residual ($P \leq 0.05$)

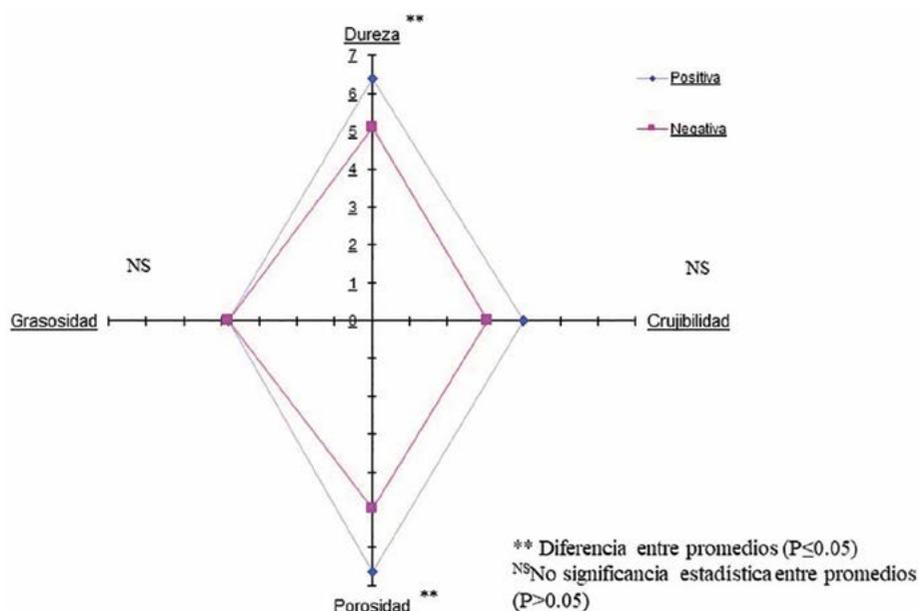


Figura 2. Promedios de intensidad (en escala de 0 a 10) de cuatro atributos del perfil de textura de queso producido con leche positiva y negativa a la prueba del alcohol.

comparado con el queso de leche NPA (4.12).

DISCUSIÓN

Los parámetros físicos y químicos observados en la leche positiva y negativa al alcohol tuvieron valores similares para ambos tipos de leche. Estos parámetros son similares a los reportados por Calderon *et al.* (2007) y Juárez-Barriento *et al.*

(2016) para bovinos de doble propósito, así como para ganado bovino utilizado en zonas de clima tropical en México como lo reportado por Manzur-Cruz *et al.* (2012).

La diferencia en el rendimiento del queso puede deberse a que la leche PPA coagula más rápido, evitando la recuperación de la mayoría de proteína sérica y disminuyendo el ren-

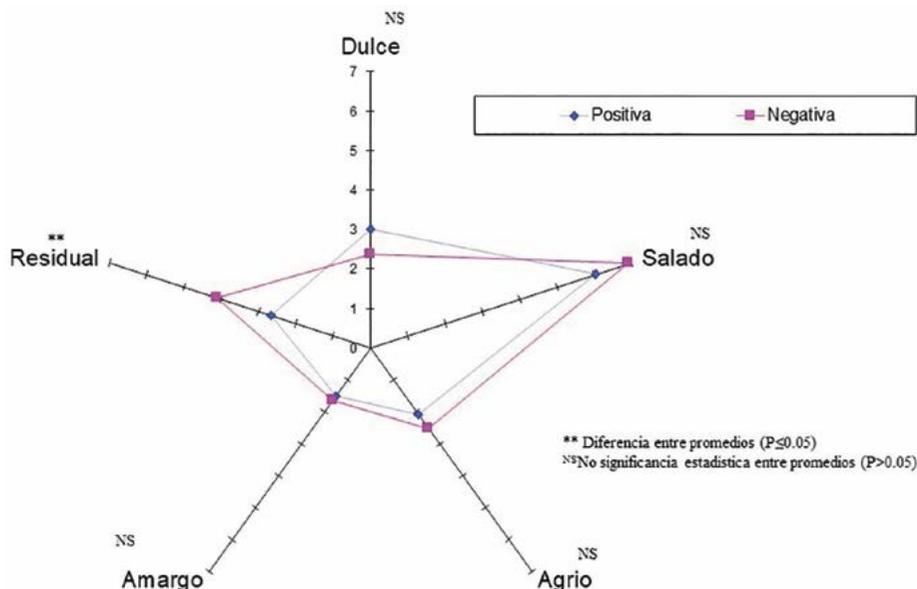


Figura 3. Promedios de intensidad (en escala de 0 a 10) de cinco atributos del perfil de sabor de queso producido con leche positiva y negativa a la prueba del alcohol.

diminución en la producción de queso fresco (Philippe et al., 2004; Singh et al., 2007; Sievanen et al., 2008). El contenido de grasa y proteínas totales en la leche, también contribuyen en el comportamiento del rendimiento del queso (Law y Tamime, 2010). No obstante, la leche PPA y NPA presentaron promedios similares ($P > 0.05$) de contenido de proteínas y grasa; por lo tanto, no se puede atribuir el bajo rendimiento a dicho factor (Bittante et al., 2013).

La mayor dureza y porosidad del queso elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol, puede ser indicativo de pérdida de humedad, lo que provoca disminución en la hidratación de las proteínas y por consiguiente mayor interacción y firmeza de la matriz proteica (Enab et al., 2012; Fox et al., 2017).

Aunque en el estudio, los promedios de pH fueron similares ($P > 0.05$) entre la leche positiva y negativa a la prueba del alcohol. El pH puede afectar la textura del queso ya que tiene un marcado efecto en la red proteica, y un pH cercano al punto isoeléctrico (4.6) contribuye a una mayor fuerza iónica; por lo tanto, la red de caseína se compacta formando quesos duros (Watkinson et al., 2001). Cuando el pH se incrementa y se aleja del punto isoeléctrico, las caseínas presentan carga negativa, generan repulsión entre las proteínas que forman la red caseína, lo que se refleja en la producción de queso menos compacto, más elástico y con mayor humedad (Lu et al., 2008).

Otro factor importante que puede afectar la dureza y la porosidad del queso fresco es la cantidad de sal adicionada (Guinee et al., 2014). En este estudio este factor no alteró los resultados en los quesos analizados, dado que en la elaboración de los dos tipos de queso se usó 4.5% de sal, misma que está dentro del rango recomendado (Sutherland, 2002; Guinee y Fox, 2004).

El sabor a sal es una característica propia de los quesos frescos. De hecho, se han observado altas intensidades de sabor a sal en quesos frescos elaborados en las regiones Costa, Istmo y Sierra sur del estado de Oaxaca (Gómez et al., 2010). Ramírez-Navas et al. (2017) reportó que a un pH < 5.0 se obtendrá una menor incorporación de sal en comparación con un pH > 5.8 donde es mayor (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2012).

CONCLUSIÓN

El queso elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol (PPA)

posee características diferentes al queso elaborado con leche negativa a la prueba del alcohol (NPA). Estas diferencias provocan una baja aceptación por parte del consumidor. La poca aceptación del queso elaborado con leche positiva a la prueba del alcohol se debe a un mayor grado de dureza y porosidad; pero sobre todo por un sabor residual poco intenso que no se prolonga después de la degustación.

LITERATURA CITADA

- Agudelo, G.D.A. & Bedolla, M.O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 38-42.
- Alvarado, C., Zerpa, G., Meléndez, B., Giménez, O. & Vivas, I. (2006). Uso de la prueba del alcohol en la estimación de la estabilidad proteica en leche de un rebaño Holstein de la zona central de Venezuela. *Memorias del XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal de la AVPA*. 25-27 de septiembre. UNERG. San Juan de los Morros, Guárico. Venezuela.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Ronchi, B. & Nardone, A. (2002). Effects of the Hot Season on Milk Protein Fractions in Holstein Cows. *Animal Research*, 51, 25-33.
- Bittante, G., Cipolat-Gotet, C. & Cecchinato, A. (2013). Genetic parameters of different measures of cheese yield and milk nutrient recovery from an individual model cheese-manufacturing process. *Journal of Dairy Science*, 96, 7966-7979.
- Calderón, R.A., Rodríguez, R.V. & Vélez, R.S. (2007). Evaluación de la Calidad Composicional de leches en cuatro procesadoras de queso en el municipio de Montería, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootécnica Córdoba*, 12(1), 912-920.
- CANILEC. (2011). El libro blanco de la leche y los productos lácteos. Cámara Nacional de Industriales de la Leche. México. pp. 85-89.
- Carrera, R.A.M., Santiago, V., M.E. & Sainz, P.J.L. (2011). Manual de Normas de Calidad de Insumos y Productos Elaborados por Liconsa. México. pp.17.
- Clark, S. (2016). Sensory evaluation of milk. Chapter 5 in: *Achieving Sustainable Production of Milk Volume 1*. Edited by N. van Belzen. Burleigh Dodds Science Publishing Ltd. Part 1 No. 5. pp. 159-181.
- Enab, A.K., Fatma, A.M.H., Mona, A.M.E.G. (2012). Effect of manufacture steps on cheese structure (review). *International Journal of Academic Research*, 4(6), 79-89.
- Fox, P.F., Cogan, T.M. & Guinee, T.P. (2017). Factors that affect the quality of cheese. Chapter 25. In P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter & D. W. Everett (Eds.). *Cheese. Chemistry, Physics and Microbiology* (617-641). Dordrecht, The Netherlands: Elsevier.
- Guinee T.P. & Fox. P.F. (2004). Salt in cheese: Physical, chemical and biological aspects. In: P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, T. P. Guinee (Eds.) *Cheese: chemistry, physics and microbiology* (207-259). London, UK: Elsevier.
- Guinee, T.P., Johnson, M.E. & Skeie, S. (2014). Good manufacturing practices for achieving target salt levels in cheese. In: Paquin P. & Labrie S. (Eds.), *International Dairy Federation Special Issue*

- 1401: The Importance of Salt in the Manufacture and Ripening of Cheese. International Dairy Federation, Brussels, (pp. 61–73). Brussels, Belgium: International Dairy Federation.
- Gómez, A.T., Hernández, C.M., López, V.J., Santiago, C.R., Ramón, C.L.G., Juárez B.J.M. & Ramírez, R.E.J. (2010). Caracterización Sensorial del Queso Fresco "Cuajada" en Tres Localidades de Oaxaca, México: Diferencias en la Percepción Sensorial. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 127-140.
- Juárez-Barrientos, J.M., Díaz-Rivera, P., Rodríguez-Miranda, J., Martínez-Sánchez C.E., Hernández-Santos, B., Ramírez-Rivera, E., Torruco-Uco, J.G. & Herman-Lara, E. (2016). Caracterización de la leche y clasificación de calidad mediante análisis cluster en sistema de doble propósito. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 525-537.
- Law, B.A. & Tamine, A.Y. (2010). *Technology of cheesemaking*, 2nd edition. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Lu, Y., Shirashoji, N., & Lucey, J.A. (2008). Effects of pH on the textural properties and meltability of pasteurized process cheese made with different types of emulsifying salts. *Journal of Food Science*, 73, E363–E369.
- Manzur-Cruz, A., Ruiz-Rojas, J.L., Sánchez-Muñoz, B., Cruz-López, J.L., Orantes-Zebadúa, M.A., Lau-Sánchez, A. & Castellanos-Coutiño, A. (2012). Análisis de la composición química de leche en las explotaciones lecheras en las regiones 01 Centro y 04 Frailesca de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1(14), 14-20.
- Meilgaard, N., Civille, G.V. & Carr, B.T. (2015). *Sensory Evaluation Techniques*. 5th ed. Boca Ratón, Florida: CRC Press.
- Molina, L.H., González, R., Brito, C., Carrillo, B., & Pinto, M. (2001). Correlación entre la termo estabilidad y prueba de alcohol de la leche a nivel de un centro de acopio lechero. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 33(2), 233-240.
- NMX-F-700-COFOCALEX-2012. (2012). Norma oficial mexicana sobre "Sistema producto leche-alimento-lácteo-Leche cruda de vaca-especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba". Sistema Producto Leche. Organismo Nacional de Normalización del COFOCALEC.
- Olivas-Gastélum, R., Nevárez-Moorillón, G.V. & Gastélum-Franco, M.G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua*, 3, 1-7.
- Philippe, M, Gaucheron, F, & Le, G.Y. (2004). Physicochemical characteristics of calcium-supplemented skim milk: comparison of three calcium salts. *Milk and Dairy Journal*, 59, 498-502.
- Ramírez-Navas, J.S., Aguirre-Londoño, J., Aristizabal-Ferreira, V.A. & Castro-Narváez, S. (2017). La sal en el queso: diversas interacciones. *Agronomía mesoamericana*, 28, 303-316.
- Ramírez-López, C. & Vélez-Ruiz, J.F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 131-148.
- Sievanen, K., Huppertz, T., Kelly, A.L. & Fox, P.F. (2008). Influence of added calcium chloride on the heat stability of unconcentrated and concentrated bovine milk. *International Journal of Dairy Technology*, 61, 151-155.
- Singh, G., Arora, S., Sharma, G.S, Sindhu J.S, Kansal, V.K. & Sangwan, R.B. (2007). Heat stability and calcium bioavailability of calcium-fortified milk. *LWT Food Science and Technology*, 40, 625-631.
- Schopen, G.C.B., Heck, J.M.L., Bovenhuis, H., Visker, M.H.P.W., van Valenberg, H.J.F. & van Arendonk, J.A.M. (2009). Genetic parameters for mayor milk proteins in Dutch Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*, 92, 1182-1191.
- Sutherland, B.J. (2002). Cheese: salting of cheese. In R. Hubert (Ed.), *Encyclopedia of dairy sciences* (293-300). Oxford, UK: Elsevier.
- Tyasi, T.L., Gxasheka, M. & Tlabela C.P. (2015). Assessing the effect of nutrition on milk composition of dairy cows: A review. *International Journal of Current Science*, 17, 56-63.
- Watkinson, P., Coker, C., Crawford R., Dodds, C., Johnston, K., McKenna, A., & White, N. (2001). Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. *International Dairy Journal*, 11, 455-464.

Productive performance and welfare indicators in pastured broiler chickens

Comportamiento productivo e indicadores de bienestar en pollos de engorda en pastoreo

González-León, Marco Antonio¹; González-Cerón, Fernando^{1*}; Pro-Martínez Arturo²; Sosa-Montes, Eliseo¹; Martínez-Martínez, Uriel²; Rivas-Jacobo, Marco Antonio³

¹Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ³Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., México. C. P. 78321

*Autor para correspondencia: fgceron@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the productive performance and welfare indicators of pastured broiler chickens.

Methodology: One hundred sixty-eight straight-run broilers Ross 308 of 33 d of age were randomly assigned to two treatments: T1, confinement with *ad libitum* feeding and T2, system with eight hours of pasture access and concentrated feed restricted to 40% of the consumption of T1 chickens. Productive performance from 33 to 54 d of age, walking ability (Hc), latency to lie down (Lp), foot pad lesions (Qp), valgus/varus angulation (AngV), tendon breaking strength (RRTe) and tibia breaking strength (RRTi), were evaluated.

Results: Productive performance between treatments was different ($P<0.05$). Chickens in T1 had a higher live weight at 54 d of age ($3,379\pm 39$ g) than T2 ($2,223\pm 39$ g). Likewise, feed conversion ratio from 33 to 54 d of age was lower in confined birds (2.05 ± 0.05 g/g) than in pastured chickens (2.28 ± 0.05 g/g). These latter birds showed a better ($P<0.05$) Hc and Lp, but no differences were detected between treatments ($P\geq 0.05$) for AngV, Qp and RRTe.

Implications of the study: The results are only valid for straight-run Ross 308 broiler chickens and under the specified management conditions.

Conclusion: Pasture-raised broiler chickens with restricted consumption of concentrated feed, have better welfare indicators (Hc and Lp), but worse productive performance.

Keywords: pasture, welfare, productive performance.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el comportamiento productivo e indicadores de bienestar de pollos de engorda en pastoreo.

Metodología: Se utilizaron 168 pollos mixtos Ross 308 de 33 d de edad, que se asignaron al azar a dos tratamientos: T1, crianza en confinamiento con alimentación *ad libitum* y T2, sistema con ocho horas de pastoreo y ración de concentrado restringida al 40% del consumo de los pollos del T1. Se evaluó el comportamiento productivo de 33 a 54 d de edad, habilidad para caminar (Hc), latencia a postrarse (Lp), quemadura de almohadillas plantares (Qp), angulación valgus/varus (AngV), resistencia a la ruptura del tendón gastrocnemio (RRTe) y de la tibia (RRTi).

Resultados: El comportamiento productivo entre tratamientos fue diferente ($P < 0.05$). Los pollos en T1 tuvieron mayor peso vivo a 54 d de edad ($3,379 \pm 39$ g) que T2 ($2,223 \pm 39$ g). Asimismo, la conversión alimenticia de 33 a 54 d de edad fue menor en aves confinamiento (2.05 ± 0.05 g/g) que en pastoreo (2.28 ± 0.05 g/g). Estas últimas mostraron una mejor ($P < 0.05$) Hc y Lp, pero no se detectaron diferencias entre tratamientos ($P \geq 0.05$) para AngV, Qp y RRTe.

Implicaciones del estudio: Los resultados obtenidos sólo son válidos para pollos de engorda mixtos Ross 308 y bajo las condiciones de manejo especificadas.

Conclusión: El pastoreo con restricción del consumo de concentrado, mejora los indicadores de bienestar Hc y Lp, pero afecta el comportamiento productivo.

Palabras clave: pastoreo, bienestar, comportamiento productivo.

durante los meses de noviembre y diciembre de 2017. De acuerdo con la clasificación de García (2004), el clima del lugar es templado subhúmedo con lluvias en verano (C(wo)(w)b(i')), con una precipitación media anual de 625 mm y una temperatura media de 15.1 °C.

Instalaciones y equipo

Durante el confinamiento en caseta, las aves se alojaron en corrales de 1.1×1.4 m, en grupos de 14 aves (9.1 aves/m^2), con cama de viruta de madera de cinco centímetros de espesor. Cada corral tenía un comedero de tolva y un bebedero de plástico de seis litros. Se utilizaron lámparas incandescentes para proporcionar un programa de luz y lámparas de luz infrarroja para mantener la temperatura adecuada durante todo el experimento. Cuando las aves tuvieron acceso al pastoreo, éstas se contuvieron en corrales de 2.8×6.0 m, con bebederos de plástico de tres litros.

Animales y manejo

Se utilizaron 168 pollos mixtos Ross 308, de 33 días de edad, los cuales se asignaron al azar a dos tratamientos con seis repeticiones de 14 pollos cada una. Los tratamientos evaluados fueron: T1, sistema de crianza en confinamiento con alimentación *ad libitum* y T2, sistema con ocho horas de pastoreo (de 9:00 am a 5:00 pm) en una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), con una ración de concentrado restringida al 40% del consumo de los pollos del T1. El alimento concentrado (19% proteína cruda/3,148 kcal EM kg^{-1}) se ofreció en forma de harina.

Variables evaluadas

La ganancia de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia, se registraron semanalmente, pero

INTRODUCCIÓN

La producción de pollos en sistemas de cría extensivos se ha incrementado en los últimos años, sobre todo por motivos de bienestar animal (Elson, 2015; Stading *et al.*, 2017). La importancia de incorporar nuevas modalidades productivas radica en cubrir la demanda, cada vez mayor de la sociedad, que se preocupa por el sabor y la calidad de sus alimentos (Sossidou *et al.*, 2015).

Los problemas de patas en pollos de engorda pueden ser una de las condiciones más costosas, debido a una disminución en la eficiencia productiva, el sacrificio y la mortalidad; estos problemas causan dolor y afectan el bienestar de las aves (Yildiz *et al.*, 2009); además, reducen el consumo de alimento y la ganancia de peso (Danbury *et al.*, 2000). Los problemas más comunes son discondroplasia tibial y deformidades angulares óseas valgus-varus (curvado hacia adentro-curvado hacia afuera) (Waldenstedt, 2006).

El pastoreo promueve la actividad física de los pollos (Sherlock *et al.*, 2010) y ésta es importante para la formación de los huesos de animales en crecimiento (Bessei, 2006). Moussa *et al.* (2008) indican que el nivel de actividad física puede influir sobre los cambios bioquímicos y biomecánicos del hueso, e incrementar la síntesis de colágeno del tendón gastrocnemio (Kjaer *et al.*, 2006). Benevides *et al.* (2004) demostraron que el tendón flexor digital superficial de pollos con actividad física presentó altas cantidades de colágeno comparado con pollos criados en jaulas. Existen pocos estudios en relación al efecto del pastoreo en indicadores de bienestar animal, la presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo e indicadores de bienestar en pollos de engorda en un sistema en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y periodo

La investigación se realizó en la Granja Avícola Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el km 18.5 de la carretera México-Lechería, Texcoco, Estado de México, a 19° 29' 13.7" latitud norte y 98° 53' 48.0" longitud oeste y a una altitud de 2278 m,

se reporta el comportamiento productivo acumulado de 33 a 54 d de edad. El consumo de forraje se estimó mediante la técnica modificada de Swart descrita por Lantinga et al. (2004), que consiste en obtener muestras del forraje presente en un marco metálico (0.25 m²) en cada corral, antes y después de dos días de ocupación de la pradera.

Al día 49 de edad se seleccionaron de manera aleatoria 42 aves por tratamiento (siete pollos por repetición), para evaluar la habilidad para caminar (Hc), latencia a postrarse (Lp), angulación valgus/varus (AngV) y quemaduras en las almohadillas plantares (Qp). Para la Hc se utilizó la escala desarrollada por Kestin et al. (1992) y modificada por Garner et al. (2002), donde la variable se registra en una escala de 0 a 5, de tal forma que: 0, pollo diestro y ágil; 1, pollo con leve defecto al caminar; 2, ave con problemas evidentes para caminar; 3, anormalidad obvia que afecta la habilidad del ave para moverse; 4, pollo con severo defecto al caminar, solamente camina cuando se estimula y 5, ave que no puede caminar.

La AngV se midió de acuerdo a la metodología descrita por Moller et al. (1995). La escala de evaluación para esta variable fue de 0 a 3 donde: 0, indica no angulación; 1, pollos con poca angulación; 2, aves con angulación evidente y 3, angulación severa. En la evaluación de Lp se utilizó la prueba descrita por Berg y Sanotra (2003). Esta prueba se basa en el hecho de que el contacto corporal con el agua es una experiencia aversiva para los pollos de engorda. De manera individual, cada ave se colocó dentro de un contenedor de plástico con agua a tres centímetros de altura y temperatura de 32 °C, posteriormente se procedió a tomar el tiempo (s) transcurrido hasta el momento en que el ave se postró por completo. La prueba se suspendió si el ave permaneció de pie después de 600 s. La Qp de cada ave se determinó de acuerdo con la metodología descrita por Su et al. (1999). Ambas piernas se evaluaron en una escala de 0 a 3 donde: 0, pollo sin daños; 1, ave con daño menor; 2, presencia de un daño evidente; y 3, pollo con quemaduras extendidas e inflamación.

Al día 55 de edad, se seleccionaron y sacrificaron 36 aves por tratamiento (seis pollos por repetición) para determinar resistencia a la ruptura del tendón gastrocnemio (RRTe) y de la tibia (RRTi). Para ello, los extremos de los tendones se sumergieron en nitrógeno líquido y se fijaron con papel lija en los soportes de un Vernier Force Plate (Software & Technology, Beaverton, USA), para ser tensados y registrar la fuerza de corte en Newtons (N). La resistencia a la ruptura de la tibia se evaluó con el mismo equipo, la fuerza máxima de ruptura también se reportó en N.

Análisis estadístico

Las variables evaluadas se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar. Mientras que, para los datos de comportamiento productivo, Lp, RRTe y RRTi se utilizó el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2011), la información de Hc, AngV y Qp, se analizó con los procedimientos GLIMMIX y FREQ del mismo programa estadístico. Las diferencias estadísticas fueron establecidas a $P < 0.05$, y las medias fueron separadas usando la prueba de Tukey.

RESULTADOS

Comportamiento productivo acumulado

El peso vivo a 54 d de edad (T1: 3,379±39 g, T2: 2,223±39 g), la ganancia de peso (T1: 1,818±176 g, T2: 655±176 g), el consumo de alimento (T1: 3,729±338 g, T2: 1,486±338 g) y la conversión alimenticia (T1: 2.05±0.05 g/g, T2: 2.28±0.05 g/g) de 33 a 54 d de edad, fueron diferentes ($P < 0.05$) entre tratamientos. El consumo promedio de forraje fue de 19.9 g de materia seca por ave por día.

Indicadores de bienestar animal

Las aves en confinamiento mostraron menor ($P < 0.05$) habilidad para caminar que las aves en pastoreo. La mayor proporción de aves en confinamiento obtuvieron una puntuación de 1 o 2 (61.9 y 21.4%, respectivamente), mientras que las aves de pastoreo en su mayoría (95.2%) fueron evaluadas como pollos diestros y ágiles (puntuación = 0). La Lp de las aves fue diferente



($P < 0.05$) entre tratamientos. Mientras que todas las aves del sistema de pastoreo se mantuvieron sin postrarse los 600 segundos que duró la prueba, las aves en confinamiento mostraron un tiempo de 366 ± 23 segundos. La AngV no fue diferente ($P \geq 0.05$) entre tratamientos. Tanto T1 como T2 tuvieron la mayor parte de las aves sin angulación (59.5 y 78.6%, respectivamente) y una menor proporción (35.7 y 21.4%, respectivamente) se calificó como pollos con poca angulación (puntuación = 1). La variable Qp tampoco fue diferente entre tratamientos ($P \geq 0.05$). Ningún pollo de pastoreo presentó quemaduras en las almohadillas plantares, mientras que en el sistema de confinamiento hubo aves con daños menores (33.3%) y con presencia de un daño evidente (7.1%), sin embargo, la mayor proporción no tuvo problemas en las almohadillas (59.5%). Por otro lado, los pollos en confinamiento tuvieron una mayor ($P < 0.05$) RRTi respecto a las aves en pastoreo (T1: 186.6 ± 7.3 N, T2: 131.0 ± 7.3 N), pero la RRTe no fue diferente ($P \geq 0.05$) entre tratamientos (209.4 ± 10.9 N y 206.2 ± 10.9 N, respectivamente).

DISCUSIÓN

Comportamiento productivo acumulado

El consumo de alimento concentrado en los pollos en pastoreo fue menor debido a la restricción asignada en estas aves, lo cual afectó a las variables asociadas al peso, estos resultados concuerdan con Ponte *et al.* (2008) quienes mencionan que la restricción alimenticia disminuye la ganancia de peso y el peso vivo final del pollo.

Debido a la menor ganancia de peso, la conversión alimenticia se

incrementó en los pollos en pastoreo, de manera similar a lo que reportan Bowes *et al.* (1988) quienes observaron una mayor conversión en pollos de engorda con 25% de restricción en el consumo de alimento, en comparación con el grupo alimentado *ad libitum*. La estimación del consumo de forraje en los sistemas avícolas es difícil y se han llevado a cabo pocos estudios. En gallinas de postura, se menciona que el consumo de forraje varía de 9 a 48 g de materia seca $\text{ave}^{-1} \text{ día}^{-1}$, cuando son alimentadas con una dieta balanceada *ad libitum* (Horsted *et al.*, 2007). Rivera-Ferre *et al.* (2007) realizaron un experimento con pollos de engorda y encontraron que el consumo de forraje promedio es de 10.7 g de materia seca $\text{pollo}^{-1} \text{ día}^{-1}$, cuando acceden a alimento balanceado *ad libitum*, independientemente del tipo de vegetación. El consumo de forraje encontrado en este experimento, es mayor a lo reportado por Rivera-Ferre *et al.* (2007), lo cual pudo deberse a la restricción de alimento concentrado, ya que el consumo de forraje se favorece cuando el nivel de restricción alimenticia aumenta (Ponte *et al.*, 2008).

Indicadores de bienestar animal

La mejor Hc observada en los pollos criados en pastoreo pudo deberse al menor peso corporal que presentaron estas aves, ya que existe una correlación positiva entre la puntuación de Hc y el peso corporal (Kestin *et al.*, 1992). Otro factor que podría explicar este resultado, es que las aves en T2 realizaron más ejercicio (Stadig *et al.*, 2017), lo que fomentó un mejor desarrollo de los huesos (Aguado *et al.*, 2015). Reiter y Bessei (1995), encontraron que el aumentar la actividad física

del pollo de engorda, mejora su capacidad de caminar y el desarrollo óseo. La Lp observada en los pollos en pastoreo está relacionada con una mayor habilidad para caminar (Berg y Sanotra, 2003). Weeks *et al.* (2002) observaron una correlación negativa (-0.36 ; $P \leq 0.0001$) entre el tiempo que permanecieron de pie y la puntuación de la habilidad para caminar. Los resultados en términos de AngV y Qp pueden explicarse por la densidad (aves/m^2) utilizada en el experimento, ya que Vargas *et al.* (2017) mencionan que con una baja densidad y buen estado de la cama, los daños por AngV y Qp disminuyen.

La diferencia observada en RRTi no coincide con autores que mencionan que al aumentar la actividad física de los pollos de engorda, se mejora la mineralización, rigidez y desarrollo de los huesos (Reiter y Bessei, 1995; Foutz *et al.*, 2007a; Sherlock *et al.*, 2010; Aguado *et al.*, 2015). La menor fuerza que se necesitó para fracturar las tibias de los pollos en pastoreo, probablemente se debió a la restricción de alimento impuesta, ya que redujo el consumo de nutrientes (Ponte *et al.*, 2008), en especial del Ca y P, indispensables para la mineralización ósea (Shim *et al.*, 2012). Lo observado en RRTe, coincide con Foutz *et al.* (2007b), quienes mencionan que el aumento del ejercicio físico no afecta la fuerza, rigidez ni el tamaño del tendón gastrocnemio de los pollos de engorda.

CONCLUSIÓN

El sistema de producción en pastoreo con restricción del consumo de concentrado, mejora algunos indicadores de bienestar animal (Hc y Lp), pero afecta negativamente el comportamiento productivo.

LITERATURA CITADA

- Aguado, E., Pascaretti-Grizon, F., Goyenvalle, E., Audran, M. y Chappard, D. (2015). Bone mass and bone quality are altered by hypoactivity in the chicken. *PLoS ONE*, 10 (1):e0116763.
- Benevides, G. P., Pimentel, E.R., Toyama, M.H., Novello, J.C., Marangoni, S. y Gomes, L. (2004). Biochemical and biomechanical analysis of tendons of caged and penned chickens. *Connective Tissue Research*, 45, 206-215.
- Berg, C. y Sanotra, G. S. (2003). Can a modified latency-to-lie test be used to validate gait-scoring results in commercial broiler flocks? *Animal Welfare*, 12, 655-659.
- Bessei, W. (2006). Welfare of broilers: a review. *World's Poultry Science Journal*, 62, 455-466.
- Bowes, V.A., Julian, R.J., Leeson, S. y Stritzinger, T. (1988). Effect of feed restriction on feed efficiency and incidence of sudden death syndrome in broiler chickens. *Poultry Science*, 67, 1102-1104.
- Danbury, T.C., Weeks, C.A., Chambers, J.P., Waterman-Pearson, A.E. y Kestin, S.C. (2000). Self-selection of the analgesic drug carprofen by lame broilers chickens. *Veterinary Record*, 146, 307-311.
- Elson, H.A. (2015). Poultry welfare in intensive and extensive production systems. *World's Poultry Science Journal*, 71, 449-460.
- Foutz, T.L., Griffin, A., Halper, J. y Rowland, G. (2007a). Effects of activity on avian gastrocnemius tendon. *Poultry Science*, 86, 211-218.
- Foutz, T.L., Griffin, A., Halper, J. y Rowland, G. (2007b). Effects of increased physical activity on juvenile avian bone. *Transactions of the ASABE*, 50, 213-219.
- García, M.E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª edición. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garner, J.P., Falcone, C., Wakenell, P., Martin, M. y Mench, J.A. (2002). Reliability and validity of a modified gait scoring system and its use in assessing tibial dyschondroplasia in broilers. *British Poultry Science*, 43, 355-363.
- Horsted, K., Hermansen, J.E. y Ranvig, H. (2007). Crop content in nutrient-restricted versus non-restricted organic laying hens with access to different forage vegetations. *British Poultry Science*, 48, 177-184.
- Kestin, S.C., Knowles, T.G., Tinch, A.E. y Gregory, N.G. (1992). Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Veterinary Record*, 131, 190-194.
- Kjaer, M., Magnusson, P., Krogsgaard, M., Møller, J.B., Olesen, J., Heinemeier, K., Hansen, M. y Langberg, H. (2006). Extracellular matrix adaptation of tendon and skeletal muscle to exercise. *Journal of Anatomy*, 208, 445-450.
- Lantinga, E.A., Neuteboom, J.H. y Meijis, J.A.C. (2004). *Sward methods. Herbage Intake Handbook*. 2nd ed. UK: The British Grassland Society.
- Moller, A.P., Sanotra, G.S. y Vertergaard, K.S. (1995). Developmental stability in relation to population density and breed of chickens *Gallus gallus*. *Poultry Science*, 74, 761-771.
- Moussa, M., Swider, P., Babilé, R., Fernandez, X. y Rémignon, H. (2008). Effects of physical activities on biochemical and biomechanical properties of tendons in two commercial types of chickens. *Connective Tissue Research*, 49, 76-84.
- Ponte, P.I.P., Prates, J.A.M., Crespo, J.P., Crespo, D.G., Mourão, J.L., Alves, S.P. y Fontes, C.M.G.A. (2008). Restricting the intake of a cereal-based feed in free-range-pastured poultry: effects on performance and meat quality. *Poultry Science*, 87, 2032-2042.
- Reiter, K. y Bessei, W. (1995). Influence of running on leg weakness of slow and fast growing broilers. *Proc. 29th International Congress of the International Society for Applied Ethology*. Exeter, UK. p. 211-213.
- Rivera-Ferre, M.G., Lantinga, E.A. y Kwakkel, R.P. (2007). Herbage intake and use of outdoor area by organic broilers: effects of vegetation type and shelter addition. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 54, 279-291.
- SAS Institute Inc. (2011). *Base SAS® 9.3 Procedures Guide*. USA: SAS Institute.
- Sherlock, L., Demmers, T.G.M., Goodship, A.E., McCarthy, I.D. y Wathes, C.M. (2010). The relationship between physical activity and leg health in the broiler chicken. *British Poultry Science*, 51, 22-30.
- Shim, M.Y., Karnuah, A.B., Mitchell, A.D., Anthony, N.B., Pesti, G.M. y Aggrey, S.E. (2012). The effects of growth rate on leg morphology and tibia breaking strength, mineral density, mineral content, and bone ash in broilers. *Poultry Science*, 91, 1790-1795.
- Sossidou, E.N., Dal Bosco, A., Castellini, C. y Grashorn, M.A. (2015). Effects of pasture management on poultry welfare and meat quality in organic poultry production systems. *World's Poultry Science Journal*, 71, 375-384.
- Stadig, L.M., Rodenburg, T.B., Ampe, B., Reubens, B. y Tuytens, F.A.M. (2017). Effect of free-range access, shelter type and weather conditions on free-range use and welfare of slow-growing broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 192, 15-23.
- Su, G., Sorensen, P. y Kestin, S.C. (1999). Meal feeding is more effective than early feed restriction at reducing the prevalence of leg weakness in broiler chickens. *Poultry Science*, 78, 949-955.
- Vargas-Galicia A.J., Sosa-Montes, E., Rodríguez-Ortega, L.T., Pro-Martínez, A., Ruiz-Feria, C.A., González-Cerón, F., Gallegos-Sánchez, J., Arreola-Enríquez, J. y Bautista-Ortega, J. (2017). Effect of litter material and stocking density on bone and tendon strength, and productive performance in broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, 97, 673-682.
- Waldenstedt, L. (2006). Nutritional factors of importance for optimal leg health in broilers: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 126, 291-307.
- Weeks, C.A., Knowles, T.G., Gordon, R.G., Kerr, A.E., Peyton, S.T. y Tilbrook, N.T. (2002). New method for objectively assessing lameness in broiler chickens. *Veterinary Record*, 151, 762-764.
- Yildiz H., Petek, M., Sönmez, G., Arican, I. y Yilmaz, B. (2009). Effects of lighting schedule and ascorbic acid on performance and tibiotarsus bone characteristics in broilers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 33, 469-476.

Growth modeling of pasture or confinement-raised broiler chickens

Modelación del crecimiento de pollos de engorda criados en pastoreo o confinamiento

González-Cerón, Fernando^{1*}; Olaiz-González, Pablo René¹; Mata-Estrada, Analy²; Pro-Martínez, Arturo²; Sosa Montes, Eliseo¹; Fernández-de la O, Monserrat¹; Calzada-Marín, Jesús Miguel²; Rivas-Jacobo, Marco Antonio³

¹Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Programa de Ganadería. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ³Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., México. C. P. 78321.

*Autor para correspondencia: fgceron@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the growth of pasture or confinement-raised broiler chickens, using the Gompertz, Logistic and Richards models, and identify the most appropriate.

Methodology: One hundred ten straight-run broilers Ross 308 were distributed in two systems: pasture or confinement. Birds were weighed every week until 56 d of age. Three growth models (Gompertz, Logistic and Richards) were considered and compared based on three goodness of fit criteria (coefficient of determination, Akaike information criterion and Bayesian information criterion).

Results: The initial (L) and exponential (K) growth rates of the Gompertz and Logistic models, respectively, were higher in confined birds (L=0.1232, K=0.0779) compared to those raised in pasture (L=0.0944, K=0.0657). The maximum relative growth (K) of the Richards model was lower in chickens in confinement (0.0129) than in pasture system (0.0153). With the three models, higher asymptotic weights (WA) were estimated for confined chickens (3,967.1 to 9,095.5) compared to pasture birds (2,461.7 to 5,192.6). According to the criteria considered, the Richards model had the best fit.

Implications of study: The results are only valid for straight-run Ross 308 broiler chickens and under the specified management conditions.

Findings: The growth of pasture or confinement-raised broiler chickens can be described with the Gompertz, Logistic and Richards models, however, the latter has a better fit.

Keywords: broiler, growth curve, pasture.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el crecimiento de pollos de engorda criados en pastoreo o confinamiento, mediante los modelos Gompertz, Logístico y Richards, e identificar el más adecuado.



Metodología: Ciento diez pollos de engorda mixtos Ross 308 se distribuyeron en dos sistemas de crianza: pastoreo o confinamiento. Semanalmente se obtuvo el peso corporal de cada ave, hasta los 56 d de edad. Tres modelos de crecimiento (Gompertz, Logístico y Richards) fueron considerados y se compararon con base en tres criterios de bondad de ajuste (coeficiente de determinación, criterio de información de Akaike y criterio de información Bayesiano).

Resultados: Las tasas de crecimiento inicial (L) y exponencial (K) de los modelos Gompertz y Logístico, respectivamente, fueron mayores en las aves en confinamiento (L=0.1232, K=0.0779) respecto a las criadas en pastoreo (L=0.0944, K=0.0657). El máximo crecimiento relativo (K) del modelo Richards fue menor en pollos en confinamiento (0.0129) que en pastoreo (0.0153). Con los tres modelos, se estimaron mayores pesos asintóticos (WA) para los pollos en confinamiento (3,967.1 a 9,095.5) respecto a las aves en pastoreo (2,461.7 a 5,192.6). De acuerdo a los criterios considerados, el modelo Richards es el que tiene un mejor ajuste.

Implicaciones del estudio: Los resultados obtenidos sólo son válidos para pollos de engorda mixtos Ross 308 y bajo las condiciones de manejo especificadas.

Conclusión: El crecimiento de pollos de engorda criados en confinamiento o pastoreo, puede describirse con los modelos Gompertz, Logístico y Richards, sin embargo, este último tiene un mejor ajuste.

Palabras clave: pollo de engorda, curva de crecimiento, pastoreo.

manejo (confinamiento, semi-confinamiento, pastoreo, etc.) sobre dicha variable, es su modelación mediante funciones matemáticas (Wellok *et al.*, 2004). Aunque existen amplios antecedentes sobre el desarrollo de curvas de crecimiento del pollo de engorda (Aggrey, 2002; Roush *et al.*, 2006; Rizzi *et al.*, 2013), las investigaciones bajo el modelo de producción en pastoreo son limitadas (Dottavio *et al.*, 2007; Eleroglu *et al.*, 2014; Michalczyk *et al.*, 2016) y más aún en México. La crianza de aves para carne en condiciones de pastoreo puede ser de interés para el pequeño productor, dada la posible reducción del uso de alimento concentrado para generar un producto que contribuya a satisfacer sus necesidades de proteína y, eventualmente, dirigir los excedentes a mercados que demandan carne de pollo producida en sistemas alternativos.

El presente trabajo tiene por objetivos evaluar el crecimiento de pollos de engorda criados en confinamiento o pastoreo, mediante los modelos Gompertz, Logístico y Richards, e identificar el mejor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y manejo

Ciento diez pollos de engorda mixtos de cero d de edad, fueron alojados en 10 corrales de 1.08×1.65 m cada uno (11 aves/corral y 6.2 aves/m²) dentro de una caseta de ambiente natural de 39.1 m², con cama de viruta de madera de 2.5 cm de espesor. La temperatura de recepción fue de 32 °C y ésta se fue disminuyendo a razón de 2 °C por semana hasta alcanzar la temperatura ambiente a los 28 d de edad de las aves. Se elaboraron dos dietas en forma de harina que se administraron a los animales de acuerdo

INTRODUCCIÓN

De las carnes disponibles para consumo humano, la de pollo es de las más demandadas a nivel global (OECD-FAO, 2016) y en México (SIAP, 2018). En nuestro país, casi la totalidad de este producto pecuario es generado bajo las condiciones del sistema intensivo. Éste se caracteriza por el uso de aves especializadas, con máxima ganancia de peso y reducida conversión alimenticia, que son alojadas en instalaciones diseñadas para procurar un ambiente que garantice la expresión del potencial productivo del pollo de engorda (North y Bell, 1990).

En el sistema de producción intensivo de pollo de engorda se busca maximizar la producción de carne por unidad de superficie, lo que significa manejar una alta densidad de población. Esta característica del sistema y el crecimiento rápido del pollo de engorda moderno, se asocian a la incidencia de problemas metabólicos en las aves (Julian, 1998). Frente a este dilema, y por el interés del consumidor por adquirir productos pecuarios de calidad y generados bajo condiciones de bienestar animal, en años recientes han surgido sistemas alternativos de carne de pollo, como es la producción en pastoreo (Mikulski *et al.*, 2011).

La variable crecimiento no pierde relevancia aún bajo sistemas alternativos. Una forma de evaluar objetivamente el efecto de diferentes estrategias de

a su edad: iniciación (22% proteína cruda/3,025 kcal EM kg⁻¹) de 0 a 21 d de edad y finalización (19% proteína/3,200 kcal EM kg⁻¹) de 22 a 56 d de edad. De cero a 21 d de edad, todas las aves consumieron alimento a libertad, posteriormente se implementó un programa de restricción para prevenir problemas metabólicos, de manera que las aves consumieron alimento a libre acceso pero sólo por un periodo de 10 h al día, de 8:00 a 18:00 h. A partir de los 28 d de edad los pollos fueron separados en dos grupos de 55 aves cada uno y el alimento concentrado les fue ofrecido de acuerdo al sistema de producción [confinamiento (SPC) o pastoreo (SPP)] en el que continuaron su crianza. Las aves asignadas al SPC continuaron con la estrategia de alimentación implementada a partir de los 21 d de edad. En contraste, los pollos del SPP permanecieron en el interior de la caseta cada día por un periodo de 16 h (00:00 a 9:00 h y 17:00 a 00:00 h), durante las 8 h restantes (9:00 a 17:00 h) las aves eran colocadas en corrales móviles (1.08×1.65 m cada uno) ubicados en una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) donde pastoreaban el forraje. Los corrales móviles permanecían por un periodo de siete días en la misma sección de la pradera y posteriormente eran trasladados a una sección nueva que no había sido pastoreada por 45 d. Desde los 28 d de edad y hasta el fin del estudio, a los pollos del SPP se les ofreció sólo el 50% del alimento concentrado consumido por las aves en el SPC, al cual podían acceder por dos horas al día (8:00 a 9:00 h y 17:00 a 18:00 h), con el fin de estimular el consumo de forraje. El agua se ofreció *ad libitum* durante todo el periodo de observación, de 0 a 21 d de edad en bebederos

de iniciación con capacidad de 0.5 l y de 22 a 56 d en bebederos tipo vitrolero de 5 l de capacidad.

Datos

Los 55 pollos de cada sistema de producción (SPC y SPP) fueron pesados individualmente cada semana a partir de los 28 d de edad, por lo que al final del periodo de evaluación (56 d de edad) se obtuvieron 550 observaciones de peso vivo (PV), entre ambos sistemas, que fueron utilizadas para la estimación de parámetros de modelos de crecimiento.

Modelos de crecimiento

Tres modelos de crecimiento fueron evaluados: Gompertz-Laird (Laird et al., 1965), Logístico (Robertson, 1923) y Richards (Richards, 1959). La expresión correspondiente al modelo Gompertz-Laird fue $W_t = W_0 \exp[(L/K)(1 - \exp(-Kt))]$, donde W_t es el PV del ave en el tiempo t , W_0 es el PV al nacimiento, L es la tasa de crecimiento instantáneo por día y K es la tasa de decaimiento exponencial. El peso asintótico W_A fue estimado como $W_A = W_0 \exp(L/K)$ (Aggrey, 2002). El modelo logístico se evaluó de acuerdo a $W_t = W_A / [1 + \exp(-K(t-t_i))]$, donde W_t es el PV del ave en el tiempo t , W_A es el peso asintótico, K es la tasa de crecimiento exponencial y t_i es la edad en el punto de inflexión. El modelo Richards fue estudiado bajo la ecuación $W_t = W_A [1 - (1-m)\exp[-K(t-t_i)/m^{m(1-m)}]]^{1/(1-m)}$, donde W_t es el PV del ave en el tiempo t , W_A es el peso asintótico, K es el máximo crecimiento relativo por día, t_i es la edad a la máxima tasa de crecimiento y m es el parámetro de forma.

Análisis estadístico

Los datos de PV fueron analizados mediante un ANOVA a través del procedimiento MIXED del programa estadístico SAS V.9.3 (SAS, 2011). Los parámetros de los modelos de crecimiento evaluados fueron estimados utilizando el procedimiento NLIN (algoritmo de Marquat) del programa citado. Los criterios de bondad de ajuste considerados fueron el coeficiente de determinación (R^2), el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de información Bayesiano (BIC).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se observa que las aves criadas en confinamiento tuvieron un PV mayor ($P < 0.05$) durante todo el periodo de evaluación, sin embargo los PV de los pollos en ambos sistemas de producción fueron menores a los valores estándar establecidos para la estirpe (Aviagen, 2014).

La base de datos con 550 observaciones de peso vivo (275 observaciones por sistema de producción) permitió el ajuste de curvas de crecimiento con los tres modelos evaluados: Gompertz, Logístico y Richards (Cuadro 2). El modelo Gompertz, que es el único que estima directamente el peso al nacimiento (W_0), generó valores sobreestimados en ambos sistemas de producción (77.6 y 108.8 g, para los sistemas de crianza en confinamiento y pastoreo, respectivamente), dado que el peso promedio observado fue de 40 g y el estándar para la estirpe es de 42 g (Aviagen, 2014).

Las tasas de crecimiento inicial (L) y exponencial (K) de los modelos Gompertz y Logístico, respectivamente, fueron mayores para las aves en confinamiento (L=0.1232, K=0.0779) respecto a las aves criadas en pastoreo (L=0.0944, K=0.0657). Por otro lado, el máximo crecimiento relativo (K) estimado por el modelo Richards, fue menor en las aves criadas en confinamiento (0.0129) que en los pollos en pastoreo (0.0153).

Las edades estimadas (ti) al punto de inflexión y al máximo crecimiento, de los modelos Logístico y Richards, respectivamente, fueron menores en los pollos de pastoreo (42.6 y 48.3, respectivamente) que en los pollos criados en confinamiento (45.5 y 53.7, respectivamente).

Los tres modelos de crecimiento evaluados estimaron mayores pesos asintóticos (WA) para los pollos criados en confinamiento (3,967.1 a 9,095.5) respecto a las aves en sistema de pastoreo (2,461.7 a 5,192.6). Dentro de cada sistema de producción, el menor peso asintótico fue estimado por el modelo Logístico (pastoreo = 2,461.7 y confinamiento = 3,967.1). Por otro lado, el mayor peso asintótico dentro del sistema de producción en confinamiento fue estimado por el modelo Gompertz (9,095.5) y para el sistema de pastoreo por el modelo Richards (5,192.6).

De acuerdo a los valores estimados de los criterios de bondad de ajuste para los modelos evaluados (Cuadro 3), el modelo Richards resulta ser el que mejor describe el crecimiento de pollos de engorda criados en confinamiento o pastoreo (valores de R² de mayor magnitud y valores de AIC y BIC de menor magnitud). La única excepción a

Cuadro 1. Peso vivo (± EE) de pollos de engorda criados en dos sistemas de producción.

Edad (semanas)	Confinamiento	Pastoreo
4	768±77	734±80
5	1219±122 ^a	936±155 ^b
6	1788±172 ^a	1204±117 ^b
7	2200±179 ^a	1446±122 ^b
8	2808±227 ^a	1853±192 ^b

^{a,b} Medias con literal diferente dentro de la misma fila son significativamente diferentes (P<0.05).

este patrón de comportamiento se da en el AIC del modelo Richards para aves en pastoreo.

DISCUSIÓN

Las aves de ambos sistemas de producción obtuvieron PV menores a los valores estándar establecidos para la estirpe y esta tendencia fue de mayor magnitud en los pollos de engorda del SPP. Esto se explica por los

programas de restricción alimenticia utilizados en ambos sistemas de producción, que reducen el consumo de alimento concentrado y en consecuencia el peso corporal de los pollos (Yu y Robinson, 1992).

La sobreestimación del peso al nacimiento (W₀) con el modelo Gompertz, para ambos sistemas de producción, coincide con estudios donde éste ha sido utilizado para describir el crecimiento de pollos de engorda (Nahashon *et al.*, 2006; Ahmadi y Golian, 2008; Rizzi *et al.*, 2013).

Un mismo modelo de crecimiento puede variar en sus especificaciones de acuerdo al autor que lo utiliza y esto hace que los parámetros estimados no sean directamente comparables. Los resultados del presente trabajo difieren de lo encontrado por Aworetan y Oseni

(2018) quienes hallaron que el índice de maduración (K), indicado en la versión de los modelos Gompertz y Logístico que ellos utilizaron, tiende a ser de mayor magnitud cuando las aves son criadas en pastoreo en comparación con crianza en confinamiento. En el presente caso, los parámetros que se refieren a la tasa de crecimiento en los modelos Gompertz y Logístico (L y K, respectivamente) son de menor magnitud en las aves en SPP respecto a SPC. La diferencia puede deberse al genotipo

Cuadro 2. Parámetros estimados de los modelos Gompertz, Logístico y Richards, que describen el crecimiento de pollos de engorda criados en dos sistemas de producción.

Modelo	Sistema de Producción	
	Confinamiento (n=55)	Pastoreo (n=55)
Gompertz		
Peso al nacimiento (W ₀)	776	108.8
Peso asintótico (W _A)	9,095.5	4,220.7
Tasa de crecimiento inicial (L)	0.1232	0.0944
Tasa de decaimiento (K)	0.0257	0.0258
Logístico		
Peso asintótico (W _A)	3,967.1	2,461.7
Tasa de crecimiento exponencial (K)	0.0779	0.0657
Edad al punto de inflección (t _i)	45.5	42.6
Richards		
Peso asintótico (W _A)	5,872.0	5,192.6
Máximo crecimiento relativo (K)	0.0129	0.0153
Edad al máximo crecimiento (t _i)	53.7	48.3
Parámetro de forma (m)	1.3282	1.4717

Cuadro 3. Criterios de bondad de ajuste de los modelos Gompertz, Logístico y Richards, que describen el crecimiento de pollos de engorda criados en dos sistemas de producción.

Sistema de Producción	Modelo	R ²	AIC	BIC
Confinamiento	Gompertz	0.98261	3499.99	1517.29
	Logístico	0.98243	3532.29	1534.05
	Richards	0.98826	2710.25	1188.35
Pastoreo	Gompertz	0.96596	1712.71	6012.56
	Logístico	0.96075	1712.71	6012.56
	Richards	0.97697	4355.74	1879.74

R²=coeficiente de determinación; AIC=criterio de información de Akaike; BIC=criterio de información Bayesiano.

de las aves en cada estudio, mientras que en este trabajo se empleó una estirpe especializada para producción de carne (Ross 308), Aworetan y Oseni (2018) utilizaron aves locales de Nigeria.

Las edades al punto de inflexión en este trabajo son cercanas a los valores estimados por Michalczyk et al. (2016) [40.9 a 46 d] con los modelos Logístico y Richards utilizando aves de crecimiento moderado en semiconfinamiento, pero difieren de los resultados de Eleroglu et al. (2014) quienes reportan edades de entre 73 y 87 d para aves criadas en sistema orgánico, sin embargo, los genotipos utilizados fueron de crecimiento lento. De manera que las diferencias en la edad al punto de inflexión pueden explicarse por la naturaleza de los genotipos utilizados en cada caso.

Pesos asintóticos de pollos de engorda con acceso a praderas para su pastoreo (sistemas orgánico o semi-confinamiento), han variado de 2,133 a 6,496 g cuando se estiman con los modelos Gompertz o Logístico (Dottavio et al., 2007; Eleroglu et al., 2014) que es un rango dentro del que se encuentran los valores estimados para las aves en SPP del presente estudio con los modelos Gompertz, Logístico y Richards (2,461.7 a 5,192.6 g). Por otro lado, pesos asintóticos estimados para las aves en SPC (3,967.1 a 9,095.5 g) son superiores a los reportados para aves con vocación cárnica (1,693.6 a 2,505.8 g) pero provenientes de una población bajo apareamiento aleatorio (Aggrey, 2002).

A diferencia de otros estudios con pollos de engorda criados en pastoreo, donde se ha encontrado que los modelos Gompertz (Michalczyk et al., 2016; Aworetan y Oseni, 2018) y Logístico (Eleroglu et al., 2014) resultaron los mejores para describir el crecimiento de las aves, en el presente caso los valores de los criterios de bondad de ajuste sugieren que el modelo Richards es la fun-

ción más adecuada para analizar el crecimiento de los pollos en SPP y SPC. Esto puede obedecer a la mayor flexibilidad de éste modelo de cuatro parámetros, que le permitiría corresponder al patrón de crecimiento del pollo de engorda (Aggrey, 2002; Wellock et al., 2004; Grimm y Ram, 2009).

CONCLUSIONES

El crecimiento de pollos de engorda criados en confinamiento y pastoreo puede ser descrito mediante los modelos Gompertz, Logístico y Richards. La función de Richards es el modelo más adecuado para describir el crecimiento de los pollos criados en confinamiento o pastoreo, bajo las condiciones del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Aggrey, S.E. (2002). Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Science*, 81, 1782-1788.
- Ahmadi, H. y Golian, A. (2008). Non-linear hyperbolic growth models for describing growth curve in classical strain of broiler chicken. *Research Journal of Biological Sciences*, 3, 1300-1304.
- Aviagen. (2014). Broiler 308: Objetivos de Rendimiento 2014. Disponible en: http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross-308-Broiler-PO-2014-ES.pdf. Consultado el 1 de febrero de 2019.
- Aworetan, A.R. y Oseni, S.O. (2018). Modelling the growth curve of Nigerian Fulani ecotype chicken under two production systems. *Proc. 43rd Annual Conference of the Nigerian Society for Animal Production*, March 18th – 22nd 2018. Owerri, Nigeria. p. 99-102.
- Dottavio, A.M., Álvarez, M., Canet, Z.E., Font, M.T. y Di Masso, R.J. (2007). Patrón de crecimiento de híbridos experimentales para la producción de pollo campero. *Revista Argentina de Producción Animal*, 27, 75-82.
- Eleroglu, H., Yildirim, A., Sekeroglu, A., Çoksöyler, F.N. y Duman, M. (2014). Comparison of growth curves by growth models in slow-growing chicken genotypes raised the organic system. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16, 529-535.
- Grimm, K.J. y Ram, N. (2009). Non-linear growth models in Mplus and SAS. *Structural Equation Modeling*, 16, 676 - 701.
- Julian, R.J. (1998). Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poultry Science*, 77, 1773-1780.
- Laird, A. K., Tyler, S.A. y Barton, A.D. (1965). Dynamics of normal growth. *Growth*, 29, 233-248.
- Michalczyk, M., Damaziak, K. y Goryl, A. (2016). Sigmoid models for the growth curves in medium-growing meat type chickens, raised under semi-confined conditions. *Annals of Animal Science*, 16, 65-77.
- Mikulski, D., Celej, J., Jankowski, J., Majewska, T. y Mikulska, M. (2011). Growth performance, carcass traits and meat quality of slower-

- growing and fast-growing chickens raised with and without outdoor access. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24, 1407-1416.
- Nahashon, S.N., Aggrey, S.E., Adefope, N.A. y Amenyenu, A. (2006). Modeling growth characteristics of meat-type guinea fowl. *Poultry Science*, 85, 943-946.
- North, M.O. y Bell, D.D. (1990). *Commercial chicken production manual*. 4th ed. USA: Van Nostrand Reinhold.
- OECD/FAO. (2016). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*. France: OECD Publishing.
- Richards, F.J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, 10, 290-300.
- Rizzi, C., Contiero, B. y Cassandro, M. (2013). Growth patterns of Italian chicken populations. *Poultry Science*, 92, 2226-2235.
- Robertson, T.B. (1923). *The chemical basis of growth and senescence*. Philadelphia: J.B. Lippincott Cie.
- Roush, W.B., Dozier III, W.A. y Branton, S.L. (2006). Comparison of Gompertz and neural network models of broiler growth. *Poultry Science*, 85, 794-797.
- SAS Institute Inc. (2011). *Base SAS® 9.3 Procedures Guide*. USA: SAS Institute.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). *Atlas agroalimentario 2012-2018*. Ciudad de México: SIAP.
- Wellock, I.J., Emmans, G.C. y Kyriazakis, I. (2004). Describing and predicting potential growth in the pig. *Animal Science*, 78, 379-388.
- Yu, M.W. y Robinson, F.E. (1992). Restriction to broiler chicken production: a review. *Journal of Applied Poultry Research*, 1, 147-153.



Guinea grass (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) growth in response to chemical fertilization in warm humid climate

Crecimiento de pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) en respuesta a fertilización química en clima cálido húmedo

Sánchez-Hernández, Miguel Angel^{1*}; Valenzuela-Haro, Yael Esbeydy²; Morales-Terán, Gladis¹; Rivas-Jacobo, Marco Antonio³; Fraire-Cordero, Silvia⁴; Hernández-Sánchez, Saúl²

¹Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400. Tel. 281 87 29230 Ext. 230. ²Estudiante de Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita. Av. Ferrocarril s/n. Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400. Tel. 281 87 29230 Ext. 230. ³Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP, Km. 14.5. Carretera SLP-Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, SLP. C.P. 78321, Tel 01444-8261314 Ext. 1124. ⁴Catedrática CONACYT, Campus Campeche, Colegio de Postgraduados. Carretera Haltunchen-Edzná Km. 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, México. 24450.

*Autor para correspondencia: msanchez@unpa.edu.mx

ABSTRACT

Objective: To determine the dynamics of growth in Guinea grass (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) cv. Mombasa in response to the application of different doses of chemical fertilization with nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in humid tropical climate conditions.

Design/methodology/approach: The experiment was done in Loma Bonita, Oaxaca, Mexico. A plot of Guinea grass was established. Previously, a cut of uniform was done 15 cm above of soil level. Fertilizer treatments were applied based on chemical fertilization with N, P and K. The treatments were: T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40, T8=300-00-00 of N:P:K. The response variables were: plant height (cm), dry matter accumulation (kg ha^{-1}) and Chlorophyll content using the Chlorophyll meter SPAD-502 of Minolta^{MR}. Analysis of variance and mean comparison by Tukey ($P \leq 0.05$) was realized.

Results: The results suggest that fertilization treatments with the highest contents in N, P and K favored the height of plant, the content of Chlorophyll in leaves and the accumulation of dry matter per hectare.

Limitations on study/implications: Applying fertilizer is a good alternative way to improve the growth and performance of Guinea grass. Nevertheless, a major number of environmental conditions and annual periods of investigation are required for the obtained results in different livestock zones.

Findings/conclusions: The major plant height was found using the fertilization 140-20-00, the chlorophyll content is high when the formula 260-60-40 is used. Dry matter is better if high doses of N (300-00-00) are used in Guinea grass.

Key words: Tropical grasses, Forage Bank, Papaloapan Basin.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la dinámica de crecimiento de pasto Guinea (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) cv. Mombasa con diferentes dosis de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en clima cálido húmedo.

Diseño/metodología/aproximación. El experimento se realizó en Loma Bonita, Oaxaca, México, se estableció una pradera de pasto Guinea. Antes de iniciar la investigación se efectuó un corte de uniformidad a 15 cm de altura, y en etapa de emisión de macollos se fertilizó con N, P y K. Los tratamientos evaluados fueron las combinaciones: 00-00-00, 100-00-00, 140-20-00, 180-40-20, 200-00-00, 240-40-20, 260-60-40, 300-00-00 de N: P: K, respectivamente. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), acumulación de materia seca (kg ha^{-1}) y contenido de clorofila con el SPAD-502 de MinoltaMR. Se hizo un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados: Los resultados indican que los tratamientos de fertilización con las fórmulas más altas en N, P y K, favorecieron la altura de la planta, el contenido de clorofila en hojas y la acumulación de materia seca por hectárea.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La fertilización química es una alternativa para mejorar el crecimiento y rendimiento de pasto Guinea; no obstante, se requiere utilizar un mayor número de ambientes y épocas del año para validar los resultados obtenidos en diferentes regiones ganaderas.

Hallazgos/conclusiones: La mayor altura de planta se registró con la fórmula 140-20-00, el contenido de clorofila aumentó cuando se utilizó la fórmula 260-60-40 y la producción de materia seca mejoró al aplicar la dosis más alta de N (300-00-00).

Palabras clave: Pastos tropicales, Banco de forraje, Cuenca del Papaloapan.

Para mejorar la productividad del pasto Guinea, como banco de forraje o pastoreo, es necesario elaborar un plan de manejo nutricional por medio de la fertilización. Cerdas y Vallejos (2011) recomendaron fertilizar el forraje para incrementar el contenido de proteína, digestibilidad, altura de planta, relación hoja:tallo y mayor producción de biomasa, de esta manera, realizaron un experimento con pasto Tanzania (*Megathyrus maximus*) cv. Tanzania y sugieren usar urea como fuente de nitrógeno en dosis anuales de 100 y 200 kg N ha^{-1} , durante la época lluviosa.

En la Baja Cuenca del Papaloapan son escasos los estudios para determinar cómo influye la fertilización química sobre la dinámica de crecimiento del pasto Guinea cv. Mom-basa. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio se centra en definir el efecto que tiene la fertilización química sobre componentes morfológicos del pasto Guinea.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio de estudio

El experimento se realizó en terrenos de La Posta Zootécnica de la Universidad del Papaloapan, ubicada en Loma Bonita, Oaxaca, México ($18^{\circ} 06' \text{ LN}$, $95^{\circ} 53' \text{ LW}$ a 25 msnm). El clima está clasificado como Am (81.7% del territorio) que corresponde a cálido húmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 1845 mm y temperatura media anual de 25 °C. Los suelos predominantes son acrisol de textura fina y arenosol de textura gruesa (INEGI, 2005).

Establecimiento de la pradera

En el año 2017 se estableció una pradera de pasto Guinea, con material vegetativo (asexual), en cepas

INTRODUCCIÓN

El pasto Guinea (*Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) originario de África (Ramírez *et al.*, 2011), actualmente se encuentra en zonas tropicales y subtropicales donde se aprovecha para alimentar el ganado, presenta fácil establecimiento (Munari *et al.*, 2017), buen rebrote, tamaño de lámina foliar, relación hoja:tallo y alta producción de biomasa (Patiño *et al.*, 2018). Su contenido nutrimental es de 11.6% de proteína cruda (PC), 41.1% de fibra detergente ácido (FDA), 68.6% de fibra detergente neutro (FDN), 1.63% de extracto etéreo, además contiene cenizas (13.4%), calcio (0.29%) y fósforo (0.26%) (Molina *et al.*, 2015).

Antes de establecer este tipo de pastos introducidos, se debe considerar su estacionalidad, debido a que su acumulación de biomasa varía como resultado del clima durante el año; la productividad y el valor nutritivo son mayores en épocas de lluvias con relación a la época de sequía, donde baja la disponibilidad de forraje, y disminuye su calidad, lo cual afecta la producción animal (Costa y da Cruz, 1994).

En México la superficie sembrada de pasto Guinea ha variado como resultado de las condiciones ambientales, prácticas de manejo, baja tolerancia a plagas y enfermedades, lenta recuperación después del pastoreo y crecimiento estacional (Valles *et al.*, 1995).

de 40 cm de profundidad por 20 cm de ancho y 50 cm de separación entre cepas lo que dio una densidad de 40,000 cepas por hectárea.

Parcelas experimentales

El 28 de Junio de 2018 la superficie cultivada se dividió en 24 parcelas experimentales para aplicar los tratamientos de fertilización en estudio. Posteriormente el día 13 de Julio las evaluaciones se iniciaron con un corte de uniformidad manual a 15 cm del suelo y a partir del 31 de Julio se iniciaron los muestreos del crecimiento del pasto Guinea por 85 días con frecuencia semanal.

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluó la fertilización química en ocho tratamientos con la combinación de N:P:K, T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40 y T8=300-00-00. Los tratamientos se asignaron considerando un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de 6 m² para evaluar la curva de crecimiento. En la realización de los muestreos se usó la parte central de la parcela para eliminar efecto de orilla y hacer las determinaciones de crecimiento.

Variables de crecimiento

Altura de la planta (cm): Se midió con una cinta flexible desde el nivel del suelo hasta la parte superior de la planta con sus hojas extendidas.

Biomasa (kg ha⁻¹): El rendimiento total de forraje por hectárea se obtuvo mediante el peso seco de los com-

ponentes de la muestra, se pesaron en fresco 200 g de material vegetativo en una balanza digital. La muestra se colocó en una estufa con circulación de aire forzado por 72 horas a una temperatura de 65 °C, hasta que las muestras obtuvieron peso constante y fueron pesadas.

Contenido de clorofila: Se midió en las hojas centrales de la planta, en la parte media de un macollo, usando el SPAD-502 de Minolta^(MR), se hicieron cinco lecturas por planta, dando un total de 15 lecturas por tratamiento.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un diseño experimental completamente al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones mediante el modelo

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

donde Y_{ij} es la variable de respuesta, μ es la media general del experimento, T_i es el efecto de los tratamientos de fertilización y E_{ij} es el error experimental.

Se efectuó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mayores incrementos en altura se dieron al aplicar las dosis de fertilización de intermedias a altas en nitrógeno (140-20-00, 260-60-40 y 300-00-00 de NPK) (Cuadro 1). En general la altura de la planta en pasto Guinea fue mayor ($P \leq 0.05$) con la fertilización de nitrógeno (N) en

Cuadro 1. Altura de planta (cm) en pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) cv. Mombasa en respuesta a fertilización química. Loma Bonita Oaxaca, México. 2018.

Días	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	DMS
15	81.1a	99.6a	114.1a	116.7a	106.9a	116.1a	106.2a	99.9a	40.2
22	85.2b	137.0a	157.0a	154.5a	147.0a	143.4a	146.8a	136.2a	30.0
29	91.4c	180.4a	162.9ab	148.6ab	139.0b	150.2ab	159.6ab	142.0ab	40.1
36	96.7b	137.5a	150.2a	137.0a	146.2a	150.2a	148.3a	158.3a	37.4
43	115.0b	143.4ab	166.0ab	133.3ab	175.2a	171.5a	160.4ab	151.4ab	54.8
50	104.7f	147.0de	167.0a	138.9e	159.6ab	157.8bc	157.6bc	149.6cd	8.9
57	122.0c	155.1ab	169.1a	148.2b	163.1ab	167.7a	165.6a	159.2ab	14.9
64	137.8b	166.8a	173.3a	164.7a	169.2a	180.3a	170.9a	167.3a	24.3
71	171.7b	179.5b	181.5ab	170.7b	177.4b	194.5a	178.3b	183.6ab	13.8
78	181.1cd	184.3bcd	193.1abc	179.1d	190.7bcd	204.7a	189.7bcd	196.3ab	12.4
85	196.6ab	193.2b	209.0ab	199.2ab	195.8b	214.5a	198.9ab	216.7a	20.3

a,b,c... Letras diferentes por hileras significan diferencias significativas ($P \leq 0.05$). T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40, T8=300-00-00 de N:P:K, respectivamente. DMS: Diferencia mínima significativa de Tukey ($P \leq 0.05$).

todos los tratamientos, respecto al tratamiento testigo (Cuadro 1).

La mayor altura de planta se tuvo en los tratamientos con fertilización, superando en la mayoría de los casos al tratamiento testigo. Joaquín *et al.* (2009) realizaron un estudio en pasto Guinea cv. Tanzania y encontraron que el mayor crecimiento y rendimiento de semilla se obtiene con la aplicación de 100 kg de N ha⁻¹, siendo una dosis sólo de mantenimiento para el pasto Guinea.

En cuanto al contenido de clorofila, la fertilización con las dosis 260-60-40 y 300-00-00 (N-P-K) fueron las que aportaron una mejor coloración verde intenso en campo, y se explica porque la primera es una fórmula ternaria que permite tener un buen balance en los tres macronutrientes que contiene, además promovió la acumulación de un alto rendimiento en materia seca.

Magalhães *et al.* (2011), indicaron que la determinación del contenido de clorofila en hojas de una planta, mediante el uso del SPAD (Soil Plant Analysis Development), se correlaciona con el contenido de nitrógeno en hojas, lo cual permite hacer un diagnóstico de una posible deficiencia asociada a este nutriente. En el presente estudio el contenido de clorofila medida con el SPAD-502 de Minolta, reveló que la fertilización solamente con N o en combinación con P y K supera en rendimiento al testigo sin fertilización (Cuadro 2).

Munari *et al.* (2017) recomendaron aplicar fertilización nitrogenada en pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) cv.

Mombasa con el objetivo de acelerar el crecimiento, la producción de hojas y por ende la expansión de yemas, dado que entre un 50 y 70% del nitrógeno total en hojas se asocia a cloroplastos, hecho que explica que exista un incremento lineal en las determinaciones del medidor de clorofila a medida que se incrementan las dosis de nitrógeno que recibe el cultivo.

Los valores de clorofila oscilaron entre 26.8 (unidades SPAD) en el tratamiento testigo hasta 48.8 cuando se aplicaron 260-60-40 unidades de NPK por hectárea. Comportamiento similar reportaron Munari *et al.* (2017) en el contenido de clorofila (32 a 54) en pasto señal (*Urochloa decumbens*) con dosis de 0, 50, 100, 150 y 200 kg de N ha⁻¹.

La producción de biomasa en pasto Guinea se vio favorecida por la fertilización (Cuadro 3) en condiciones de trópico cálido húmedo. El mayor rendimiento en materia seca se obtuvo con la dosis de 300-00-00 kg de N ha⁻¹ con 24,406 kg ha⁻¹ y el menor fue de 10,983 kg ha⁻¹ sin fertilización, lo cual indica que al aplicar dosis altas en N favorecen un mejor desempeño productivo del pasto Mombasa. Tal rendimiento es superior al reportado por Hare *et al.* (2015) en pasto Guinea cv. Mombasa quienes aplicaron 320 kg de N ha⁻¹ en el lapso de un año y obtuvieron 16,907 kg ha⁻¹ de materia seca con un porcentaje de hoja de 71.5%.

Fortes *et al.* (2014) efectuaron un ensayo en Cuba con pasto Mombasa durante la época de lluvias, estimaron

Cuadro 2. Respuesta a la fertilización para contenido de clorofila (unidades SPAD) en hojas del pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) cv. Mombasa.

Día	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	DMS
15	26.8b	46.8a	43.9a	44.7a	46.7a	44.9a	48.8a	45.4a	8.8
22	29.3b	40.4a	43.9a	43.3a	44.4a	44.1a	45.1a	46.5a	8.2
29	34.7a	34.8a	36.0a	41.3a	43.8a	39.7a	44.8a	41.9a	17.3
36	42.3a	40.0a	39.6a	41.4a	43.7a	39.7a	44.0a	37.6a	10.0
43	33.0c	36.0bc	41.1ab	40.5abc	45.0a	44.3a	45.4a	44.5a	7.9
50	33.0b	36.0ab	38.9ab	36.0ab	43.9a	44.3a	41.5ab	46.2a	10.3
57	36.4ab	32.6b	33.8b	34.2b	39.3ab	44.0a	44.7a	44.0a	9.2
64	30.3c	34.1bc	37.7abc	39.2ab	41.1ab	40.6ab	43.2ab	43.6a	8.6
71	36.2c	39.2bc	39.2bc	37.5bc	42.6ab	43.0ab	45.6a	43.2ab	5.7
78	40.7a	40.5a	41.5a	39.0a	43.2a	43.1a	43.1a	42.4a	6.9
85	40.8a	42.1a	43.7a	40.0a	42.8a	44.1a	45.1a	45.7a	7.2

a,b,c... Valores medios con distinta literal en la misma hilera son diferentes (P≤0.05). T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40, T8=300-00-00 de N:P:K. DMS: Diferencia mínima significativa de Tukey (P≤0.05).

Cuadro 3. Respuesta productiva de materia seca (kg ha^{-1}) en pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) cv. Mombasa en relación con fertilización química.

Días	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	DMS
15	960b	3673ab	2976ab	4807a	3697ab	4445ab	3125ab	2573ab	3552
22	1227b	4945ab	5651a	5958a	5059a	6952a	7274a	5579a	3890
29	1459b	6202ab	8003a	6666a	6492ab	5200ab	7975a	5595ab	5128
36	4121b	14311a	9410ab	5978b	10483ab	8881ab	15003a	9439ab	7066
43	2066b	11535ab	7825ab	15911ab	13796ab	17566ab	22531a	9782ab	15518
50	2572b	14724a	9907a	10004a	11985a	15300a	14004a	12551a	6708
57	3461d	13015a	10132bc	8274c	12122ab	11085ab	12453ab	12314ab	2422
64	3955d	13871ab	10729bc	9381c	12955ab	14578a	13907ab	13720ab	3572
71	4584b	16298a	12693ab	9616ab	14026ab	16295a	15428ab	17482a	11702
78	6249c	17803ab	15510abc	10533bc	15932abc	22280a	18246ab	19909ab	9836
85	10983c	22144ab	22134ab	12333bc	21525ab	15411abc	22325ab	24406a	10233

a,b,c... Valores medios con distinta literal en la misma hilera son diferentes ($P \leq 0.05$). T1=00-00-00, T2=100-00-00, T3=140-20-00, T4=180-40-20, T5=200-00-00, T6=240-40-20, T7=260-60-40, T8=300-00-00 de N:P:K, respectivamente. DMS: Diferencia mínima significativa de Tukey ($P \leq 0.05$).

una producción de materia seca de 7.6 a 10.2 t ha^{-1} , respectivamente en dos años de evaluación, y una proporción de hoja de 75.5% y de tallo de 24.5%. En un estudio realizado en el estado de Guerrero, México en época de lluvias por Ramírez et al. (2009) en pasto Guinea cv. Mombasa contabilizaron una acumulación anual de forraje de 12,200, 19,800 y 24,300 kg ha^{-1} al cosechar a 3, 5 y 7 semanas, respectivamente.

Shintate et al. (2017) aplicaron diferentes dosis de fertilización (0 a 1200 kg de N ha^{-1}) en el pasto Guinea cv. Mombasa en dos épocas del año (lluviosa y seca) y reportaron rendimientos de materia seca de 2,422 a 5,347 kg ha^{-1} en época de sequía, mientras que en época de lluvias variaron de 11,013 a 25,474 kg ha^{-1} , resultados que son consistentes con lo encontrado en el presente estudio. Por otro lado, Verdecia et al. (2015) demostraron en el pasto Guinea cv. Mombasa que la producción de materia seca total aumenta con la edad de la planta, lo que se explica porque la planta incrementa el proceso fotosintético y con ello la síntesis de carbohidratos estructurales, generándose una mayor acumulación de materia seca.

CONCLUSIONES

Se concluye que la fertilización química con nitrógeno o en combinación con fósforo y potasio incrementa la altura, el contenido de clorofila y el rendimiento en materia seca del pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) cv. Mombasa en la época de lluvias en Loma Bonita, Oaxaca, México.

LITERATURA CITADA

- Cerdas, R., Vallejos, E. (2011). Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrus maximus*) cv. Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica. *Intersedes*, 12(23), 32-44.
- Costa, N. de L., da Cruz, O. J. R. (1994). Evaluación agronómica de accesiones de *Panicum maximum* en Rondonia, Brasil. *Pasturas Tropicales*, 16(2), 44-47.
- Fortes, D., García, C. R., Cruz, A. M., García, M., Romero, A. (2014). Comportamiento morfoagronómico de tres variedades forrajeras de *Megathyrus maximus* en el periodo lluvioso. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(3), 293-296.
- Hare, M. D., Phengphet S., Songsiri T., Sutin, N. (2015). Effect of nitrogen on yield and quality of *Panicum maximum* cv. Mombasa and Tanzania in Northeast Thailand. *Tropical Grasslands*, 3, 27-33. DOI: 10.17138/TGFT(3)27-33.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2005). Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. 170 p.
- Joaquín, T. B. M., Joaquín, C. S., Hernández, G. A., Pérez, P. J. (2009). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto Guinea. *Técnica Pecuaria en México*, 47, 69-78.
- Magalhães, P. C., Andreotti, M., Bergamaschine, A. F., Buzetti, S., Costa, N. R., Cavallini, M. C., Ulian, N. de A., Golin, L. F. (2011). Yield, chemical composition and chlorophyll relative content of Tanzania and Mombaca grasses irrigated and fertilized with nitrogen after corn intercropping. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(4), 728-738.
- Molina, I. C., Donneys, G., Montoya, S., Rivera, J. E., Villegas, G., Chará, J., Barahona, R. (2015). La inclusión de *Leucaena leucocephala* reduce la producción de metano de terneras Lucerna alimentadas con *Cynodon plectostachyus* y *Megathyrus maximus*. *Livestock Research for Rural Development*, 27(5). Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd27/5/moli27096.html>. Consultado el 10 de Septiembre de 2018.

- Munari, E. C., Pietroski, M., De Mello, P. R., Silva, C. C. N., Caione, G. (2017). Effect of nitrogen fertilization on productivity and quality of Mombasa forage (*Megathyrus maximum* cv. Mombasa). *Acta agronómica*, 66(1), 42-48.
- Patiño, P. R. M., Gómez, S. R., Navarro, M. O. A. (2018). Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. *Rev. CES Med. Zootec.*, 13, 17-30.
- Ramírez, R. O., Hernández, G. A., Da Silva, S. C., Pérez, P. J., Enríquez, Q. J. F., Quero, A. R., Herrera, H. J. G. (2009). Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.), cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México*, 47, 203-213.
- Ramírez, R. O., da Silva, S. C., Hernández, G. A., Enríquez, Q. J. F., Pérez, P. J., Quero, C. A. R., Herrera, H. J. G. (2011). Rebrote y estacionalidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza cosechado en diferentes intervalos de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(3), 213-220.
- Sas Institute, Inc. (2010). SAS/STAT® 9.22. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., Cary NC, USA. 8444 p. <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>.
- Shintate, G. F., Buzetti, S., Teixeira, F. M. C., Dupas, E., Ziolkowski, L. M. G. (2017). Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. Mombasa) at dry ad rainy seasons. *Australian Journal of Crop Science*, 11(12), 1657-1664. doi: 10.21475/ajcs.17.11.12.pne907.
- Valles, B., Castillo, E., Pérez, J., Herrera, J. (1995). Rendimiento de forraje y proporción de hojas en accesiones de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pasturas Tropicales*, 17(2), 32-35.
- Verdecia, D. M., Herrera, R. S., Ramírez, J. L., Acosta, I. L., Uvidia, H., Álvarez, Y., Paumier, M., Arceo, Y., Santana, A., Almanza, D. (2015). Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Megathyrus maximus* en la región Oriental de Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET)*, 16(11), 1-9. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111115/111501.pdf>.



Lupino (*Lupinus angustifolius* L.): A protein alternative for animal and human consumption in Mexico

Lupino (*Lupinus angustifolius* L.): Una alternativa de proteína para consumo animal y humano en México

Luna-Zamora, Gerardo¹; Pro-Martínez, Arturo^{1*}; Mendoza-Pedroza, Sergio I.¹; González-Cerón, Fernando²;
Sosa-Montes, Eliseo²; Rodríguez-Ortega, Leodan T.³; Rodríguez-Ortega, Alejandro³; Luna-Botello, Alejandro⁴

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Programa de Ganadería. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ²Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ³Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Tepatepec, Hidalgo, México. C. P. 42660. ⁴Asesor independiente. Domingo Arenas, Puebla. México. C. P. 74170.

*Autor para correspondencia: aproma@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To establish the crop of lupine (*Lupinus angustifolius* L.) in order to determine yield, chemical composition and cost of production of the seed.

Methodology: The seed was produced in the Municipality of Domingo Arenas, Puebla, Mexico (19° 09' N and 98° 26' W) at 2367 m altitude in temporal conditions (July-December 2017). The chemical composition of the seed was determined in the Animal Science Department, Chapingo Autonomous University, Texcoco, Mexico.

Results: The crop of lupine was established, although the yield (1080 kg ha⁻¹) was lower than that reported in the literature (1600 to 2800 kg ha⁻¹). The content of crude protein of the whole and dehulled seeds was higher than 27% and 38%, respectively. The cost of production per kilogram of seed (\$11.66) was higher than that previously reported (\$6.00).

Implications of study: The results suggest that it is feasible to grow lupine seed, and according to its crude protein content, it can be an alternative in animal or human feeding in Mexico.

Findings: The results indicate that based on its crude protein content and crop yield, lupine seeds can be an alternative for animal or human feeding.

Keywords: Lupine, production, chemical composition, cost.

RESUMEN

Objetivo: Establecer el cultivo de lupino (*Lupinus angustifolius* L.) para determinar el rendimiento, la composición química y el costo de producción de la semilla.

Metodología: La semilla se produjo en el Municipio de Domingo Arenas, Puebla, México (19° 09' N y 98° 26' O) a 2367 m de altitud, en condiciones de temporal (julio-diciembre de 2017). La composición química de la semilla se determinó en la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

Resultados: Se estableció el cultivo de lupino, aunque el rendimiento (1080 kg ha⁻¹) fue inferior al reportado en la literatura (1600 a 2800 kg ha⁻¹). El contenido de proteína cruda de la semilla entera y descascarada fue mayor al 27% y 38%, respectivamente. El costo de producción por kilogramo de semilla (\$11.66) fue mayor que el reportado previamente (\$6.00).

Implicaciones del estudio: Los resultados sugieren que es factible cultivar semillas de lupino y, de acuerdo con su contenido de proteína cruda, puede ser una alternativa en la alimentación animal o humana en México.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 8, agosto. 2019. pp: 53-57.

Recibido: febrero, 2019. **Aceptado:** julio, 2019.



Conclusión: Los resultados indican que, en función de su contenido de proteína cruda y rendimiento de cultivo, las semillas de lupino pueden ser una alternativa para la alimentación animal o humana.

Palabras clave: Lupino, producción, composición química, costo.

INTRODUCCIÓN

El género *Lupinus* es conocido por su contenido de proteína cruda (PC); no obstante varía entre especies y variedades (Lewis *et al.*, 2005). Gross *et al.* (1988) realizaron estudios con más de 300 genotipos diferentes de lupino y encontraron que la PC varía de 41% a 51% y el aceite de 14% a 24%, valores similares a los de la pasta de soya (Schoeneberger *et al.*, 1982).

Las proteínas de la semilla de lupino son de reserva, casi el 85% son α -globulinas y el resto α -albúminas (Petterson, 1998). El perfil de aminoácidos muestra un alto contenido de arginina, lisina, leucina y fenilalanina (Mera *et al.*, 2019), aunque es deficiente en metionina y cistina comparado con la pasta de soya (Glencross, 2001). La sacarosa constituye el 71% de los azúcares contenidos en la semilla de lupino (Erbas *et al.*, 2005). El aceite está compuesto por 13.5% de ácidos grasos saturados, 55.4% de ácidos grasos monoinsaturados y 31.1% de ácidos grasos poliinsaturados (Erbas *et al.*, 2005). También contiene elevadas concentraciones de N, P, K, Fe y Zn, pero niveles bajos de Ca y Mg (Pablo *et al.*, 2013) similares a los de la pasta de soya (Nacer *et al.*, 2010).

Algunas especies contienen alcaloides del tipo quinolizidínico con propiedades anti-nutricionales que pueden ser tóxicos y producir un sabor amargo en la semilla (Bañuelos *et al.*, 2006), además, el contenido de polisacáridos no amiláceos (PNA) es casi dos veces más que en otras proteínas vegetales (Bach-Knudsen, 1997). En algunas variedades puede representar hasta el 49% de la semilla entera (Nalle *et al.*, 2011).

Se han identificado numerosas especies dentro del género *Lupinus* en el mundo; sin embargo, sólo cuatro son cultivadas globalmente (*Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* y *Lupinus mutabilis*), éstas han sido mejoradas para uso en la alimentación animal y humana (Clements *et al.*, 2005) y se encuentran en países como: Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina (Jacobsen y Mujica, 2006).

En México, las especies silvestres de lupino se distribuyen desde Baja California hasta Chiapas (Ruíz *et al.*, 2000) en altitudes hasta 4000 m.s.n.m. (Aldereite *et al.*, 2008). Sousa y Delgado (1998) reportan alrededor de 65 especies, de las cuales aproximadamente el 60% son consideradas endémicas.

En la zona del Pico de Orizaba, *L. montanus* es una de las especies dominantes del estrato herbáceo (Vargas, 1984), mientras que, en la Ciudad de México y los estados de Hidalgo, México, Jalisco, Puebla, Tlaxcala y Veracruz se encuentran especies como *L. leptophyllus* y *L. campestris* consideradas malezas (Villaseñor y Espinosa, 1998).

A diferencia de Europa, norte de África y América del Sur, donde se cultiva lupino para uso alimenticio, en México los estudios en la producción y uso de la semilla de lupino en la alimentación animal o humana son escasos y no concluyentes (Bermúdez-Torres *et al.*, 2009). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue establecer el cultivo de lupino, determinar el rendimiento, la composición química y el costo de producción de la semilla de *Lupinus angustifolius* L. variedad Sonate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Producción de semilla

La semilla se produjo en condiciones de temporal (julio-diciembre de 2017) en el Municipio de Domingo Arenas, Puebla (19° 09' N y 98° 26' O y 2367 m.s.n.m.). El clima es templado subhúmedo. La textura del suelo es franco-arcillosa con un pH de 7.5. El suelo se preparó con actividades de labranza. En una superficie de 2500 m² (Figura 1A) se sembraron 15 kg de *Lupinus angustifolius* L. variedad Sonate (proveniente del estado de Jalisco) con una sembradora manual a una distancia entre surcos de 0.7 m y entre semilla de 2 cm. La semilla emergió al día 12 (Figura 1B). A lo largo del ciclo productivo se realizaron tres escardas para evitar el crecimiento y competencia con malezas (Figura 1C), por ser una leguminosa fijadora de nitrógeno (N) no se fertilizó. En el tercer mes comenzaron a crecer las vainas (Figura 1D) y para el cuarto (noviembre) dejaron de crecer (Figura 1E) y se aplicó un riego de auxilio para asegurar un buen tamaño de semilla.

Rendimiento de semilla y costo de producción

El ciclo productivo de lupino fue de cinco meses, la cosecha de semilla



Figura 1. Diferentes etapas del cultivo de lupino. Predio utilizado para la producción de semilla (A); Emergencia de la semilla al día 12 (B); Planta de lupino al día 30 (C); comienzo del crecimiento de vainas al tercer mes (D) y planta de lupino al término del crecimiento de las vainas al cuarto mes (E).

se realizó de forma manual, se removió la planta completa y se colocó en montones (Figura 2A), posteriormente con la ayuda de un tractor se hizo presión sobre la planta para que la vaina se abriera y liberara la semilla (Figuras 2B y 2C), se limpió de impurezas y se almacenó en cajas para su transporte al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (Figura 2D).

El costo de producción de la semilla se obtuvo al sumar los costos de renta de la superficie, las actividades de labranza, la siembra, el deshierbe y la cosecha, y se dividió entre el rendimiento obtenido.

Composición química

La composición química de la semilla se determinó en el laboratorio de

Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

La semilla se molió con una criba de 2 mm y se determinó la materia seca, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda de la semilla de lupino con y sin cáscara de acuerdo a la metodología de la AOAC (1995), y el análisis de las fracciones de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina, según Van-Soest et al. (1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fue posible establecer el cultivo de lupino bajo condiciones de temporal en el Municipio de Domingo Arenas, Puebla. El rendimiento de semilla en este estudio fue de 1080 kg ha⁻¹ el cual es menor a lo reportado por La Fundación para la Innovación Agraria en Chile (FIA) y por Mera (2016), quienes reportan rendimientos de 1600 a 2800 kg ha⁻¹. El mayor rendimiento obtenido por



Figura 2. Proceso de cosecha de la semilla de lupino. Planta completa en montones para la extracción de la semilla (A); Vaina y semilla sin limpiar (B); Semilla con restos de vainas (C) y semilla limpia y almacenada en cajas (D).

dichos autores puede ser explicado por el nivel de tecnificación (maquinaria y equipo especializado), a la mayor densidad de siembra de semilla de más del doble que en este estudio; además, de no haber inoculado la semilla con bacterias fijadoras de nitrógeno como lo sugieren dichos autores. Sin embargo, se observó que es posible producir semilla de lupino sin necesidad de fertilizar.

En otros países como Perú, el lupino es utilizado para enriquecer los suelos debido a su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, que puede ser hasta de 400 kg ha⁻¹ año⁻¹, el cual estaría disponible para otros cultivos (Suca y Suca, 2015), de esta manera el lupino puede ser una alternativa al momento de rotar cultivos disminuyendo los costos por fertilización. También se evidenció el amplio margen de adaptación a diferentes altitudes y suelos (Barrientos *et al.*, 2002).

La FIA reporta costos de producción de semilla de lupino menor a \$6.00 kg⁻¹, mientras que en este estudio el costo fue superior a \$11.66 debido a que todo el proceso de producción se realizó manualmente (excepto las actividades de labranza), lo cual incrementó

los costos, a diferencia de Chile que cuenta con un sistema intensivo de producción de semilla de lupino lo que mantiene los costos por debajo al de la soya (Ramos *et al.*, 2013). Nuestros resultados sugieren que se podrían disminuir los costos de producción de la semilla de lupino disminuyendo la distancia entre surcos, aumentando la densidad de siembra e inoculando la semilla o fertilizando el cultivo con nitrógeno para aumentar el rendimiento.

La composición química de la semilla de lupino entera y descascarada se muestra en el Cuadro 1, donde se observa que el descascarado mejoró la composición de la semilla aunque el rendimiento disminuyó 20%. Sipsas y Glencroos (2005) mencionan que la testa representa 25% del peso total de la semilla, aunque ésta puede incrementar si la planta se encuentra en condiciones de estrés hídrico. Nalle *et al.* (2011) concluyeron que otra ventaja del descascarado es la disminución de los factores anti-nutricionales propios de este género como los polisacáridos no amiláceos.

CONCLUSIONES

Fue posible establecer el cultivo de lupino, aunque el rendimiento de semilla fue inferior a lo reportado en la literatura. El lupino puede ser una opción de proteína vegetal de buena calidad, el mayor costo de producción se puede disminuir aumentando la densidad de siembra y con fertilización de nitrógeno.

LITERATURA CITADA

Alderete, A., Espinosa, V., Ojeda, E., Ehsan, M., Perez, J., Cetvina, V. Rodriguez, A. and De la Cruz, N. (2008). Natural distribution and principal characteristics of lupinus in the oriental face of Tlaloc mountain in Sierra Nevada, Mexico. *Journal of Biological Science*, 8(3), 604-609.

AOAC (The Association of Official Analytical Chemists). (1995). *Official Methods of Analysis*, 16th ed. AOAC, Arlington, VA, USA.

Bach Knudsen K. E. (1997). Carbohydrate and lignin contents of plant material used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*. 67, 319-338.

Bañuelos, J., Ruiz, M. A., Soltero, R. y Castañeda, H. (2006). Lupinos del occidente de México, estudios biológico, bioquímico y toxicológico. (p. 6). Universidad de Guadalajara.

Barrientos, D. L., Montenegro, B. I. y Pino, N. (2002). Evaluación de la fijación simbiótica de nitrógeno de *Lupinus albus* y *L. angustifolius* en un andisol vilcun del sur de Chile. *Terra*, 20, 39-44.

Bermúdez-Torres, K., Martínez, J., Figueroa, B., Wink, M. and Legal, L. (2009). Activity of quinolizidine alkaloids from three Mexican *Lupinus* against the lepidopteran crop pest *spodoptera frugiperda*. *BioControl*, 54, 459-466.

Clements, J. C., Buirchell, B. J., Yang, H., Smith, P. M., Sweetingham, M. and Smith, C. (2005). Lupin. In RJ Singh & PP Jauhar (eds) *Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement: Grain Legumes* (pp. 231- 323). Florida.

Erbas, M., Certel, M. and Uslu, M. K. (2005). Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*, 89, 341-345.

FIA (Fundación para la innovación Agraria). (2007). *Cultivos y Cereales/ Leguminosas. Resultados y lecciones de Lupino dulce*. Ministerio de agricultura. (pp 8-10). IX Región de la Araucanía, Chile.

Glencross, B. D. (2001). Feeding lupins to fish: A review of the nutritional and biological value of lupins in aquaculture feeds. The Department of Fisheries, Government of Western Australia (DFWA).

Cuadro 1. Composición química de la semilla de lupino entera y descascarada (*Lupinus angustifolius* L.) var. Sonate.

NUTRIENTE (%)	Entera	Descascarada
Materia Seca	90.06	88.26
Cenizas	3.69	3.82
Proteína cruda*	27.19	38.32
Extracto Etéreo	4.79	5.72
Fibra cruda	18.14	7.26
Fibra detergente neutro	31.45	14.26
Fibra detergente ácido	24.86	12.23
Lignina	10.55	6.38

*(N*6.25)

- Gross, R., Von-Baer, E., Koch, R., Marquard, L., Trugo, L. and Wink, M. (1988). Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low alkaloid content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1, 353-361.
- Jacobsen, S-E. y Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. (pp 458-482). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. *Botánica Económica de los Andes Centrales*
- Lewis, S., Grimshaw, K., Warner, J., and Hourihane, J. (2005). The promiscuity of immunoglobulin E binding to peanut allergens, as determined by Western blotting, correlates with the severity of clinical symptoms. *Clinical and Experimental Allergy*, 35(6), 767-773.
- Mera, M. (2016). Cosecha y Almacenaje de Lupino. Capítulo 8. (pp 114-117). Santiago de Chile, Chile.
- Mera, Z. F., Pro, M. A., Zamora, N. J., Sosa, M. E., Guerrero, R. J., Mendoza, P. S.I., González, C. F. and Hernández, M. J. (2019). Total substitution of soybean meal by dehulled lupine (*Lupinus angustifolius* L.) seed and enzyme supplementation in starter diets for broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(4), 564-573.
- Nacer, B., Arnold, B., Guillen, M., Abbas, R., Zablotowicz, A. and Paris, L. (2010). Soybean seed protein, oil, fatty acids, and mineral composition as influenced by soybean-corn rotation. *Agricultural Sciences*, 1(3), 102-109.
- Nalle, C., Ravindran, V. and Ravindran, G. (2011). Nutritional value of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) for broilers. *British Poultry Science*, 52(6), 775-781.
- Pablo, M., Lagunés, L., López, J., Ramos, J., y Aranda, E. (2013). Morfometría, germinación y composición mineral de semillas de *Lupinus* silvestres. *Bioagro*, 25(2), 101-108.
- Petterson, D. S. (1998). Composition and food uses of lupinus. Chapter 12. In: J. S. Gladstones, C.A. Atkins, J Hamblin, eds. *Lupinus as crop plants: biology, production and utilization*. (pp 353-384). CAB International Wallingford, UK.
- Ramos, C., Guadalupe, J., Villanueva, J., Luis, J., Filemon, P-I., González, L. y Guillermo, J. (2013). Factores que determinan la persistencia de la producción campesina de maíz: el caso del Municipio de Libres, Puebla. *Ra Ximhai*, 9(1), 15-28.
- Ruiz, J.J., Ruiz, M.A. y Zamora, J. F. (2000). The genus *Lupinus*: Taxonomy and distribution in Jalisco, Mexico. (pp. 297- 300). *Proceedings of the 9th International Lupin Conference*.
- Schoeneberger, H., Gross, R., Cremerand, H. and Elmadfa, I. (1982). Composition and protein quality of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Nutrition*, 112, 70-76.
- Sipsas S. and Glencross, B. (2005). Implications of variability amongst Lupin cultivars in processing. In: *Seeding a Future for Grains in Aquaculture Feeds*. (pp. 8-13) Department of Fisheries, North beach Western Australia.
- Sousa, S. M. y Delgado, A. S. (1998). Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. (pp. 449-500). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- Suca, G. y Suca, C. (2015). Potencia del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 18(2), 55-71.
- Van Soest, P.J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3883-3597.
- Vargas, M. F. (1984). Parques nacionales de México y reservas equivalentes: pasado, presente y futuro. Colección: Grandes problemas nacionales. Serie "Los Bosques de México". (pp. 266). Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- Villaseñor, R. J. y Espinosa, F. J. (1998). Catálogo de malezas de México. Ediciones Científicas Universitarias. Serie Texto Científico Universitario. (pp. 449). Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México.



Productivity and morphological traits of forage corn hybrids

Productividad y caracteres morfológicos de híbridos de maíz forrajero

Rivas-Jacobo, Marco A.¹; Carballo-Carballo, Aquiles²; Quero-Carrillo, Adrian R.²; Mendoza-Pedroza, Sergio I.^{2*}; Vaquera-Huerta, Humberto²; Rivas-Zarco, Maritza A.³; Sánchez-Hernández, Miguel A.⁴

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., México. C. P. 78321. ²Programa de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. ³Desarrollo e Investigación Agroempresarial S. C. de R. L. Jomulco, Jala, Nayarit, México. C. P. 63880. ⁴Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita. Loma Bonita, Oaxaca, México. C. P. 68400.

*Autor de correspondencia: sergiomp@colpos.mx

ABSTRACT

In order to evaluate the yield of dry matter and the relationship of the morphological components among plants of forage corn hybrids in Tecali of Herrera, Puebla, Mexico. 10 experimental trilinear hybrids, two simple hybrids, a criollo and the HS-2 commercial hybrid were studied. Plant material was sown at random in plots of four rows of 80 cm wide and 40 m long with four repetitions, depositing 7 cm deep one seed every 20 cm. A dosage of 160-60 -00 (N-P-K) was applied. Irrigation was applied every fifteen days. Ten plants were harvested in complete competition in the center of each plot in the physiological state of 1/3 milk line. The variables yield of green matter (YGM), yield of dry matter (YDM), plant height (PH), number of corn (NC), number of leaves (NL), stem diameter (SD) and the relationships leaf:plant (L:P), stem:plant (S:P) and corn:plant (C:P), under a completely random design were measured. The HT-1 presented the highest YGM, YDM and HP. YGM and YDM were influenced to a certain extent by the PH, SD when presenting considerable positive correlations near or above 0.50. The S:P is greatly affected in a negative way to the C:P by showing a very high negative correlation.

Key words: Yield, forage, morphological components, correlations

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el rendimiento de materia seca y la relación de los componentes morfológicos de plantas de maíz forrajero en Tecali de Herrera, Puebla, México. Se evaluaron 10 híbridos trilineales, dos híbridos simples, un criollo y el híbrido comercial HS-2. Se sembraron en parcelas de cuatro surcos de 80 cm ancho y 40 m largo con cuatro repeticiones,

depositando una semilla cada 20 cm a 7 cm de profundidad. Se fertilizó con 160-60-00 (N-P-K). Los riegos se aplicaron cada quince días. Se cosecharon 10 plantas en competencia completa en el centro de cada parcela en el estado fisiológico de 1/3 de línea de leche. Se midió el rendimiento de materia verde (RMV) y seca (RMS), altura de planta (AP), número de elotes (NE), número de hojas (NH), diámetro del tallo (DT) y las relaciones hoja:planta (H:P), tallo:planta (T:P) y elote:planta (E:P), bajo un diseño completamente al azar. El genotipo HT-1 presentó las medias más altas para las variables RMV, RMS y AP. RMV y RMS fueron influenciados por las variables AP, DT y NH al presentar correlaciones positivas cercanas a 0.50. El NE tuvo influencia en una menor T:P al presentar una correlación negativa considerable por arriba de 0.50. La T:P afectó grandemente en forma negativa a la E:P al mostrar una correlación negativa muy alta.

Palabras clave: Rendimiento, forraje, componentes morfológicos, correlaciones.

hoja de 16 a 22%, de elote de 26 a 35% y para tallo de 43 a 58%. Rivas *et al.* (2006), observaron en plantas de maíz cosechadas en elote en estado masoso-lechoso, los rendimientos de materia verde de hoja (RMVH) fueron de 10.8 t ha⁻¹; mientras que, los rendimientos de materia verde de tallo (RMVT) fueron en promedio, de 54.1 t ha⁻¹ y para el rendimiento de materia verde del elote (RMVEL) fue de 26.1 t ha⁻¹; en cambio para la cosecha con el elote en estado masoso-pastoso, los rendimientos fueron en promedio de 4.5, 37.6 y 19.1 t ha⁻¹ para RMVH, RMVT y RMVEL, respectivamente. Con base a lo anterior, se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar el rendimiento de materia verde y seca, así como la expresión de los componentes morfológicos de las plantas y su relación de híbridos de maíz forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en Santa Cruz Ajajalpan municipio de Tecali de Herrera, Puebla, México, a 18.94° de LN y a -97.95 de LO, con un clima templado subhúmedo, con temperatura media anual de 17.2 °C, precipitación de 758 mm y altura 2183 msnm (García, 2004). Se utilizaron 14 genotipos de maíz (Cuadro 1), de los cuales 10 son híbridos trilineales experimentales resultado de la cruce de cruces simples con una línea elite sobresaliente por aptitud forrajera (CL7SFr) previamente evaluada, identificadas en una evaluación previa de 44 líneas endogámicas perteneciente al Colegio de Posgraduados-Producción de Semillas; dos cruces simples del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); un criollo local y el Híbrido comercial HS-2. El ensayo se estableció bajo riego en parcelas de cuatro surcos de

INTRODUCCIÓN

La producción de maíz como forraje verde o ensilado, representa un bien necesario y de mucha relevancia para la producción de ganado lechero en México, por su alto rendimiento de materia seca (20 t ha⁻¹, Núñez *et al.*, 2005) y menor costo (Almaguel *et al.*, 2009, Arrollo y Murillo, 2000). El factor más importante a considerar para elegir una buena variedad o híbrido de maíz para forraje es el rendimiento de materia seca (RMS) y su calidad nutritiva, la cual va a depender de los caracteres de la planta como cantidad de hoja, tallo y elote, que también se denominan componentes morfológicos. Yescas *et al.* (2015), realizaron estudios en el híbrido AN-447, seleccionado para grano de maíz, sobre el rendimiento de forraje y su calidad, observaron que el mayor RMS fue de 14.78 t ha⁻¹. Borroel *et al.* (2014), estudiaron el rendimiento de maíces mejorados con fines forrajeros y observaron que los mejores RMS fueron de 23.83, 20.17, 19.39, y 19.11 t ha⁻¹ de MS para los híbridos Caiman, Ocelote, AN-423 y Berentsen 302, respectivamente. Gaytan-Bautista *et al.* (2009), observaron rendimientos de 8.9 a 11.8 t ha⁻¹ de MS para 22 híbridos estudiados provenientes de semilla F2 con el fin de reducir costos por concepto de semilla. Elizondo-Salazar (2011) realizaron estudios en maíz para ensilado, observaron que a altura de cosecha de 15 cm la variedad criolla mostró 131.9 y el híbrido 82.6 t ha⁻¹ de materia verde (MV), y 15.3 y 11.0 t ha⁻¹ de MS para maíz criollo e híbrido, respectivamente. En el forraje verde de la planta de maíz (planta entera) para ensilado o en seco, los granos y subproductos como rastrojo, hojas y totomoxtle, se encuentran como estructuras en diferentes proporciones, que afectan los rendimientos de materia seca y la calidad de la misma. Elizondo-Salazar (2011), observó en maíces que la proporción de hojas, tallos y elotes varía entre genotipos, dado que una variedad mejorada mostró 3.345 t ha⁻¹ de MS de hoja (30 % del total de la planta), 4.492 t ha⁻¹ de MS de tallo (41 % del total de la planta) y 3.142 t ha⁻¹ de MS de elote (29 % del total de la planta) y para un maíz criollo observó 5.176 t ha⁻¹ de MS de hoja (34 % del total de la planta), 8.623 t ha⁻¹ de MS de tallo (56 % del total de la planta) y 1.481 t ha⁻¹ de MS de elote (10 % del total de la planta), mientras que Rivas *et al.* (2018) observó porcentajes de

Cuadro 1. Relación de genotipos de híbridos y testigos de maíz utilizados como tratamientos. Santa Cruz Ajajalpa, Tecali de Herrera, Puebla, México.

Genotipo	Adaptación	Genealogía
HT-1	H Valles Altos	(CL11 × CL12) × CL7SFr
HT-2	H Valles Altos	(CL4 × CL1) × CL7SFr.
HT-3	CS Valles Altos	(CMS 929083) × CL7SFr
HT-4	CS Valles Altos	(CMS 929001) × CL7SFr
HT-5	H Tropical	(CL22 X CL23) × CL7SFr
HT-6	H Transición	(CL12 X CL13) × CL7SFr
HT-7	H Transición	(CL13 X CL1) × CL7SFr
HT-8	H Transición	(CL21 X CL13) × CL7SFr
HT-9	H Valles Altos	(AE5/F2-54-7 × 1920F2F46-10-3-7) × CL7SFr
HT-10	H Valles Altos	(AE5/F2-54-7 × (56-1 X KKUA) -1-20) × CL7SFr
HT-11	H Valles Altos	(1112F2FHC-4-5-2 × 1920F2F46-10-3-2) × CL7SFr
HT-12	H Valles Altos	(CML-241-2 × 1920F2F46-10-3-2) × CL7SFr
Criollo Local	Criollo Valles Altos	Criollo de Santa Cruz Ajajalpa (Puebla)
HS-2	H Valles Altos	HS-2 Comercial del Colegio de Posgraduados
Parental	LF Valles Altos	CL7SFr

CS=Cruza Simple; H=Híbrido Trilineal; LF=Línea Forrajera.

80 cm de ancho y 40 m de distancia con cuatro repeticiones, depositando una semilla cada 20 cm (62,500 plantas ha⁻¹), a una profundidad de 7 cm. Se aplicó la dosis fertilizante de 160-60-00 (N-P-K), aplicando todo el fósforo y, una tercera parte del nitrógeno a la siembra y el resto de nitrógeno en dos aplicaciones antes de la primera escarda y aterrado. Los riegos se aplicaron por gravedad cada 15 días, a una lámina de 10 cm. Se realizó control de malezas de manera pos-emergente a los 20 días después de la siembra (dds) con Atrazina a razón de 1.5 L ha⁻¹, y con la aplicación de dos escardas a los 30 y 45 dds y aterrado a 60 dds. La cosecha se llevó a de acuerdo a la maduración del elote de cada híbrido, considerando el estado fisiológico de 1/3 de línea de leche.

Variables evaluadas

Rendimiento de materia verde (RMV); se cosecharon 10 plantas al azar en competencia completa en el centro de cada parcela (Sánchez-Hernández et al., 2011); se pesaron en báscula de reloj con capacidad de 10 kg ± 100 g. Rendimiento de materia seca (RMS); de las 10 plantas cosechadas en verde se seleccionaron dos al azar y se picaron en una picadora desintegradora de forraje con martillos y navajas. Se tomaron 300 g al azar y se colocó en bolsa de papel estraza y se pesaron en báscula electrónica Tor-Rey® modelo EQ-5/10 con capacidad de 5 kg ± 1 g. Se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C por 144 h hasta peso constante. Las relaciones de los componentes morfológicos de las plantas (hoja,

tallo y elote), se obtuvieron de cuatro plantas de la muestra de 10 plantas, a las cuales se les separó la hoja sin vaina, tallo con espiga y vaina y elotes; se picaron en la desintegradora de forrajes. Una submuestra de 200 g para hoja y 300 g para tallos y elote, se colocaron en bolsa de papel estraza y se llevaron a estufa de aire forzado a 55 °C por 144 h hasta peso constante, para determinar porcentaje de MS y calcular las siguientes variables: Relación hoja:planta (H:P), tallo:planta (T:P) y elote:planta (E:P). De las diez plantas cosechadas en verde se determinó el Número de hojas por planta (NH), Número de elotes por planta (NE); Altura de planta (AP), se realizó midiendo con cinta métrica, desde

de la base del tallo a ras del suelo, a la base de inserción de la lámina de la hoja con la vaina de la última hoja en 10 plantas. Diámetro de tallo (DT), se midió en el entrenudo inferior con un vernier digital a las diez plantas cosechadas.

A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza, utilizando el modelo estadístico completamente al azar, con cuatro repeticiones. Las variables que mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos se analizaron mediante la prueba de medias de Tukey al ($P \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron empleando el programa estadístico SAS (2007), Ver. 9.0. Y se realizaron correlaciones de las variables estudiadas para determinar las relaciones entre los caracteres estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El RMV y RMS mostraron diferencias entre los genotipos estudiados (Cuadro 2), donde el HT-1 mostró el mayor valor con 10,312 kg de materia verde (MV) ha⁻¹, y el HT-12 mostró el menor valor con 59,844 kg ha⁻¹ de MV. El HT-1 mostró el mayor valor con 28,127 kg ha⁻¹ de MS, y el HT-12 mostró el menor valor con 14,722 kg ha⁻¹ de MS. El RMV tuvo un valor medio de 82,651 kg ha⁻¹, por arriba a la media nacional del SIAP (2018), que reportó 46,648 kg ha⁻¹ de MV bajo riego en el ciclo primavera-verano, y a los de Rivas et al. (2011), con valores de 34,250 a 47,215 kg ha⁻¹ de MV, pero menores a los reportados por Elizondo-Salazar (2011) con valores de 131,900 kg ha⁻¹

de MV para maíz criollo y 82,600 kg ha⁻¹ de MV en maíz híbrido; Núñez *et al.* (2005) reportaron 57,800 kg ha⁻¹ de MV. Los resultados de RMS de esta investigación fueron similares a los de Borroel *et al.* (2014) para los híbridos Caiman, Ocelote, AN-423 y Berentsen 302 con 23,830, 20,170, 19,390, y 19,110 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente; Núñez *et al.* (2005), con 20,000 kg ha⁻¹ de MS, Núñez *et al.* (2007), observaron valores desde 21,640 a 16,210 kg ha⁻¹ de MS en genotipos comerciales. Y mayores a los citados por Yescas *et al.* (2015), en el híbrido AN-447 de maíz con 14.78 t ha⁻¹ de MS de forraje, y mucho mayores a los de Gaytan-Bautista *et al.* (2009) para 22 híbridos de 8,900 a 11,800 kg ha⁻¹ de MS. Elizondo-Salazar (2011) obtuvo 15,300 y 11,000 kg ha⁻¹ de MS para maíz criollo e híbrido, respectivamente. Navarro *et al.* (2008), en maíces forrajeros QPM con 29,200 a 14,490 kg de MS ha⁻¹.

Las relaciones H:P, T:P y E:P mostraron diferencias estadísticas entre los genotipos estudiados (Cuadro 2). El HT-1 mostró el mayor valor con 0.25 H:P, lo que significa que un 25% de la planta completa es hoja. El HT-7 y HT-3 presentaron los valores más altos con 0.44 y 0.42 de T:P, respectivamente, lo que significa que del total de la planta el 44 y 42 %, respectivamente, son de tallo. El HT-6 presentó el valor más alto de E:P con una relación de 0.61, lo que significa que del total de la planta el 61% es elote. Los híbridos estudiados mostraron variabilidad fenotípica para las relaciones H:P, T:P y E:P, lo cual permite seleccionar materiales para la zona de estudio de acuerdo a sus atributos de hoja, tallo y elote, observaciones similares en cuanto a variabilidad y diferentes en cuanto a valores fueron observadas

Cuadro 2. Comparación de medias de rendimiento de materia verde y seca, relaciones de caracteres de la planta de 14 genotipos de maíz forrajero. Santa Cruz Ajajalpa, Tecali de Herrera, Puebla.

GENOTIPO	RMV	RMS	H:P	T:P	E:P
HT-1	103125 a	28127 a	0.25 a	0.38 abc	0.37 c
HT-2	100860 ab	25114 abc	0.11 b	0.40 ab	0.49 abc
HT-3	69454 de	15731 ef	0.13 b	0.42 a	0.45 abc
HT-4	77188 bcde	19008 cdef	0.17 ab	0.38 abc	0.45 abc
HT-5	96172 abc	25197 abc	0.13 b	0.31 abc	0.56 ab
HT-6	87969 abcd	27358 ab	0.12 b	0.26 c	0.61 a
HT-7	88750 abcd	23519 abc	0.16 ab	0.44 a	0.40 bc
HT-8	73282 cde	16122 def	0.13 b	0.38 abc	0.49 abc
HT-9	86797 abcd	24260 abc	0.12 b	0.34 abc	0.54 abc
HT-10	86797 abcd	22568 abcd	0.12 b	0.33 abc	0.56 ab
HT-11	84454 abcd	21599 bcde	0.12 b	0.34 abc	0.54 abc
HT-12	59844 e	14722 f	0.14 ab	0.29 bc	0.57 ab
Criollo Local	70860 de	21772 abcde	0.12 b	0.37 abc	0.51 abc
HS-2	71563 de	19877 cdef	0.17 ab	0.33 abc	0.50 abc
Media	82651	21783	0.14	0.36	0.50
DHS	23818	6488	0.114	0.13	0.18

Medias con letras diferentes (a,b,c, etc) son estadísticamente diferentes. RMV=Rendimiento de materia verde, RMS=Rendimiento de materia seca, H:P=Relación hoja:planta, T:P=Relación tallo:planta, E:P=Relación elote:planta, DHS=Diferencia Significativa Honesta.

por otros investigadores. Rivas *et al.* (2018) observaron en forma similar para hoja de 16 a 22%, de elote de 26 a 35% y para tallo de 43 a 58%, en cambio Elizondo-Salazar (2011) obtuvo valores un poco diferentes, para hoja 30%, tallo 41% y elote 29% del total de la planta en híbridos y para maíz criollo la hoja 34%, tallo 56% y elote 10% del total de la planta. Rivas *et al.* (2011) observaron valores similares para H:P (0.10 a 0.16), diferentes y mayores para T:P (0.55 a 0.63) y diferentes y poco menores para E:P (0.23 a 0.45) para los mismos genotipos en una región más fría y de mayor altura. Los datos obtenidos en esta investigación son superiores a los observados por Rivas *et al.* (2006), para H:P fue de 0.12 y para E:P 0.29, en cambio la T:P (0.59) fue mayor a los estudiados. De este análisis se puede destacar que el híbrido HT-6, con menor valor de la T:P presentó el valor más alto de E:P y viceversa, casi prácticamente coincidiendo para los demás genotipos; aspecto que concuerda con lo observado en el apartado de correlaciones, donde la T:P muestra una correlación negativa alta con E:P (-0.81).

Las variables NH, NE y AP mostraron diferencias significativas (Cuadro 3). El híbrido HT-5 mostró el mayor valor con 14.5 hojas planta⁻¹, mientras que HT-12 presentó el menor valor con 11.7 hojas planta⁻¹. Los genotipos con los mayores valores de NE fueron HT-2, HT-6, HT-10 y el Criollo Local con 0.92 elotes planta⁻¹, mientras que HT-8 mostró el valor más bajo con 0.5 elotes planta⁻¹. El genotipo HT-1 mostró el mayor de AP con valor con 1.95 m., y el genotipo HT-12 mostró el valor más bajo con 1.39 m.

Rivas *et al.* (2011) estudió los mismos genotipos en otra región y observó valores similares para NH y para el NE fue diferente, ya que observaron valores

Cuadro 3. Comparación de medias de número de hojas, número de elotes, altura y diámetro de tallo de 14 variedades de maíz forrajero. Santa Cruz Ajajalpa, Tecali de Herrera, Puebla, México.

GENOTIPO	NH	NE	AP (m)	DT (mm)
HT-1	14.2 ab	0.83 ab	1.95 a	27.05 a
HT-2	12.8 bcd	0.92 a	1.81 ab	27.37 a
HT-3	12.7 bcd	0.67 ab	1.58 abc	24.69 a
HT-4	13.7 ab	0.58 ab	1.55 bc	24.84 a
HT-5	14.5 a	0.83 ab	1.86 ab	26.52 a
HT-6	13.9 ab	0.92 a	1.65 abc	28.24 a
HT-7	13.7 ab	0.67 ab	1.64 abc	27.41 a
HT-8	13.9 ab	0.50 b	1.57 bc	25.59 a
HT-9	13.6 ab	0.83 ab	1.73 abc	25.77 a
HT-10	13.6 ab	0.92 a	1.64 abc	25.42 a
HT-11	13.3 abc	0.83 ab	1.73 abc	25.81 a
HT-12	11.7 d	0.83 ab	1.39 c	25.10 a
Criollo Local	12.1 cd	0.92 a	1.67 abc	25.76 a
HS - 2	13.4 abc	0.75 ab	1.86 ab	24.43 a
Media	13.3	0.79	1.69	26.99
DHS	1.46	0.38	0.375	5.03

Medias con letras diferentes (a, b, c, etc.) son estadísticamente diferentes, NH=Número de hojas por planta, NE=Número de elotes por planta, AP=Altura de planta, DT=Diámetro de tallo, DHS=Diferencia significativa honesta.

que van de 1.0 a 1.33 por para los mismos genotipos. La AP en esta investigación fue más baja a los datos obtenidos por Rivas et al. (2011) para los mismos genotipos estudiados en una región de mayor altura y más fría; así como para los híbridos comerciales y experimentales estudiados por Núñez et al. (2007) quienes obtuvieron valores que van de 2.67 a 2.22 m; al igual que a los reportados por Latournerie et al. (2001), con resultados entre 2.32 a 2.91 m de altura de planta de maíces bajo diferentes densidades de población. En cambio Velázquez (2007), obtuvo alturas mayores (entre 2.8 y 3.1 m); datos similares a los obtenidos por Montemayor et al. (2006), en maíces forrajeros con valores de 1.56 a 1.72 m de altura de la planta.

En lo que respecta a las correlaciones se observaron diferencias (Cuadro 4), donde se muestra que entre algunas variables existen correlaciones de interés como la AP muestra correlación positiva con NH (0.37), con RMV (0.55) y RMS (0.56). Para DT se observa correlación positiva con RMV (0.49) y RMS (0.51). NH muestra correlación positiva con RMV (0.54) y RMS (0.50). El NE presenta una considerable correlación positiva con RMS (0.31) y E:P

Cuadro 4. Correlación de caracteres estudiados en 14 variedades de maíz forrajero. Santa Cruz Ajajalpa, Tecali de Herrera, Puebla, México.

	AP	DT	NH	NE	RMV	RMS	H:P	T:P	E:P
AP	1.0000	0.1573	0.3679	-0.0582	0.5477	0.5563	0.0597	0.0977	-0.1016
	0.0000	0.2469	0.0053	0.6699	0.0001	0.0001	0.6619	0.4736	0.4564
DT	-0.1573	1.0000	0.2152	0.1911	0.4898	0.5123	-0.0069	0.0977	0.1063
	0.2469	0.0000	0.1112	0.1582	0.0001	0.0001	0.9600	0.4736	0.4355
NH	0.3679	0.2152	1.0000	-0.0656	0.5448	0.4985	0.1157	-0.0437	-0.0339
	0.0053	0.1112	0.0000	0.6309	0.0001	0.0001	0.3959	0.7492	0.8039
NE	-0.0582	0.1911	-0.0656	1.0000	0.1680	0.3141	0.0249	-0.5524	0.3808
	0.6699	0.1582	0.6309	0.0000	0.2158	0.0184	0.8558	0.0001	0.0038
RMV	0.5477	0.4898	0.5448	0.1680	1.0000	0.9148	0.0200	0.0547	-0.0527
	0.0001	0.0001	0.0001	0.2158	0.0000	0.0001	0.8837	0.6889	0.6996
RMS	0.5563	0.5123	0.4985	0.3141	0.9148	1.0000	0.0345	-0.0909	0.0452
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0184	0.0001	0.0000	0.8007	0.5053	0.7407
H:P	0.0597	-0.0069	0.1157	0.0249	0.0200	0.0345	1.0000	0.1641	-0.7030
	0.6619	0.9600	0.3959	0.8558	0.8837	0.8007	0.0000	0.2269	0.0001
T:P	0.0977	-0.1497	-0.0437	-0.5524	0.0547	-0.0909	0.1641	1.0000	-0.8144
	0.4736	0.2708	0.7492	0.0001	0.6889	0.5053	0.2269	0.0000	0.0001
E:P	-0.1016	0.1063	-0.0339	0.3808	-0.0527	0.0452	-0.7030	-0.8144	1.0000
	0.4564	0.4355	0.8039	0.0038	0.6996	0.7407	0.0001	0.0001	0.0000

AP=Altura de planta, DT=Diámetro de tallo, NH=Número de hojas, NE=Número de elotes, RMV=Rendimiento de materia verde, RMS=Rendimiento de materia seca, H:P=Relación hoja planta, T:P=Relación tallo planta, E:P=Relación elote planta.

(0.38), y una correlación negativa con T:P (-0.55). Existiendo de esta manera diferentes correspondencias entre las variables estudiadas. La T:P muestra una correlación negativa alta con E:P (-0.81). La AP al mostrar una correlación positiva considerable con NH, RMV y RMS significa que a medida que aumenta la altura aumentan el número de hojas de la planta, así como el RMV y por ende el RMS. Los valores obtenidos en esta investigación difieren con los observados por Rivas *et al.* (2011) para los mismos genotipos pero evaluados en otros ambiente más frío y de mayor altura, ya que la correlación obtenida entre AP y NH fue de -0.08 y con RMS fue de 0.34.

El DT mostró una correlación positiva con RMV (0.49) y RMS (0.51), lo que significa que a medida que aumenta el diámetro del tallo se obtiene un mayor rendimiento de materia verde y seca, algo similar obtuvo Rivas *et al.* (2011) al observar un valor de correlación positiva de 0.44 entre DP y RMS. En lo que se refiere a NE la correlación fue considerable y positiva con RMS (0.31) y E:P (0.38), lo que significa que en cierto grado al aumentar el NE aumenta el RMS y la E:P, y el NE mostró una correlación negativa alta con T:P (-0.55); aspecto un poco diferente a lo observado por Rivas *et al.* (2011) quienes señalan una correlación muy baja de NE con RMS (-0.16), pero también observó datos similares al obtener una relación negativa considerable del NE con T:P (-0.52) y una correlación positiva considerable con E:P (0.53). Caso contrario a lo observado por Núñez *et al.* (2003), quienes encontraron que el RMS presenta una correlación alta negativa con la E:P ($r = -0.75$).

CONCLUSIONES

El genotipo HT-1 presentó los mayores valores de RMV, RMS, H:P y AP por lo que sería considerado como altamente productivo para la región de Tecali de Herrera, Puebla, como una opción viable para los ganaderos lecheros de la región para incrementar sus rendimientos de materia seca de forraje, por lo que se recomienda evaluarlo en otros ciclos para confirmar su productividad. El RMV y RMS se vio influenciado en cierta medida por la AP, el DT y NH. El NE influyó en una menor T:P. La T:P afectó grandemente en forma negativa a la E:P. La altura y el diámetro de la planta afectaron positivamente el número de hojas y el rendimiento de materia verde y seca.

LITERATURA CITADA

- Almaguel, R., Cruz, E., Piloto, J., & Mederos, C. (2009). Utilización de los granos secos de destilerías con solubles obtenidos a partir del maíz en la alimentación de cerdos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(2), 1-9.
- Arrollo, C., Murillo, M. (2000). Utilización de pelibaye (*Bactris gasipaes*) en la alimentación animal. *Nutrición Animal Tropical*, 6(1), 145-166.
- Borroel, V., Álvarez, V., Rodríguez, S., Jiménez F., Preciado, P., Ogaz A., Zermeño, H. (2014). Rendimiento de maíz forrajero bajo la adición de ácido húmico y algaenzima. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(2), 233-244.
- Elizondo-Salazar, J. (2011). Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agronomía Costarricense* 35(2),105-111.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta Edición. Instituto Nacional de Geografía. UNAM. México, D. F. 246 p.
- Gaytan-Bautista, R., Martínez-Gómez, M., Mayek-Pérez, N. (2009). Rendimiento de grano y forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F2. *Agricultura Técnica en México*, 35(3), 295-304.
- Latournerie, L., Rodríguez, S., Urquiza, J., Castañón, G., Mendoza, M., López, A. (2001). Potencial forrajero de veintidós híbridos de maíz evaluados en tres densidades de siembra. *Agronomía Tropical*, 51(3),419-2001.
- Montemayor, J., Gómez, A., Olague, J., Zermeño, A., Ruiz, E., Fortis, M., Salazar, E., Aldaco, R. (2006). Efecto de tres profundidades de cinta de riego por goteo en la eficiencia de uso de agua y en el rendimiento de maíz forrajero. *Técnica Pecuaria en México*, 44(3),359-364.
- Núñez, G., Contreras, E., Faz, R. (2003). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria en México*, 41,37-48.
- Núñez, G., Faz, R., González, F., Peña, R. (2005). Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Técnica Pecuaria en México*, 43,69-78.
- Núñez, G., Faz, R., Sánchez, R. (2007). Evaluación de híbridos de maíz para forraje en la región Lagunera. INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental La Laguna. Informe. Diciembre 2007. 25 p.
- Rivas, M., Carballo, A., Quero, A., Hernández, A., Vaquera, H., Rivas, E., Rivas, M., Rivas, E. (2018). Comportamiento productivo de doce híbridos trilineales de maíz para forraje en una región tropical seca. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21:579-586.
- Rivas, M., Carballo, A., Quero, A., Hernández, A., García, G., Vaquera, H. (2011). Evaluación productiva y forrajera de doce híbridos de maíz bajo labranza mínima en valles altos. En: Díaz-Ruiz, R., Álvarez-Gaxiola, J., Huerta-de la Peña, A. (Ed). *Desarrollo de la agricultura sostenible*. Altres Costa-Amic SA de CV. Puebla, Puebla, México. Pp. 129-141.
- Rivas, M., Carballo, A., Pérez, J., González, G., García, A. (2006). Rendimiento y calidad de ensilado de seis genotipos de maíz cosechados en dos estados de madurez. En: *Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuicola en el Trópico Mexicano 2006*. INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBOCA, UNAM (Eds). Libro Científico No. 3. Veracruz, México. Pp 313-320.

- Sánchez-Hernández, M., Aguilar-Martínez, C., Valenzuela-Jiménez, N., Sánchez-Hernández, C., Jiménez-Rojas, M., Villanueva-Verduzco, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2),281-295.
- Servicio de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIAP). (2018). Avances de siembra y cosechas primavera-verano y otoño-invierno de 2017. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Fecha de consulta 30 de mayo de 2018.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). (2007). The SAS® System for Windows® (Ver. 9). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Velázquez, G. (2007). H-157 E. Nuevo híbrido de maíz forrajero para la Región Centro de México. Reporte Anual de Investigación e Innovación Tecnológica 2007. INIFAP. 113 p.
- Yescas, P., Segura, M., Martínez, L., Álvarez, V., Montemayor, J., Orozco, J., Frías, J. (2015). Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. *Phyton*, 84,272-279.



Distributional analysis of the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* (Apidae: Meliponini) in Mexico: Baseline information for Veracruz

Análisis distribucional de la abeja sin aguijón *Scaptotrigona mexicana* (Apidae: Meliponini) en México: Información de referencia para Veracruz

Sánchez-Tolentino, Luis A.¹; Pérez-Sato, Juan A.¹; Trejo-Téllez, Libia I.²; Sánchez-Páez, Ricardo¹; Contreras-Oliva, Adriana¹; Hernández-Cázares, Aleida S.¹; Gómez-Merino, Fernando C.^{2*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946. ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: fernandg@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To obtain the specific geographic distribution based on the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* in Mexico and the state of Veracruz.

Design/methodology/approach: 2202 coordinates of the Gbif database were filtered using a spocc database manager in the programming language R. Subsequently, 55 coordinates were obtained with which multiple models of maximum entropy were calibrated with nine predictive environmental variables of 19 initials in MaxEnt 3.3.3 in ENMeval. The best performing model (AUC>0.897 and AICc=0) was reclassified into 5 categories of climatic suitability with the k-means clustering technique.

Results: The specific geographic distribution pattern was obtained based on the climatic suitability of *S. mexicana* in Mexico and Veracruz, which was classified into five categories: very low or zero, low, medium, high and very high. Here we show two large zones of climatic suitability in Mexico for *S. mexicana*, which could be divided by the geographical barrier of the Isthmus of Tehuantepec, the first zone is located in the Sierra Norte de Puebla and Veracruz influenced by the Transversal Mountain System and the Sierra Madre Oriental and the second in the south of the country in the South Pacific Coast, Chiapas and Guatemala. The variables that determine this pattern is the seasonality of temperature and precipitation in the wettest and driest quarter. In Veracruz, 52 municipalities were divided into two large groups with potential for the exploitation and conservation of *S. mexicana*, the first in the North zone and the second in the Central Zone of the state.

Limitations of the study/implications: The incorporation of environmental variables of greater spatial and temporal resolution is necessary, in order to extend the accuracy of the pollination pattern of *S. mexicana* at local scales.

Findings/conclusions: The incorporation of environmental variables of greater spatial and temporal resolution is necessary to extend the accuracy of the pollination pattern of *S. mexicana* at local scales.

Keywords: Meliponini, *Scaptotrigona mexicana*, distribution pattern, Species Distribution Models (SDMs), MaxEnt, climate suitability, Veracruz.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 8, agosto. 2019, pp. 67-72.

Recibido: enero, 2019. **Aceptado:** junio, 2019.

RESUMEN

Objetivo: Obtener la distribución geográfica específica con base en la abeja sin aguijón *Scaptotrigona mexicana* en México y el estado de Veracruz.

Diseño/metodología/aproximación: Se filtraron 2202 coordenadas de la base de datos Gbif utilizando un gestor de base de datos spocc en el lenguaje de programación R. Posteriormente se obtuvieron 55 coordenadas con las que se calibraron múltiples modelos de máxima entropía con nueve variables ambientales predictivas de 19 iniciales en MaxEnt 3.3.3 en ENMeval. El modelo con mejor rendimiento ($AUC > 0.897$ y $AICc = 0$) se reclasificó en cinco categorías de idoneidad climática con la técnica de clustering k-means.

Resultados: Se obtuvo el patrón de distribución geográfico específico basado en la idoneidad climática de *S. mexicana* en México y Veracruz, el cual se clasificó en 5 categorías: muy baja o nula, baja, media, alta y muy alta. Aquí mostramos dos grandes zonas de idoneidad climática en México para *S. mexicana*, las cuales podrían estar divididas por la barrera geográfica del Istmo de Tehuantepec, la primera zona se localiza en la Sierra Norte de Puebla y Veracruz influenciada por el Sistema Montañoso Transversal y la Sierra Madre Oriental y la segunda al sur de país en la Costa del Pacífico Sur, Chiapas y Guatemala. En Veracruz se encontraron 50 municipios divididos en dos grandes grupos con potencial para el aprovechamiento y conservación de *S. mexicana*, el primero en la zona Norte y el segundo en la Zona Centro del estado.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Es necesario la incorporación de variables ambientales de mayor resolución espacial y temporal, para ampliar la precisión del patrón de polinización de *S. mexicana* a escalas locales.

Hallazgos/conclusiones: Existen dos grandes zonas de distribución de *S. mexicana* en el país, localizadas en zona norte y la zona sur delimitados claramente por el Istmo de Tehuantepec. En Veracruz hay un total de 50 municipios distribuidos en la zona norte y centro que se benefician de forma potencial por el patrón de distribución *S. mexicana*, con medio, alto y muy alto para el aprovechamiento de la misma.

Palabras clave: Meliponini, *Scaptotrigona mexicana*, patrón de distribución, Modelos de Distribución de Especies (SDM's), MaxEnt, idoneidad climática, Veracruz.

les (Winfrey *et al.*, 2009; Garibaldi *et al.*, 2014). El rubro agrícola y apícola ya han evaluado dichas pérdidas en millones de dólares, puesto que las afectaciones son principalmente por la disminución de la polinización en cultivos y de baja productividad de miel (Isaacs *et al.*, 2017). Sin embargo, a pesar de estos problemas, el conocimiento de la distribución específica de abejas nativas de todo el mundo aún es limitado. En el neotrópico, la diversidad y distribución de abejas nativas de la tribu Meliponini (abejas sin aguijón o meliponas) es muy importante, ya que debido a su comportamiento poliléctico y de anidación perenne o constante, son claves en el mantenimiento de los ensamblajes de vegetación y cultivos productivos (Slaa *et al.*, 2006). En México y Sudamérica el aprovechamiento de la miel y cerumen de estas especies es conocido como meliponicultura, y fue consolidada desde tiempos procolombinos por culturas importantes como los Mayas (Ayala *et al.*, 2013; Hrnir *et al.*, 2016). De las 46 especies de abejas sin aguijón registradas para México resalta *Scaptotrigona mexicana*, la cual ha sido ampliamente valorada, puesto que su miel tiene una gran demanda en los mercados de alimentos orgánicos debido principalmente a sus propiedades medicinales. Por otro lado, el manejo y producción de las colonias es relativamente fácil (Ayala, 1999; Gutiérrez *et al.*, 2002). Sumado a lo anterior, se sabe que esta especie también es importante en la polinización de cultivos tropicales como café, vainilla, cacao y mango (Ayala *et al.*, 2013). Sin embargo, a pesar de la clara relevancia cultural y económica de *S. mexicana* en la meliponicultura y la agricultura mexicanas, hasta ahora no se habían generado mapas que demuestren el patrón

INTRODUCCIÓN

Conocer la idoneidad climática del patrón de la distribución geográfico específico de las especies útiles para la alimentación humana es fundamental, puesto que permite la integración adecuada de enfoques como la conservación, la agricultura y el aprovechamiento sustentable de las mismas. Actualmente debido a la variación climática, al cambio de uso de suelo y el uso inadecuado de pesticidas, especies de importancia productiva como las abejas nativas experimentan declives en su abundancia y diversidad a escalas regionales y globa-

específico de la distribución geográfica basada en la idoneidad climática de *S. mexicana*. Actualmente el número de colonias manejadas de *S. mexicana* y otras abejas sin aguijón han disminuido constantemente desde el siglo XVI en México, debido principalmente al consumo de azúcar refinada de caña y miel de *Apis mellifera* (Gutiérrez et al., 2002). Por lo tanto, es apremiante y urgente dar a conocer el patrón geográfico específico basado en la idoneidad climática de *S. mexicana* a escalas nacionales y estatales. Este enfoque permite la aproximación de decisiones óptimas encaminadas al aprovechamiento sustentable y conservación de este valioso recurso natural y cultural. El presente estudio utilizó un enfoque de Modelos de Distribución de Especies SDM's (SDM's, por sus siglas en inglés) para mapear el patrón de distribución geográfico específico basado en idoneidad e idoneidad climática de *Scaptotrigona mexicana*, para consecuentemente determinar en Veracruz los municipios que tienen un potencial medio, alto y muy alto para el aprovechamiento de la misma. Particularmente utilizamos el algoritmo MaxEnt de máxima entropía, el cual ha mostrado ser altamente eficiente en la generación de mapas de idoneidad en especies de abejas (Serra et al., 2012; Polce et al., 2013; Makori et al., 2017; Yurrita et al., 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

El algoritmo predictivo de la familia machine learning o de auto aprendizaje MaxEnt para el cálculo de SDM's, ha sido eficiente en la proyección de mapas de idoneidad climática de las especies. La entrada del modelo consisten básicamente en capas geográficas de información ambiental y la presencia de las especies (coordenadas), para desarrollar mapas probabilísticos en donde cada cuadrícula en el espacio geográfico representa un valor de idoneidad ambiental (Phillips et al., 2004). A continuación utilizamos un enfoque de SDM's para evaluar y mapear el patrón geográfico específico basados en la idoneidad climática de *Scaptotrigona mexicana* en México y el estado de Veracruz. La extracción de coordenadas y delimitación del extend geográfico en el que se calibró y evaluó nuestro modelo, se basó en las eco-regiones definidas en los estudios realizados para las especies la tribu Meliponini en el neotrópico por Ayala (1999) y Yáñez-Ordóñez et al. (2008).

Coordenadas de *Scaptotrigona mexicana*

Las coordenadas para la calibración del SDM's de *S. mexicana* fueron obtenidas cuidadosamente con ayuda del paquete spocc en el lenguaje R, específicamente haciendo uso de las funciones spocc (gbif) y "spocc_du-

plicate". Primero se depuraron un total de 2012 registros de *S. mexicana* en la base de datos GBIF y posteriormente se filtraron en una gradilla de 10 km en Qgis 3.4 Madeira. Finalmente se obtuvieron 56 coordenadas filtradas sin duplicación y geográficamente no relacionadas. Este paso es particularmente importante ya que de lo contrario se puede sesgar o también sobre estimar el modelo. Utilizamos spocc debido a que funciona como un gestor óptimo para acceder a bases de datos masivos de especies, incluidas GBIF, USGS BISON, iNaturalist, Berkeley Ecoinformatics Engine, eBird, iDigBio, VertNet, OBIS y ALA, por lo que ha sido muy útil en el desarrollo de SDMs (Chamberlain et al., 2018).

Variables ambientales predictivas

La primera aproximación del SDM's de *S. mexicana* se basó en 500 iteraciones con 19 variables climáticas ampliamente utilizadas para generar modelos de distribución de especies (tendencias anuales y estacionales de precipitación y temperatura). Éstas fueron obtenidas de la base de datos WorldClim (Hijmans et al., 2005) a 2.5 arcos de minuto (4.62 km) de resolución espacial. Posteriormente se cortaron con un archivo shape de países del neotrópico (México, Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) en donde puede existir *S. mexicana* (extend geográfico), ya que el extend geográfico es importante en la generación de SDMs precisos con MaxEnt. Las iteraciones en un primer modelo permitieron eliminar variables que no contribuyen a la idoneidad, para posteriormente realizar una segunda aproximación más precisa con aquellas que presentaron un mayor porcentaje de permutación.

Calibración y evaluación de la precisión del SDM's

Con ayuda de las librerías dismo 1.1.4 y ENMeval en un entorno de trabajo de R, se ejecutó automáticamente el algoritmo de MaxEnt 3.3.3 con múltiples configuración de multiplicadores de regularización: lineal, cuadrático, producto y hinge (Phillips et al., 2004). Estos parámetros ayudaron a identificar la configuración que equilibra la bondad de ajuste con la complejidad de cada mapa de salida. Se realizó un set de 20 modelos con 500 iteraciones con la función ENMevaluate de ENMeval entrenados con 56 coordenadas con 4 métodos de particionamiento (Jackknife, block, checkerboard1 y checkerboard2) y las nueve variables ambientales filtradas en el paso anterior. Para la generación de estadísticos que resumieron el rendimiento del modelo, utilizamos 10,000 puntos de background o datos aleatorios de fondo. Los modelos se evaluaron con la técnica de detección de señales ROC

(Receiver Operating Characteristic, por sus siglas en inglés), interpretado con el valor del área bajo la curva AUC (Area Under the Curve, por sus siglas en inglés). La selección del mejor modelo se basó en un valor de $AUC > 0.87$ (Yurrita *et al.*, 2017), $\Delta AICc = 0$ y menos parámetros de regularización (Muscarella *et al.*, 2014), el cual se reclasificó en cinco categorías con la técnica de clustering k-means con Mclus. Por último se realizó un corte con extend geográfico del estado de Veracruz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución geográfica específica basada en la idoneidad climática de *Scaptotrigona mexicana*

Se obtuvo el patrón de distribución geográfico específico de la idoneidad climática de *S. mexicana* en México y el estado de Veracruz. El mejor modelo fue un mapa georeferenciado en WGS84 y formato geotiff (disponible) el cual alcanzó un valor $AUC > 0.897$, un $AICc$ (Akaike Information Criteria) de 1212 y un $\Delta AICc = 0$. Estos resultados en general concuerdan con los trazos panbiogeográficos realizados por Ordoñez *et al.* (2008) para la tribu Meliponini. Sin embargo, no se había generado un modelo de distribución geográfica que mostrara mayor o menor intensidad del patrón de *S. mexicana*. Por consiguiente, la técnica de clustering k-means fue muy útil en la representación de la idoneidad en cinco categorías simples: muy baja o nula, baja, media, alta y muy alta (Figura 1).

Existen homologías biogeográficas que presentan distintos organismos con capacidades de dispersión diferentes (aves, mamíferos, reptiles e insectos) debido a que se han visto sometidos a los mismos procesos selectivos a través del tiempo. El

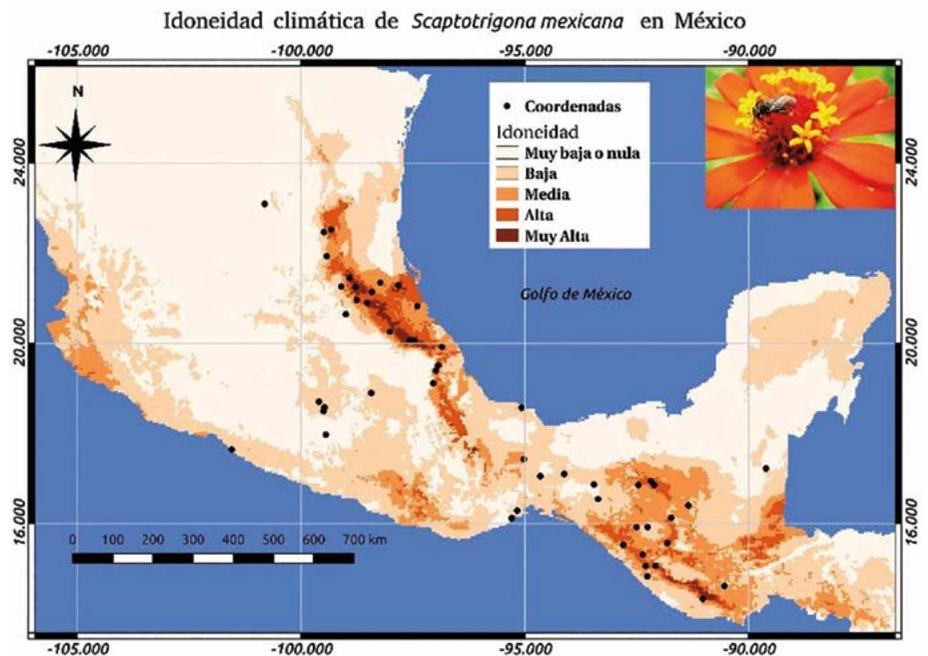


Figura 1. Distribución geográfica específica basada en la idoneidad climática de *Scaptotrigona mexicana* en México y Centroamérica.

patrón de *S. mexicana* se conforma de elementos con afinidades sudamericanas antiguas (pre-Eoceno) de América del Norte, como por elementos sudamericanos modernos (post-Plioceno) que se extienden por las tierras tropicales de México (Yáñez-Ordóñez *et al.*, 2008). Las variables que mejor rescatan este patrón con base en la idoneidad es la estacionalidad de la temperatura con un mayor porcentaje de permutación y la precipitación del mes más húmedo con un mayor porcentaje de contribución (Figura 2).

Estos resultados coinciden con los porcentajes para la estacionalidad de la temperatura en los SDMs generados por Yurrita *et al.* (2017) para *Melipona yucatanica*. Sin embargo no se han realizado pruebas de identidad climática de *S. mexicana* y *M. yucatanica* que podrían corresponder a poblaciones genéticamente diferenciadas, puesto que estas dos especies de abejas sin aguijón son de amplia importancia para la meliponicultura en México.

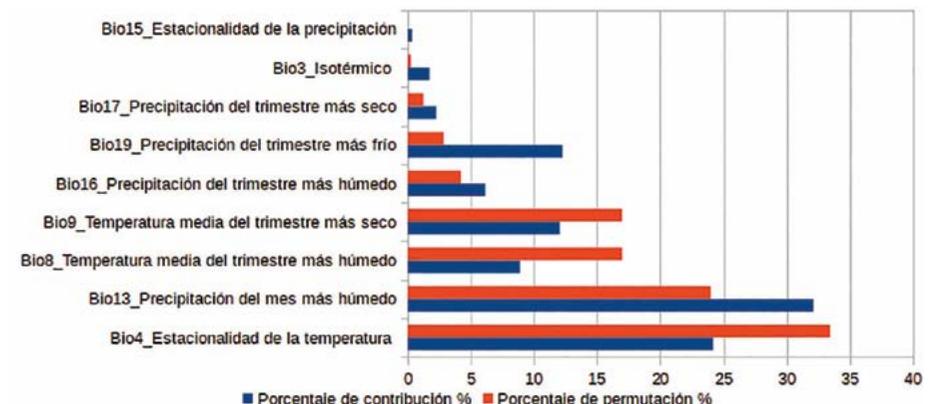


Figura 2. Variables climáticas que mejor reconstruyen el patrón de distribución de *Scaptotrigona mexicana* en México.

Idoneidad climática para el aprovechamiento de *Scaptotrigona mexicana* en el estado de Veracruz

La idoneidad clasificada en cinco categorías simples permitió identificar dos grupos de municipios con potencial medio, alto y muy alto para el aprovechamiento o la implementación conservación de *S. mexicana* en el estado de Veracruz (Figura 3).

El primer grupo se localiza en la zona norte (Recuadro 1 en Figura 3) y el segundo en la zona centro (Recuadro 2 en Figura 3). En zona 1 norte se encontraron 25 municipios con idoneidad media, alta y muy alta, mientras que en la zona 2 centro 25 con idoneidad media y alta con excepción de Atzacan, Altotonga y Acatlán los cuales presentan alta y muy alta idoneidad (Cuadro 1).

Aunque algunos municipios del norte de Veracruz ya desempeñan el aprovechamiento de *S. mexicana*, en algunos otros el potencial productivo se está perdiendo. Particularmente importantes son los municipios de Amatlán de los Reyes y Fortín pues aquí se han realizado estudios de la composición de polen para conocer los roles cruciales que desempeña esta especie de abeja sin aguijón en términos de seguridad alimentaria y agricultura (Contreras-Oliva et al., 2018).

CONCLUSIONES

Aquí mostramos dos grandes zonas de idoneidad climática en México para la presencia de poblaciones *S. mexicana*, las cuales están divididas claramente por la barrera geográfica del Istmo de Tehuantepec. La primera zona se localiza en la Sierra Norte de Puebla y Veracruz influenciada por el Sistema Montañoso Transversal y la Sierra Madre Oriental y la segunda al sur de país en la Costa del Pacífico Sur, Chiapas y Guatemala. Se identificaron 50 municipios del estado de Veracruz con potencial medio alto y muy alto para el aprovechamiento y también conservación de *S. mexicana*.

LITERATURA CITADA

Ayala, R. (1999). Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana* 106: 1-123.

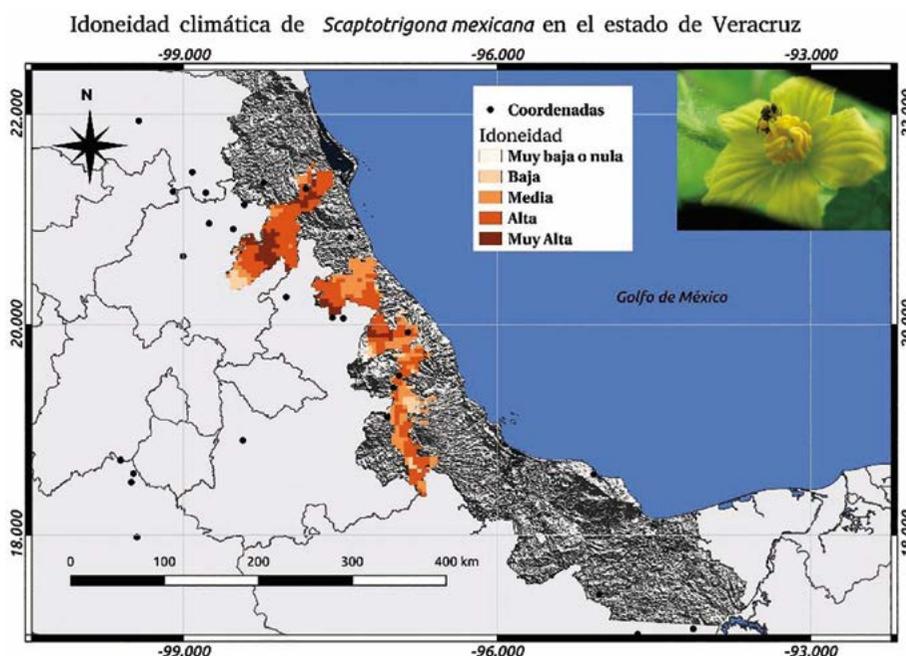


Figura 3. Idoneidad climática de *Scaptotrigona mexicana* dentro de los límites territoriales del estado de Veracruz, México.

- Ayala, R., González, V. H., & Engel, M. S. (2013). Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, distribution, and indigenous knowledge. In Vit, P., Pedro, S. R. M., Roubik, D. (Eds.). *Pot-Honey: A legacy of stingless bees* (pp. 135-152). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_9
- Chamberlain, S., Karthik, R., & Ted, H. (2018). Spocc: Interface to Species Occurrence Data Sources (version 0.9.0). <https://CRAN.R-project.org/package=spocc>
- Contreras-Oliva, A., Pérez-Sato, J. A., Gómez-Merino, F. C., López-Garay, L. A., Villanueva, G., Crosby-Galván, M. M., & Trejo-Téllez, L. I. (2018). Characterization of *Scaptotrigona mexicana* pot-pollen from Veracruz, Mexico. In Vit, P., Pedro, S. R. M., Roubick, D. W. (Eds.). *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology* (pp. 325-337). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61839-5_23
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. C., Leonhardt S. D., Aizen, M. A., Blaauw B. R., Isaacs R., & Kuhlmann, M. (2014). Enhancing crop yield through wild pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12(8): 439-447. <https://doi.org/10.1890/130330>
- Gutiérrez, A., Obregón, F. H., & Jones, W. R. (2002). Optimum brood size for artificial propagation of the stingless bee, *Scaptotrigona mexicana*. *Journal of Apicultural Research* 41(1): 62-63. <https://doi.org/10.1080/00218839.2002.11101070>
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15): 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hrncir, M., Jarau, S., Barth, F. G. (2016). Stingless bees (Meliponini). senses and behavior. *Journal of Comparative Physiology* 202(9-10): 597-601 <https://doi.org/10.1007/s00359-016-1117-9>
- Isaacs, R., James E., Pitts-Singer, T. L., Bommarco, R., & Vaughan M. (2017). Integrated crop pollination: Combining strategies to ensure stable and sustainable yields of pollination-dependent

Cuadro 1. Municipios de Veracruz con idoneidad climática para el aprovechamiento potencial de *S. mexicana*.

MUNICIPIOS ZONA 1 NORTE	IDONEIDAD CLIMÁTICA	MUNICIPIOS ZONA 2 CENTRO	IDONEIDAD CLIMÁTICA
Naranjos Amatlán	Alta y Muy alta	Acatlán	Alta y Muy alta
Benito Juárez	Alta y Muy alta	Altotonga	Alta y Muy alta
Cerro Azul	Alta y Muy alta	Amatlán de los Reyes	Media y alta
Citlaltépetl	Alta y Muy alta	Atzacan	Alta y Muy alta
Coahuatlán	Alta y Muy alta	Tlaltetela	Media y alta
Coatzacoatlán	Media y alta	Coacoatzacoatlán	Media y alta
Coxquihui	Alta y Muy alta	Coatepec	Media y alta
Coyutla	Media y alta	Córdoba	Media y alta
Chicontepec	Alta y Muy alta	Cosautlán de Carvajal	Media y alta
Chinampa de Gorostiza	Alta y Muy alta	Cuichapa	Media y alta
Chumatlán	Alta y Muy alta	Chiconquiaco	Media y alta
Espinal	Alta y Muy alta	Fortín	Media y alta
Huayacocotla	Alta y Muy alta	Huatusco	Media y alta
Ilamatlán	Alta y Muy alta	Ixhuatlán del Café	Media y alta
Ixhuatlán de Madero	Alta y Muy alta	Xalapa	Media y alta
Mecatlán	Alta y Muy alta	Jilotepec	Media y alta
Papantla	Media y alta	Landero y Coss	Media y alta
Tancoco	Alta y Muy alta	Miahuatlán	Media y alta
Tantima	Alta y Muy alta	Misantla	Media y alta
Tepetzintla	Alta y Muy alta	Naolinco	Media y alta
Texcatepec	Alta y Muy alta	Omealca	Media y alta
Tlachichilco	Alta y Muy alta	Sochiapa	Media y alta
Zacualpan	Alta y Muy alta	Tenampa	Media y alta
Zontecomatlán de López y Fuentes	Alta y Muy alta	Tenochtitlán	Media y alta
Zozocolco de Hidalgo	Alta y Muy alta	Teocelo	Media y alta

crops. *Basic and Applied Ecology* 22: 44–60. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.07.003>

Makori, D. M., Fombong A. T., Abdel-Rahman, E. M., Nkoba, K., Ongus, J., Irungu, J., Mosomtai, G., Makau, S., Mutanga, O., Odindi, J., Raina, S., & landmann, T. (2017). Predicting spatial distribution of key honeybee pests in Kenya using remotely sensed and bioclimatic variables: key honeybee pests distribution models. *International Journal of Geo-Information* 6(3). 66. <https://doi.org/10.3390/ijgi6030066>

Muscarella, R., Galante, P. J., Guardia, M. S., Boria, R. A., Kass, J. M., Uriarte, M., & Anderson, R. P. (2014). ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution* 5(11): 1198–1205. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12261>

Ordoñez Y., O., Trujano O., M., & Llorente B., J. (2008). Patrones de distribución de las especies de la tribu Meliponini (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) en México. *Interciencia* 33: 41-45.

Phillips, J. S., Dudik, M., & Schapire, R. E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the*

Twenty-First International Conference on Machine Learning 4: 655-662. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>

Polce, C., Termansen, M., Gutiérrez, A. J., Boatman, D. N., Budge, G. E., Crowe, A., & Garratt, M. P. (2013). Species distribution models for crop pollination: A modelling framework applied to Great Britain. *PLOS One*. 8(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076308>

Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, P. D., LeBuhn, G., & Aizen, A. (2009). A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90(8): 2068–2076. <https://doi.org/10.1890/08-1245.1>

Yáñez-Ordóñez, O., Trujano-Ortega, M., & Llorente-Bousquets, J. (2008). Patrones de distribución de las especies de la tribu Meliponini (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) en México. *Interciencia* 33: 41–45.

Yurrita, C. L., Ortega Huerta, & Ayala, R. (2017). Distributional analysis of melipona stingless bees (Apidae: Meliponini) in Central America and Mexico: Setting baseline information for their conservation. *Apidologie* 48(2): 247–258. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0469-z>

"CAERI 1" and "CAERI 2", New clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.)

"CAERI 1" y "CAERI 2", Nuevos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Avendaño-Arrazate, Carlos H.^{1*}; Hernández-Gómez, Elizabeth²; Solís-Bonilla, José L.¹;
Cueto-Moreno, Jaime³; Zamarripa-Colmenero, Alfredo³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa, km 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México. CP. 30870. ²Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. ³Ex investigador del Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP.

*Autor de correspondencia: avendano.carlos@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: Describe the new clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) with tolerance to moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson & Benny) and good yield.

Design/methodology/approach: The cocoa clones "CAERI 1" and "CAERI 2" are the product of the crossing of international clones that are characterized by their resistance to moniliasis and black spot (*Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl), the main diseases in Mexico. The clone CAERI 1 is a product of the PA 169 × UF-273 cross and CAERI 2 of the cross H-31 × UF-273. Families of complete siblings were evaluated for yield and tolerance to moniliasis and finally individuals were selected who were clonally propagated for their agronomic evaluation in the Rosario Izapa Experimental Field of INIFAP.

Results: According to the evaluations made, both at the level of families of complete siblings and the individuals selected within each family, it was obtained that the clone CAERI 1 was characterized by its tolerance to moniliasis and good performance and CAERI 2 by its moderate tolerance to moniliasis and high performance

Limitations on study/implications: The clones are in the phase of establishment of clonal gardens for their massive propagation and in evaluation in different plots of producers.

Findings/conclusions: Two cocoa clones are available as an alternative for the renewal of cocoa plantations in Mexico

Keywords: Cocoa, moniliasis, performance

RESUMEN

Objetivo: Describir los nuevos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) con tolerancia a la moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson & Benny) y buen rendimiento.

Diseño/metodología/aproximación: Los clones de cacao "CAERI 1" y "CAERI 2" son el producto de la cruce de clones internacionales que se caracterizan por su resistencia a la moniliasis y mancha negra (*Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl), principales enfermedades en México. El clon CAERI 1 es producto de la cruce de PA 169 × UF-273 y CAERI 2 de la cruce H-31 × UF-273. Se evaluaron familias de hermanos completos para rendimiento y tolerancia a la moniliasis y finalmente se seleccionaron individuos que fueron propagados clonalmente para su evaluación agronómica en el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP.

Resultados: De acuerdo a las evaluaciones realizadas, tanto a nivel de familias de hermanos completos como a los individuos seleccionados dentro de cada familia, se obtuvieron los clones CAERI 1 y CAERI 2. El primero se caracterizó por su tolerancia a la moniliasis y buen



rendimiento, mientras que, CAERI 2 por su moderada tolerancia a la moniliasis y alto rendimiento.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Los clones se encuentran en la fase de establecimiento de jardines clonales para su propagación masiva y en evaluación en diferentes parcelas de productores.

Hallazgos/conclusiones: Se dispone de dos clones de cacao para la renovación de las plantaciones de cacao de México

Palabras clave: Cacao, moniliasis, rendimiento.

enfermedades como moniliasis y mancha negra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción

Los clones de cacao "CAERI 1" y "CAERI 2" son el producto de la cruce de clones internacionales que se caracterizan por su resistencia a la moniliasis y mancha negra, principales enfermedades en México. Por lo tanto, se consideran una alternativa para renovar las plantaciones y aumentar la producción.

El clon CAERI 1 es producto de la cruce de PA 169 × UF-273 y CAERI 2 de la cruce H-31 × UF-273; y se evaluaron familias de hermanos completos para rendimiento y tolerancia a la moniliasis, y finalmente se seleccionaron individuos que fueron propagados clonalmente para su evaluación agronómica en el Campo Experimental Rosario Izaapa del INIFAP.

Obtención

El clon de cacao "CAERI-1" es el producto de la cruce entre clones forasteros (PA 169 × UF-273) que se caracterizan por su tolerancia a *M. roleri* y buen rendimiento, y para conocer su respuesta genética al hongo, ha sido seleccionado y evaluado en condiciones naturales de infección del hongo causante de la moniliasis, así como también por medio de inoculación artificial. Se caracteriza por su tolerancia a la moniliasis y buen rendimiento. Se considera una alternativa para renovar las plantaciones de cacao susceptibles a dicha enfermedad. Con este clon se espera disminuir el impacto en el rendimiento, ya que el rendimiento promedio en México es de 440 kg ha⁻¹ de grano seco, y con éste clon el rendimiento oscila entre los 700 y 800 kg ha⁻¹ de grano

INTRODUCCIÓN

Los trabajos de mejoramiento genético en cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a partir de la diversidad genética de los cacaos de México (Avendaño *et al.*, 2018) han permitido avanzar en el desarrollo de nuevos genotipos tipo criollo de alta calidad, además de nuevas variedades con diferente grado de tolerancia a enfermedades, tales como la moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson & Benny). Durante muchos años, uno de los principales proveedores de cacao al mundo fue México, debido a la alta calidad de su cacao y a los volúmenes de producción; para 2018 la superficie sembrada fue de 59,675 ha; con una producción de 28,363 toneladas y rendimiento promedio de los principales estados productores (Tabasco y Chiapas) de 440 kg ha⁻¹ (SIAP, 2019). Lo anterior es un bajo rendimiento si se compara con países como Costa de Marfil, Malasia, Madagascar e Indonesia quienes registran hasta una tonelada por hectárea. Lo anterior ubica a México en el 13° lugar mundial (ICCO, 2019).

Los bajos rendimientos del cacao en México, de acuerdo con Avendaño *et al.* (2011) y Hernández-Gómez *et al.* (2015); se debe principalmente a la edad avanzada de las plantaciones y las variedades cultivadas tienen un bajo potencial de rendimiento, ya que en su mayoría son una mezcla de materiales no mejorados propagados por semilla, lo cual origina heterogeneidad en la producción; aun cuando se tiene una amplia diversidad genética de cacaos nativos (Avendaño *et al.*, 2018); además, las bajas densidades de plantación y el daño acumulativo de plagas y enfermedades; como es el caso de la pudrición negra de la mazorca ocasionada por *Phytophthora capsici*, la muerte progresiva del árbol provocado por *Ceratocystis fimbriata* y por la moniliasis causado por *Moniliophthora roreri*, que ha tenido un fuerte impacto en el rendimiento (Phillips-Mora *et al.*, 2006; Phillips, 2003).

El control de las enfermedades del cacao ha llevado al uso de agroquímicos que finalmente contaminan el ambiente. Es por ello que la resistencia genética es una alternativa viable y rentable para el cultivo del cacao en México. Por lo anterior, en el programa de mejoramiento genético en cacao del INIFAP se realizan diferentes estrategias de mejoramiento, tales como la selección, hibridación, mutagénesis y mejoramiento participativo, con la finalidad de generar y seleccionar clones de cacao que respondan a las necesidades del consumidor, productor e industria, es decir con alto rendimiento de grano seco, alta calidad, aroma y tolerancia a las principales

seco. Además, se tendría un impacto ambiental al reducir las aplicaciones de fungicidas al presentar tolerancia a moniliasis. El método para conservar su identidad es en forma de planta viva mediante reproducción asexual utilizando yemas vegetativas. El tipo de injerto recomendado es el injerto de enchapado lateral (perche).

El clon "CAERI-2" es el producto de la cruce entre clones forasteros y clones desarrollados por el INIFAP (H-31 x UF-273) que se caracterizan por ser tolerantes a *M. rozeri* y buen rendimiento. Éste clon, ha sido seleccionado y evaluado en condiciones naturales de infección del hongo causante de la moniliasis y también por medio de inoculaciones artificiales, y así registrar su respuesta genética al hongo. Este material se caracteriza por su moderada tolerancia a la moniliasis y su alto rendimiento (70% superior al rendimiento promedio nacional), se considera una alternativa para renovar las plantaciones de cacao que presentan bajos rendimientos por edad de plantación (mayores de 25 años) y para establecer nuevas plantaciones. El rendimiento estimado con una densidad de plantación de 1,111 plantas por hectárea es de 800-1000 kg de grano seco ha⁻¹.

El método para conservar la identidad del clon de cacao 'CAERI 2', es en forma de planta viva mediante reproducción asexual utilizando yemas vegetativas. El tipo de injerto recomendado es el injerto de enchapado lateral (perche).

Descripción morfológica del clon CAERI 1

Presenta **hojas** grandes (39.68 cm), coriáceas con la base del limbo aguda y ápice agudo, color rojo claro cuando joven y verde oscuro cuando alcanzan su madurez (completamente expandidas). La **flor** presenta pigmentación antociánica del pedicelo moderada, y débil en el sépalo. El color de la lígula es amarillo pálido (crema) y en el estaminodio presenta pigmentación antociánica intensa (fuerte). La longitud del sépalo es de 7.53 mm y de ancho 2.27 mm. El **fruto**: Es de forma oblonga, con ápice agudo y presenta una constricción basal fuerte, con superficie moderadamente rugosa y profundidad media entre surcos; mide 21.74 cm de longitud, 15.12 cm de diámetro y un grosor de cáscara de 10.47 mm. El color del fruto inmaduro es verde, y cambia a amarillo en madurez fisiológica, con pulpa de color blanco y dulzura media. Tiene en promedio 35.24 semillas por fruto (Figura 1). La **semilla** es de forma elíptica, el color del cotiledón es rojo oscuro, con longitud de 24.80 mm, ancho de 12.6 mm y grosor de 8.37 mm. Este clon pre-

senta 53.39% de grasa. El índice de mazorca de este clon es 19 (número de frutos o "mazorcas" para obtener 1 kg de grano seco de cacao) y un índice de semilla de 1.41 g. Este clon de cacao cuenta con el Título de Obtentor No. 1874 del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Descripción del clon CAERI 2

Este clon presenta **hojas** grandes (39.9 cm), coriáceas con la base del limbo obtusa y ápice apiculado, color rojo oscuro cuando joven y verde medio cuando alcanzan su madurez (completamente expandidas). La **flor** presenta pigmentación antociánica intensa, tanto en el pedicelo como en el sépalo. El color de la lígula es amarillo y en el estaminodio presenta pigmentación antociánica media. La longitud del sépalo es de 7.16 mm y de ancho 2.02 mm. El **fruto** es de forma obovada, con ápice agudo y presenta una constricción basal moderada, con superficie moderadamente rugosa y profundidad media entre surcos; mide 19.05 cm de longitud, 13-36 cm de diámetro y un grosor de cáscara de 10.40 mm. El color del fruto inmaduro es rojo, y rojo medio cuando alcanza su madurez fisiológica con pulpa color blanca y dulzura media. Tiene en promedio 43.4 semillas por fruto (Figura 2). La **Semilla** registra forma elíptica. El color del cotiledón es púrpura oscura, con longitud de 24.3 mm, ancho de 12.6 mm y grosor de 8.31 mm. Este clon presenta 43.35% de grasa. El índice de mazorca de este clon es 20 (número de frutos para obtener 1 kg de grano seco de cacao) y un índice de semilla de 1.22 g. Este clon de cacao cuenta con el Título de Obtentor No. 1873 del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

LITERATURA CITADA

- Avendaño-Arrazate CH, Martínez-Bolaños M, Mendoza-López A. (2018). The Cocoa (*Theobroma cacao* L) native in Mexico. Biodiversity International Journal. 2(6):535-53
- Avendaño-Arrazate, C.H., Villarreal-Fuentes J.M., Campos-Rojas E., Gallardo-Méndez, R.A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquivez A., Espinosa-Zaragoza S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. 76 p.
- Hernández-Gómez E, Hernández-Morales J, Avendaño-Arrazate CH, López-Guillen G, Garrido-Ramírez ER, Romero-Nápoles J, Nava-Díaz C. (2015). Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 33: 232-246.
- ICCO, 2019. International Cocoa Organization. (2019) Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. www.icco.org. Consultado 3 de abril 2019.

- Phillips M.W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, Reading, UK. 349 p.
- Phillips-Mora, W. (2006) La moniliasis del cacao: un enemigo que podemos y debemos vencer. En: Taller regional andino de aplicación tecnológica en el cultivo de cacao. Quevedo, Ecuador. pp 21- 25.
- SIAP. (2019) Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. www.infosiap.siap.gob.mx Consultado 3 de abril 2019.

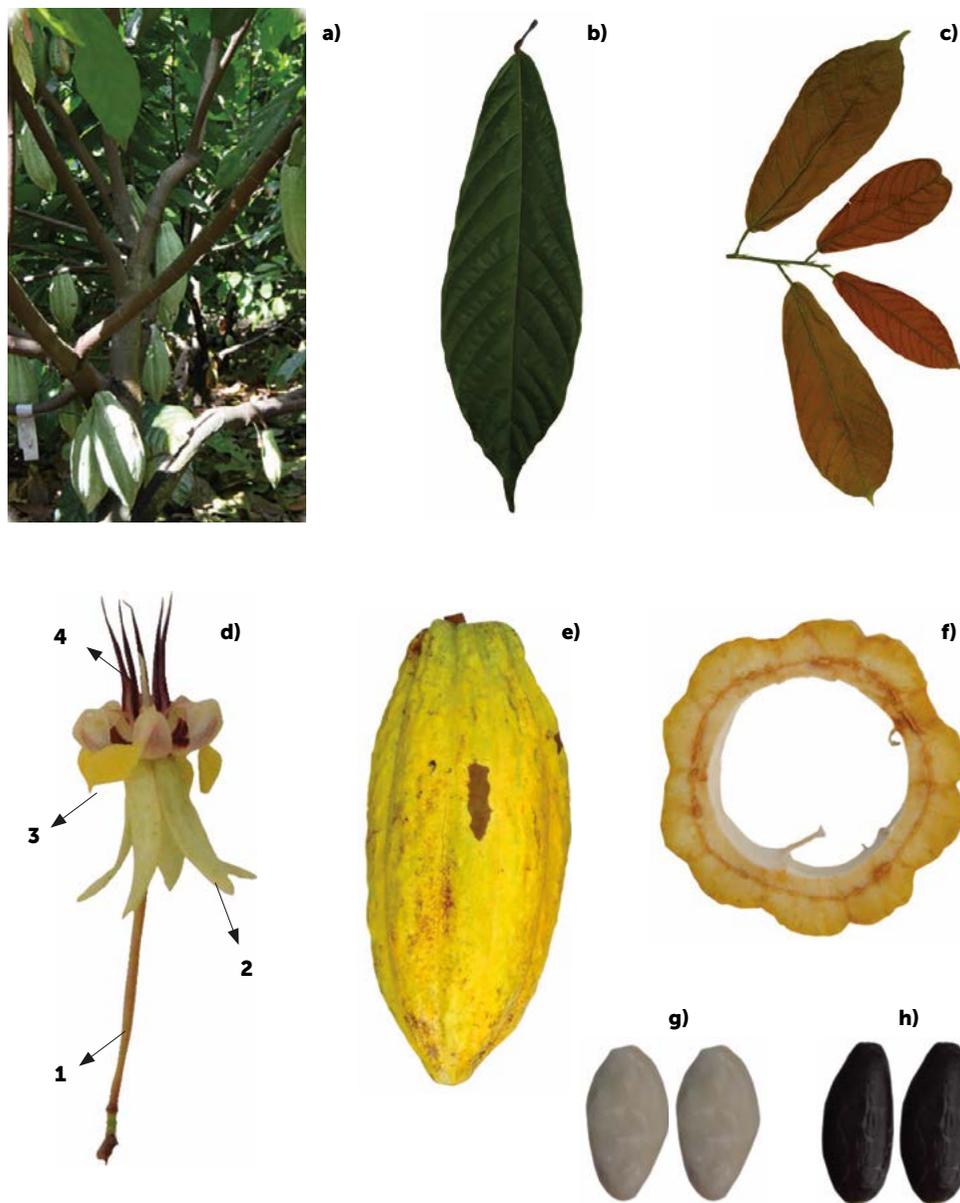


Figura 1. Características morfológicas del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) "CAERI-1". a) Planta de cacao; b) Hoja madura; c) Hoja joven; d) Flor. 1. Pedicelo. 2. Sépalo. 3. Lígula 4. Estaminodio; e) Fruto maduro; f) Exocarpo; g) Semillas con pulpa; h) Semillas.

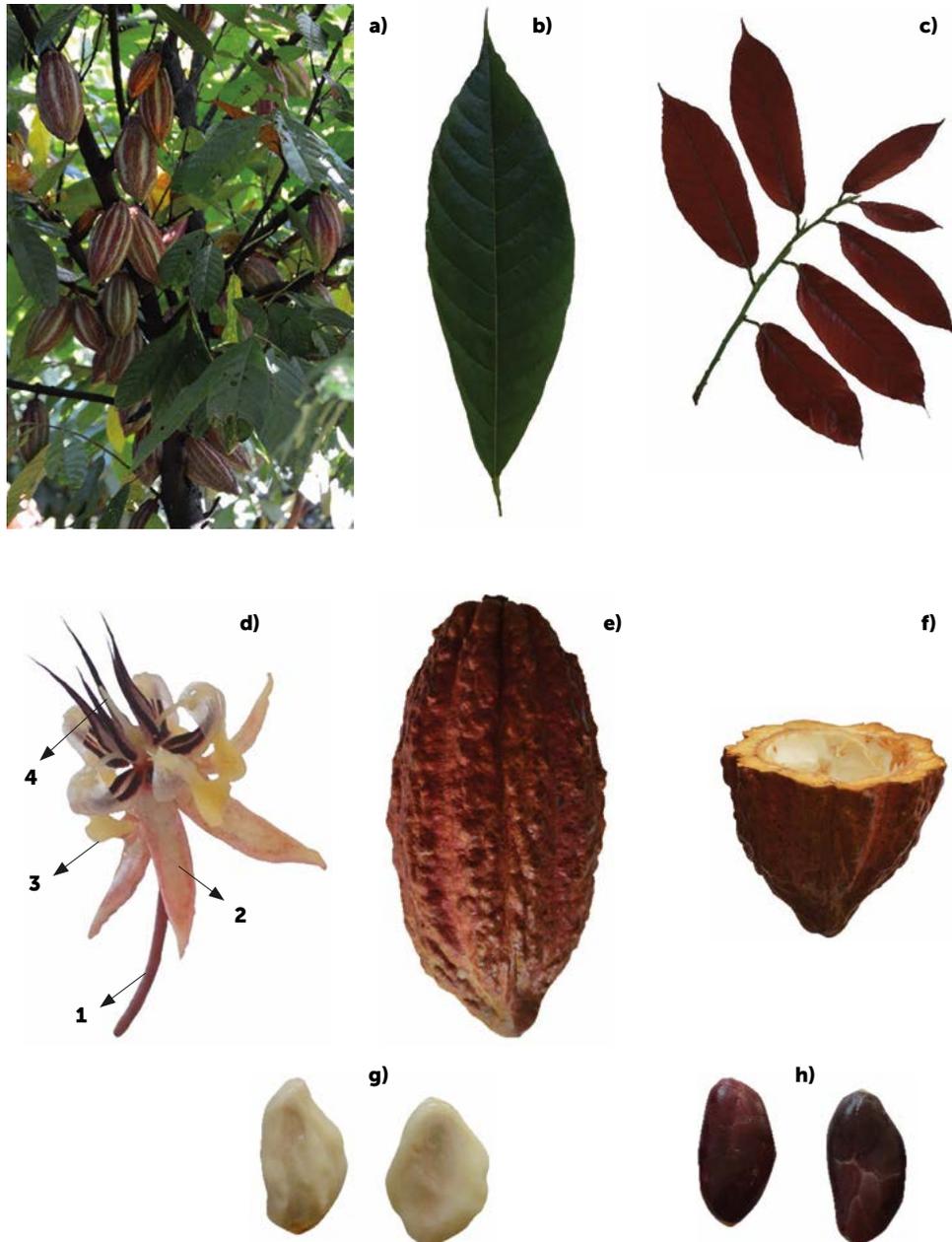


Figura 2. Características del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) "CAERI-2". a) Planta de cacao; b) Hoja madura; c) Hoja joven; d) Flor. 1. Pedicelo. 2. Sépalo. 3. Lígula 4. Estaminodio; e) Fruto maduro; f) Exocarpo; g) Semillas con pulpa; h) Semillas.

Evaluation of the development of pullets araucanas (*Gallus inauris* Castelló) and marans (*Gallus gallus domesticus* L.)

Evaluación del desarrollo de pollitas araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y marans (*Gallus gallus domesticus* L.)

Rodríguez-Ortega, Leodan T.¹; Valladares-Hernández, Ángela C.¹; Vargas-Monter, Jorge¹; Callejas Hernández, Judith¹; Pro-Martínez, Arturo²; Vargas-Galicia, Artemio J.²; Sosa-Montes, Eliseo³; González-Cerón, Fernando³; Rodríguez-Ortega, Alejandro^{1*}

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Tepatepec, Hidalgo, México. C. P. 42660. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, México. C. P. 56230. ³Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. C. P. 56230.

*Autor de correspondencia: arodriguez@upfim.edu.mx

ABSTRACT

Objetivo: The present investigation was carried out with the objective of evaluating the development of Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) and Marans (*Gallus gallus domesticus* L.) pullets.

Design/methodology/approach: Eight week old pullets were used distributed in two groups: Araucanas (n=10) and Marans (n=10), were fed with pelleted feed that covered their nutritional requirements. Food consumption was recorded daily, the following variables: live weight, tarsal length, tibia length, and height were evaluated weekly.

Results: The results indicated that there were no significant differences in feed intake, live weight, height, length of the tibia and tarsal length in both breeds.

Limitations on study/implications: in the literature review, little information was found that describes the development of Araucanas and Marans pullets.

Findings/conclusions: In conclusion the Araucanas and Marans pullets has similarly developed until 25 weeks of age.

Key words: Araucanas, Marans, mulberry, live weight, food consumption.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el desarrollo de pollitas Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizaron pollitas de ocho semanas de edad distribuidas en dos grupos: raza Araucanas (n=10) y raza Marans (n=10), se suministró alimento peletizado que cubrió las necesidades de las aves. Diariamente se registró el consumo de alimento. Las siguientes variables: peso vivo, longitud del tarso, longitud de la tibia, y altura se evaluaron semanalmente.

Resultados: Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas en el consumo de alimento, peso vivo, altura, longitud de la tibia y longitud del tarso en ambas razas.

Limitaciones del estudio/implicaciones: en la revisión de literatura se encontró poca información que describa el desarrollo de pollitas Araucanas y Marans con fines de comparación.

Hallazgos/conclusiones: las pollitas Araucanas y Marans se desarrollan de forma similar hasta las 25 semanas de edad.

Palabras clave: Araucanas, Marans, morera, peso vivo, consumo de alimento.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 8, agosto. 2019. pp: 79-83.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** agosto, 2019.



INTRODUCCIÓN

La avicultura de traspatio es una importante fuente de alimentos, ingresos económicos y de recursos genéticos locales en el medio rural; sin embargo, enfrenta problemas muy serios, tales como la sustitución de genotipos avícolas locales por líneas de aves mejoradas que no están adaptadas al ambiente y al manejo tradicional. Las gallinas Araucanas conocidas también como mapuches (*Gallus inauris* Castelló) es un ave originaria de Chile. Existen tres variedades de gallinas Araucanas: collonca, quetros y francolininas. Las colloncas son gallinas pequeñas y más frecuentes que los otros dos tipos, la coloración del plumaje varía ampliamente, no presenta cola (anuropigídea), por otra parte, la gallina quetro es de forma normal, pero con aretes, mientras que, las francolininas se distinguen por llevar un copete de plumas sobre la cabeza que cae por todos lados hasta la altura de los ojos (Wilhelm, 1963). El atractivo más importante de las gallinas Araucanas es su tonalidad azul o verde en el cascarrón del huevo, estos presentan una demanda gourmet muy elevada por su color y sabor (Somes *et al.*, 1977). Las gallinas Marans (*Gallus gallus domesticus* L.) son originarias de Maran Francia, y presentan cuerpo de longitud media, compacto y elegante, de plumaje ceñido, con o sin plumas en los tarsos (Roberts, 2008). Registran diferentes tonalidades de plumaje, desde negro, dorado, plateado, marrón y blanco, y por su elevada rusticidad es utilizada como doble propósito tanto para carne como para huevo, una característica importante de estas aves es la producción de huevos con cascarrón marrón oscuro.

La alimentación ocupa más del 70% de los costos de producción por tal motivo es necesario buscar alternativas que disminuyan los costos. En la revisión de literatura realizada no se encontraron investigaciones que describieran el crecimiento de pollitas Araucanas y Marans, por tal motivo el objetivo fue registrar el desarrollo fisiológico de pollitas Araucanas y Marans.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo fue desarrollado en la unidad de producción avícola de traspatio de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Se utilizaron 20 pollitas de ocho semanas de edad que se distribuyeron en dos grupos 10 Araucanas y 10 Marans. A las 20

semanas de edad en cada grupo se introdujo un gallo criollo (*Gallus gallus domesticus* L), para inducir la madurez sexual e iniciar la postura (Figura 1).

Instalaciones y alimentación

A partir de la semana ocho a la 20 las aves se alojaron en jaulas de 1×3 m con cama de paja, mientras que de la 20 a la 25 se alojaron en corrales de 6×4 m, techados y con piso de tierra. En ambos grupos de aves la alimentación se realizó con alimento peletizado que cubrió las necesidades de mantenimiento (NRC, 1994). El agua se ofreció a libre acceso.

Variables evaluadas

El consumo de alimento se registró diariamente, mientras que, el peso vivo, altura, longitud del tarso y de la tibia registraron semanalmente. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, cada ave represento una unidad experimental, el peso vivo, consumo de alimento, altura, longitud del tarso y de la tibia fueron analizados por semana con el procedimiento PROC MIXED del programa SAS v. 9.0 (SAS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso vivo no fue diferente ($P > 0.5$) entre las razas; sin embargo, si se observó una diferencia en el crecimiento semanal (Figura 2). Ambas razas mostraron un peso vivo a la semana



Figura 1. Pollitas de 18 semanas de edad. A: Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y B: Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

25 cercano a 1.6 kg. El desarrollo fisiológico de las Araucanas y Marans fue similar al de las gallinas Hy-line Brown, quienes mostraron un peso vivo a las 25 semanas de 1.67 ± 0.07 kg (Estrada y Restrepo, 2015).

El consumo de alimento fue diferente ($P < 0.5$) de la semana 15 a la semana 19 (Figura 3). Sin embargo, a la semana 25 fue similar en ambas razas (Figura 3). El consumo en ambas razas fue mayor a lo reportado por Abou et al. (2012) en gallinas Rodhe Island (127.5 g d^{-1} por ave) alimentadas con hojas frescas de *Moringa oleifera*.

Las medidas corporales de las aves se han estudiado para caracterizar morfológicamente razas de gallinas (Méndez et al., 2011). Los descriptores morfométricos como la altura, longitud del tarso y tibia en las gallinas Araucanas y Marans no han sido registrados. Las gallinas Araucanas y Marans presentaron un comportamiento similar en su crecimiento (Figura 4). No se observaron diferencias ($P > 0.05$) en la altura de las aves. Sin embargo, la altura fue diferente ($P < 0.05$) entre semanas (Figura 4).

La longitud ósea está determinada genéticamente, así como por la condición física y la disponibilidad de calcio durante las fases de crecimiento, la longitud del tarso es una variable con poca variación temporal; una vez que el ave ha finalizado las fases de crecimiento del hueso (Pascual y Senar, 1997). En el presente trabajo la longitud del tarso no fue diferente ($P > 0.05$) entre Araucanas y Marans (Figura 5). El promedio del largo del tarso a las 25 semanas fue de 9 cm, promedio similar a lo reportado por Villacís et al. (2016) en gallinas criollas copetonas (8.8 cm).

El largo del tarso y de la tibia son variables indicadoras del crecimiento y desarrollo corporal, son un indicador distintivo entre especies aviares. Mantilla et al. (2009) mencionan que la longitud de la tibia está relacionada con la altura. En el presente trabajo la longitud de la tibia no fue diferente entre Araucanas y Marans (14 cm), lo que indica que ambas razas se desarrollan de forma similar (Figuras 4 y 5), la longitud del tarso de esta investigación fue similar a lo reportado por Villacís et al. (2016) en gallinas criollas del Ecuador.

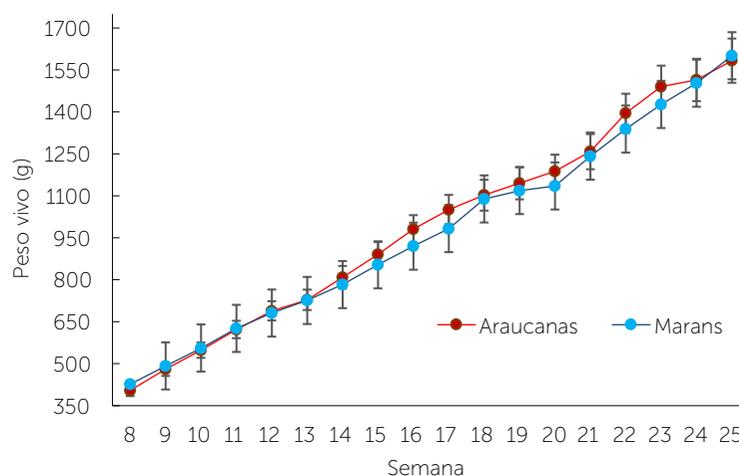


Figura 2. Peso vivo semanal de gallinas Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

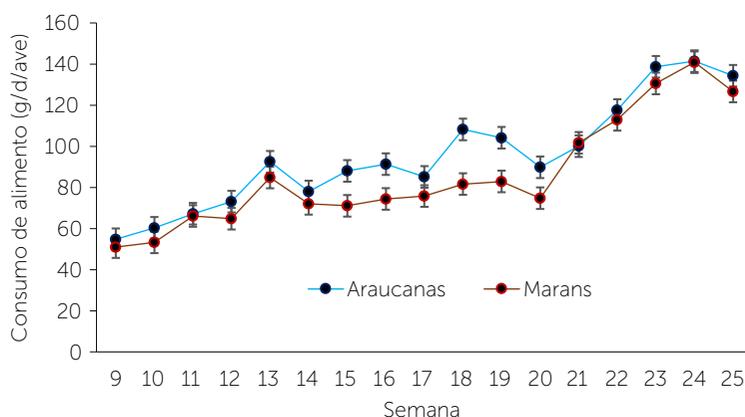


Figura 3. Consumo de alimento g d^{-1} por ave. Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

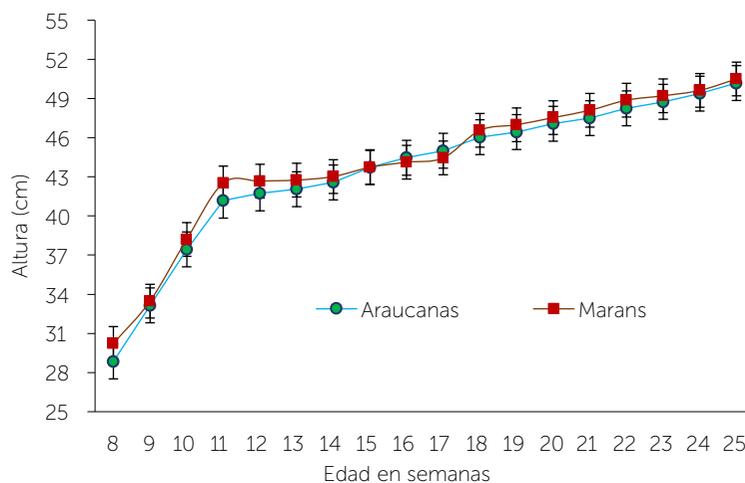


Figura 4. Altura de las gallinas Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

Las Araucanas rompieron postura a las 25 semanas de edad, mientras que, las Marans a las 27 semanas, lo que demostró que las Araucanas son más precoces, una característica benéfica en la avicultura de traspatio (Figura

7). El cascarón del huevo de las araucanas fue color azul, mientras que el de las Marans fue de color café oscuro (Figura 7).

El cascaron azul o verde del huevo de gallinas Araucanas es debido a la biliverdina (Gorchein et al., 2008), producto del metabolismo del grupo hem de la hemoglobina. Mientras que, el principal pigmento en el cascaron del huevo color café es la protoporfirina IX, que pertenece a un grupo de familias de compuestos de tetrapirrol biológicamente activos (Samiullah y Roberts, 2013).

CONCLUSIONES

El desarrollo fisiológico de pollitas Araucanas y Marans no es diferente, ambas razas son una fuente importante de características genética, producción de huevo con cascarón de color azul y café oscuro característico de su linaje. Ambas razas pueden ser aptas para el desarrollo de la avicultura de traspatio.

LITERATURA CITADA

Abou, F.M.K., Sarmiento, L., Santos, R., & Solorio, F. (2012). Apparent digestibility of Rhode Island Red hen's diets containing *Leucaena leucocephala* and *Moringa oleifera* leaf meals. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15 (2): 199-206.

Estrada, M.M., & Restrepo, L.F. (2015). Caracterización de parámetros productivos para líneas genéticas de ponedoras, ubicadas en zona de trópico alto. *Revista Lasallista de investigación* 12 (1): 46-57.

Gorchein, A., Lim, C.K., & Cassey, P. (2008). Extraction and analysis of colourful eggshell pigments using HPLC / electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Biomedical Chromatography* 23 (6): 602-606.

Mantilla, J. C., Cárdenas, N., & Jácome J. M. (2009). Estimación de la talla a partir de la medida de la tibia en población colombiana. *International Journal of Morphology* 27(2):305-309

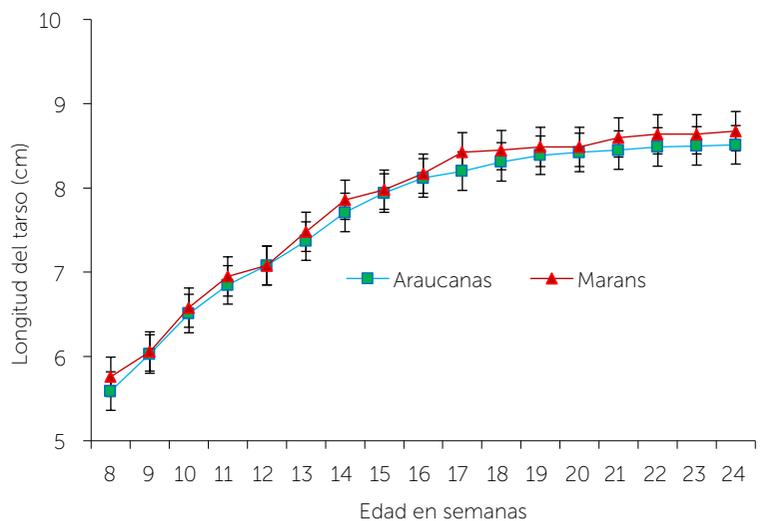


Figura 5. Longitud del tarso de gallinas Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

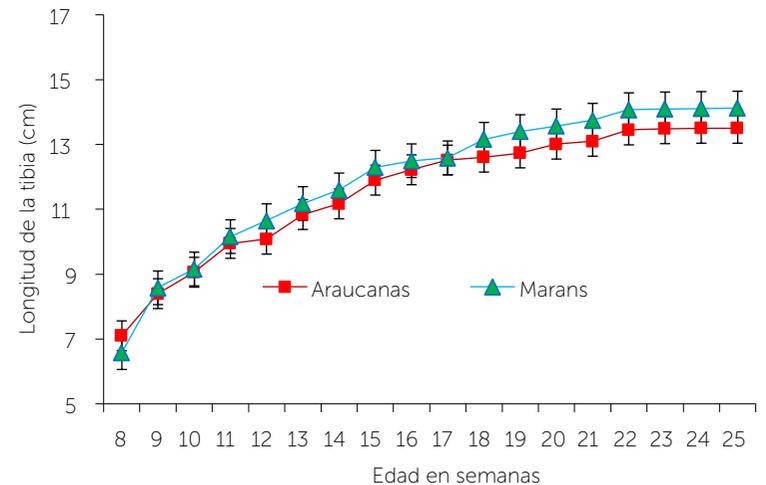


Figura 6. Longitud de la tibia de gallinas Araucanas (*Gallus inauris* Castelló) y Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

Méndez, Y., Pons, A., & Francesch, A. (2011). Comparación de medidas zoométricas en las gallinas baleares. *Archivos Zootecnia* 60 (231): 445-448



Figura 7. A: Huevo azul de Araucanas (*Gallus inauris* Castelló), B: Huevo café oscuro de Marans (*Gallus gallus domesticus* L.).

- National Research Council (NRC). (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Pascual, J., & Senar, J. C. (1997). La medición del tamaño corporal en aves. *Etología*, 15: 9-16
- Roberts, V. (2008). *British Poultry Standards*. Southern Gate, Chichester, West Sussex, United Kingdom: Garsington Road. ISBN: 978-1405156424.
- Samiullah, S., & Roberts, J. (2013). The location of protoporphyrin in the eggshell of Brown-shelled eggs. *Poultry Science* 92 (10): 2783-2788.
- SAS (2011). Institute. *Lenguaje guide for personal computers*. Release. 9th ed. Cary: SAS Institute, 2006. 1028 p.
- Somes, J.R., Francis, J., & Tlustohowics, J. (1977). Protein and cholesterol content of Araucana chicken eggs. *Poultry science* 56 (5) 1636-1640.
- Villacis, G., Escudero, G., Cueva, F., & Luzuriaga, A. (2016). Características Morfométricas de las Gallinas Criollas de Comunidades Rurales del Sur del Ecuador. *Revista de investigación veterinaria* 27 (2): 40-45.
- Wilhelm, G. (1963). Observaciones acerca de la gallina Araucana (*Gallus inauris*). *Revista Chilena de Historia Natural* 55, 119-127.





“Las especies y razas animales criollas y autóctonas además de ser fuente de alimento, son vida sustentable, identidad, cultura y tradición”

VERACRUZ, MÉXICO

9 - 12 DE OCTUBRE DE 2019

www.congresofirc.com/congreso-2019 • congresoveracruz@congresofirc.com

Maestría Paisaje y Turismo Rural

Becas



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Perfil de ingreso

- Turismo
- Biología
- Agronomía
- Ingeniería ambiental
- Desarrollo comunitario
- Arquitectura del paisaje
- Áreas afines



Fechas de ingreso

- Último día hábil de Mayo para su ingreso en Agosto.
- Último día hábil de Septiembre para su ingreso en Enero.



Requisitos de ingreso

- Promedio mínimo de 8.0, o superior
- Examen EXANI III del CENEVAL, al menos 925 puntos
- Examen TOEFL, al menos 400 puntos



**COLEGIO DE
POSTGRADUADOS**
CAMPUS CÓRDOBA



SADER
SECRETARÍA DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL

www.colpos.mx

<https://www.colpos.mx/posgrado/ptr/>



Informes



271 180 57 56



01 (271) 71 66000, 55 y 57



paisajeyturismo@colpos.mx



@Postgraduados
@PaisajeyTurismoRural