

Índice

Editorial	5-6
Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán.....	7-21
<i>Ramírez, C. A.</i>	
Evaluación económica de cáscara de nuez como sustrato para producción de plántulas de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en vivero.....	23-40
<i>Romero-Arenas, O.; Damián, M. A.; Hernández, I.; Parraguirre, C.; Márquez, M. y Huerta, M.</i>	
Influencia de la edad de corte del pasto morado (<i>Pennisetum purpureum</i>) en la producción y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	41-52
<i>Madera, N. B.; Ortiz, B.; Bacab, H. M. y Magaña, H.</i>	
Acción patogénica de <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Poinar) sobre el caracol manzana (<i>Pomacea canaliculata</i> Lamarck), plaga de los cultivos de arroz (<i>Oriza sativa</i>) en la cuenca baja del río Daule, Guayas, Ecuador	53-56
<i>Salcedo, G. A.</i>	
Promoción de la conservación de la biodiversidad mediante el aumento de la demanda interna de ajíes nativos en Bolivia.....	57-63
<i>Olivera, M. y García-Yi, J.</i>	
Predicción de la cortabilidad de canales de bovino en el estado de Jalisco, México	65-77
<i>Zorrilla-Ríos, J. M.; Lancaster, P. A.; Horn, G. W.; Goad, C. L.; Hilton, G. G. y Carrasco, D. M.</i>	
Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> y digestibilidad <i>in vitro</i> de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza	79-96
<i>Araiza-Rosales, E.; Delgado-Licon, E.; Carrete-Carreón, F. O.; Medrano-Roldán, H.; Solís-Soto, A.; Murillo-Ortiz, M. y Haubi-Segura, C.</i>	
Efecto de la humedad relativa sobre la reproducción del caracol de tierra (<i>Helix aspersa</i> Müller)	97-103
<i>Fernández, H. Á.</i>	
<i>Indicaciones para los autores</i>	105-111

Index

Editorial.....	5-6
Selection of short season maize landraces as a strategy to confront climatic change in Michoacan.....	7-21
<i>Ramírez, C. A.</i>	
Economic evaluation of walnut husks as substrate for the production of seedlings <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham in nursery.....	23-40
<i>Romero-Arenas, O.; Damián, M. A.;</i> <i>Hernández, I.; Parraguirre, C.; Márquez, M. y Huerta, M.</i>	
Influence of age cut Purple grass (<i>Pennisetum purpureum</i>) in production and <i>in vitro</i> digestibility dry matter.....	41-52
<i>Madera, N. B.; Ortiz, B.; Bacab, H. M. y Magaña, H.</i>	
Pathogenic action of <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Poinar) on apple snail (<i>Pomacea canaliculata</i> Lamarck), pest of rice (<i>Oryza sativa</i>) in the lower river basin Daule, Guayas, Ecuador.....	53-56
<i>Salcedo, G. A.</i>	
Promotion of the conservation of biodiversity through the increase of the domestic demand of native chili peppers in Bolivia.....	57-63
<i>Olivera, M. y García-Yi, J.</i>	
Prediction of cutability of beef carcasses processed in Jalisco State, Mexico in beef carcasses in Jalisco, Mexico.....	65-77
<i>Zorrilla-Ríos, J. M.; Lancaster, P.A.; Horn, G. W.;</i> <i>Goad, C. L.; Hilton, G. G. y Carrasco, D. M.</i>	
<i>In situ</i> ruminal degradability and <i>in vitro</i> digestibility of silages of maize and apple waste added with molasses.....	79-96
<i>Araiza-Rosales, E.; Delgado-Licon, E.;</i> <i>Carrete-Carreón, F. O.; Medrano-Roldán, H.;</i> <i>Solís-Soto, A.; Murillo-Ortiz, M. y Haubi-Segura, C.</i>	
Effect of relative humidity on the land snail reproduction (<i>Helix aspersa</i> Müller).....	97-103
<i>Fernández, H. Á.</i>	
<i>Instructions for authors</i>	105-111

Editorial

La visibilidad es un término que conlleva un compromiso entre el que propone y el que visualiza; en un mundo globalizado, indudablemente, implica llegar a cada vez a más lugares del orbe, para que el conocimiento generado tenga las posibilidades de ser compartido. Por ello, vemos con optimismo la posibilidad de que los sistemas electrónicos permitan esta opción de incrementar la visibilidad de Rev. AIA, como un compromiso de lo local, como ventana de lo universal.

Con doble propósito, por un lado, para los colegas que les interesa consultar Rev. AIA para que ésta sea un medio de difusión de sus trabajos de investigación; en donde, además, la comunidad científica participa en el arbitraje de la información presentada. Por otra parte, el compromiso de nuestro grupo editorial en Rev. AIA, ante el reto y compromiso de estar a tiempo con la publicación, creando un círculo virtuoso del cual nos sentimos orgullosos de haber generado y continuar manteniéndolo en el tiempo.

Por ello, en estos diez años de editar nuestra publicación, estamos a punto de romper con un paradigma con el afán de lograr los aspectos antes señalados: visibilidad y puntualidad, ambos de relevancia en nuestro entorno académico.

Esto se refiere, esencialmente, a dejar de editar la publicación impresa; lo cual, embarga una fuerte nostalgia acerca de este proceso, misma que diferentes colegas señalan importante de mantener; sin embargo, múltiples razones nos empujan a ir madurando la toma de esta decisión; entre ellas, la factibilidad de aparecer en medios poco imaginados a través de los motores de búsqueda, que cada día son comunes y que, a su vez, permiten la globalización del conocimiento, puesto que la mensajería tradicional, además de ser costosa, se vuelve lenta; sin olvidar el mismo proceso de tener respuesta inmediata por la imprenta, lo que puede obrar en contra de la puntualidad, que hemos planteado como una de las políticas centrales de Rev. AIA.

Asimismo, el compromiso de la disponibilidad del conocimiento que induce a una actualización inmediata, así como la posibilidad de aminorar costos resulta crucial, máxime que formamos parte de una institución de educación superior que debe realizar la gestión de los recursos necesarios para poder continuar con esta noble tarea; lo cual, siempre compromete con su entorno; adicionado a ello, el ahorro económico y ambiental que implicará dejar la publicación impresa en el uso del papel.

Hemos visto, durante estos diez años, la migración de revistas del ámbito impreso al electrónico, así como aquellas que nacen de manera electrónica y maduran sus proce-

sos hacia otras posibilidades igualmente vanguardistas o acordes con los tiempos que actualmente vivimos en este siglo XXI; por esto, cada revista tiene que asumir sus particulares compromisos y retos.

Ante este panorama, creemos en Rev. AIA que nos encontramos en el momento de madurez para efectuar la migración a la versión totalmente electrónica, aprovechando la experiencia generada con nuestra página www.ucol.mx/revaia y con la facilidad del sistema OJS (Open Journal System).

Desde luego, habrá que persuadir a los colegas que han apoyado este proceso durante cada una de sus etapas editoriales; pero estamos seguros que entenderán tanto las propias ventajas como las limitantes que nos obligan a tomar esta decisión, pues estamos convencidos de que esta migración sucede justamente cuando la revista tiene la solidez necesaria en sus procesos y ha mantenido consistencia editorial a través de estos diez años en su edición; por otro lado, existen múltiples ejemplos de éxito en este sentido, que permitirán darle credibilidad y firmeza a esta medida.

Igualmente, estamos convencidos que nuestro quehacer universitario mediante el trabajo realizado en Rev. AIA, en estos diez años, centra su compromiso y visión en este siglo XXI para documentar, innovar y crear retículas de conocimiento.

La documentación, no sólo como generadores de información científica, sino también como centro de dichos saberes, en donde se acude cuando alguien lo desee o precise utilizarlos.

La innovación, para la búsqueda que permita el progreso técnico y social, en una intensa propuesta por conjuntar el esfuerzo científico en nuestro medio de comunicación.

La reticulación, al hacer extensivo el conocimiento a los posibles usuarios sin importar geografía o recursos económicos, así como a los autores y árbitros que dan vida a este proyecto, en conjunto con el grupo editorial.

Los retos existen siempre, en todo tipo de proyectos; sin embargo, nuestro grupo editorial está dispuesto a asumirlos para mantener este espacio científico con la visión antes descrita, desde esta hermosa ciudad tropical en Colima, México.

José Manuel Palma García
Director, Rev. AIA

Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán

Selection of short season maize landraces as a strategy to confront climatic change in Michoacan

Ramírez, C. A.

Facultad de Biología
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Edificio R, Ciudad Universitaria
Fco. J. Múgica s/n. Col. Felicitas del Río
Morelia, Michoacán; México (C. P. 58030).
Tel. y Fax 01 (443) 316-7412
*Correspondencia: carmcarm@prodigy.net.mx
cramirzm@umich.mx

Resumen

El pronóstico de cambio climático para Michoacán es: menor precipitación en menos tiempo, y mayor temperatura. Para sitios actualmente sembrados, en marzo, con maíces de ciclo largo (220 días), esto significará el cambio futuro a siembras de junio con materiales de ciclo corto (140 días), tolerantes a sequía, carácter negativamente asociado con asincronía floral, y el movimiento altitudinal de cultivares. Con fines de selección y de valorar el desplazamiento altitudinal, en 2010, se colectaron 48 criollos de ciclo corto al sur del lago de Cuitzeo (1,850 msnm) y la Ciénaga de Zacapu (2,000 msnm). Se evaluaron, en verano/otoño de 2010, en dos localidades de esta última, bajo diseño anidado en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Para diez variables, los valores medios fueron: días a floración masculina, 83.60 ± 5.31 ; días a floración femenina, 85.10 ± 5.89 ; asincronía floral, 1.51 ± 0.54 ; días a madurez, 137.20 ± 6.06 ; días de floración femenina a secado de brácteas, 52.10 ± 6.40 ; altura de mazorca, $121.40 \text{ cm} \pm 26.08$; altura de

Abstract

The climate change forecast for Michoacán is less precipitation in less time and higher temperatures. For sites currently sown with long-season (220 days) maize, this may mean a future change to June sown with short-season (140 days) and drought tolerant plants, a trait negatively associated with floral asynchrony and the altitude movement of cultivars. In April 2010, with the aim of making a better selection and to assess the altitudinal displacement, 48 short-season landraces accessions were made in the south part of the Cuitzeo Lake (1,850 masl) and the Ciénaga of Zacapu (2,000 masl). The accessions were assessed in summer/autumn 2010 at two locations in the *ciénega* under a nested design in randomized complete block with three replications. For ten variables the following average values were obtained: days to male flowering, 83.6 ± 5.31 ; days to female flowering, 85.10 ± 5.89 ; floral asynchrony, 1.51 ± 0.54 ; days to maturity, 137.20 ± 6.06 ; days from female flowering to bract drying, 52.10 ± 6.40 ; ear height, $121.40 \pm 26.08 \text{ cm}$;

planta, 236.50 cm \pm 34.54; longitud de mazorca, 147 \pm 26.03 mm; diámetro de mazorca, 49.60 \pm 6.35 mm y rendimiento, 1,837 \pm 474 kg ha⁻¹. Excepto para rendimiento y longitud de mazorca, hubo diferencias significativas que permiten aplicar selección. 77% de las colectas fueron precoces y 4% tardías. La asincronía estuvo positivamente asociada con días a floración y altura de mazorca. Las colectas de Cuitzeo fueron las más tardías y de mayor asincronía; no se recomienda trasladarlas al sitio de evaluación.

Palabras clave

Zea mays, asincronía floral, desplazamiento altitudinal, maíz de ciclo largo.

plant height, 236.50 cm \pm 34.54; ear length, 147 mm \pm 26.03; ear diameter, 49.60 \pm 6.35 mm; and yield, 1,837 \pm 474 kg ha⁻¹. Except for yield and ear length, there were significant differences that made it possible to apply the selection. 77 percent of the accessions were precocious and 4 percent late. Asynchrony was positively associated with days to flowering and ear height. Cuitzeo accessions were the latest, with mayor floral asynchrony and lower yield. It is not recommended its displacement to the evaluation site.

Keywords

Zea mays, floral asynchrony, altitudinal displacement, long-season maize.

Introducción

La influencia de las actividades humanas en el aceleramiento del calentamiento global se muestra por el incremento en la concentración global de gases de efecto invernadero, como: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, correspondiendo el 70% de dicho aumento, al intervalo entre 1970 y 2004 (IPCC, 2007).

Sobre la base de registros meteorológicos, de 1960 a 1990, en México y en Michoacán, ha sido pronosticado un gradual aumento de la temperatura, acompañado de una disminución de la precipitación (Sáenz-Romero *et al.*, 2012). En el occidente de México ya ha sido detectada una disminución en la cantidad de precipitación pluvial y en la amplitud de la temporada de lluvias, así como en el área con potencial para producción de maíz, sobre la base de datos de 1947 a 1996 (Ruiz *et al.*, 2000a;b); observándose una ligera tendencia, en el mismo sentido, en la región de Zacapu, con datos de 1973 a 2003 (SMN, 2012a).

Se tiene previsto que la superficie destinada para el cultivo de maíz en nuestro país, clasificada como marginalmente apta, será la que mayor extensión ocupe para el año 2050, pudiendo llegar a ser hasta del 43.80% del total (Monterroso *et al.*, 2011). Menor precipitación, mayor temperatura y el acortamiento de la estación lluviosa deben llevar, a futuro, al reemplazo de las siembras de marzo con humedad residual y maíces de ciclo largo por siembras de junio, con maíces de ciclo corto (Mati, 2000; Harrison *et al.*, 2011); hecho que ya ha sido detectado en la agricultura campesina en la región de la Mesa Central en México (Cruz, 2010). Los maíces de ciclo corto deberán también ser capaces de completar su desarrollo con menor cantidad de agua, mientras no se disponga de riego o técnicas de conservación de humedad en el suelo, o alguna otra forma de compensación.

Entonces, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

En principio, los maíces de ciclo corto tienen menor rendimiento que los de ciclo largo; este hecho ha sido atribuido a una menor área foliar, por una menor altura de la plan-

ta y menor número y tamaño de las hojas, y menor duración de la fase vegetativa (Dijk *et al.*, 1999); así como la reducción en el periodo de llenado de grano, carácter asociado con el rendimiento (Daynard y Kannenberg, 1976; Bolaños, 1995). En cuanto a la resistencia a sequía, se sabe que los maíces con menor asincronía floral tienen mejor comportamiento en dichas condiciones (Bolaños y Edmeades, 1996; Chapman y Edmeades, 1999). Entonces, el periodo de llenado de grano y la asincronía floral, junto con la precocidad y el rendimiento, fueron considerados para la presente evaluación.

Una posibilidad para compensar el calentamiento global es el desplazamiento altitudinal, que debe ser necesario para genotipos fijos (como los híbridos comerciales); pero, probablemente, no para las poblaciones criollas, que están sujetas a cruzamiento y selección natural y artificial continua (Louette *et al.*, 1997; Perales *et al.*, 2003). Para esto, hay que tomar en cuenta que el gradiente térmico altitudinal mundial promedio es de 0.6°C por cada 100 metros (García, 1983). De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático —IPCC por sus siglas en inglés (2007)— el aumento en la temperatura media en el centro y sur de México, desde 1970 hasta 2004, ha sido de entre 0.2 y 1.0°C. Por su parte, Hansen *et al.* (2006), señalaron que en los 30 años posteriores a 1970 la temperatura media en el mundo se ha estado incrementando en, aproximadamente, 0.2°C cada década; esto significa un incremento total de 0.7°C, desde 1975 hasta 2010, que equivale a una diferencia en altitud de 125 msnm, que sería la cifra actualmente requerida al planear el movimiento altitudinal de cultivos.

La Ciénaga de Zacapu es un terreno plano, producto de la desecación de un lago, a principios del siglo XX, con una superficie de 22 mil hectáreas, con suelos clasificados como histosoles, con un contenido de materia orgánica que varía del 10 al 40%, ubicada dentro de las coordenadas 20°00'36" - 19°52'12" de latitud Norte y 101°48'00" - 101°36'36" de longitud W (Conabio, 2012).

El clima es templado subhúmedo C(w₁), con una precipitación anual de 877 mm y temperatura media anual de 16.7°C (SMN, 2012b).

El suelo, de acuerdo a la apreciación de los productores, complementada con un estudio preliminar, elaborado por la Facultad de Agrobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en 2004 (Federico Hernández Valdés, información personal), tiene cinco variantes, de acuerdo a su ubicación geográfica: noreste, noroeste, suroeste, sureste y región centro-sur. En este último, se siembran actualmente maíces de ciclo largo con rendimiento de tres a cuatro ton ha⁻¹ en los meses de marzo y abril, aprovechando la humedad residual; mientras que en las otras cuatro se siembran, en junio, materiales de ciclo corto con rendimientos de 1.5 a 2.0 ton ha⁻¹ (Marco Vargas Quezada, Programa elemental de asistencia técnica, 1998, información personal).

Las regiones noreste y centro-sur ocupan, cada una, más del 40% de la superficie. La región suroeste está habitada por comunidades indígenas purépechas y el resto son comunidades agrarias no indígenas; todas ellas tienen el mismo nivel económico. De acuerdo a Flores (1987), los maíces de ciclo largo de la zona de referencia corresponden a la raza Chalqueño y los de ciclo corto a la raza Cónico; Carrera *et al.* (2011) mencionan las razas Chalqueño y Chalqueño colorado. Ninguno de los materiales es nativo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar maíces criollos de ciclo corto (140 días a madurez) de la citada región (2,000 msnm), y de la ribera sur del lago de Cuitzeo (1,850 msnm) en la parte centro-sureste de la Ciénaga de Zacapu (2,000 msnm) que actualmente está ocupada por maíces de ciclo largo (220 días a madurez), para seleccionar materiales base para un futuro programa de mejoramiento genético y determinar la conveniencia del movimiento altitudinal de las poblaciones criollas colectadas a 1,850 msnm.

Materiales y métodos

En abril de 2010 se hicieron 48 colectas de criollos de siembras de secano, de la cosecha de 2009; 15 de ellas, de la zona sur de la ribera del lago de Cuitzeo, y el resto en las cuatro zonas de la Ciénaga de Zacapu, en donde se siembra maíz de ciclo corto en condiciones de secano: 17 del noreste, seis del suroeste, cuatro del noroeste y seis del sureste. A estas zonas se les llamó *orígenes*. El número de colectas fue determinado, primeramente, preguntando a los agricultores acerca de la existencia de diferentes tipos de maíz de acuerdo a sus usos, dando preferencia a los de propósito general sobre los de fines especiales (eloteros, pozoleros, etcétera); porque estos últimos tienen reducida variabilidad genética (Sánchez *et al.*, 2000) y, en segundo lugar, por la extensión de la superficie en que se siembran. Por el tipo de mazorca, las colectas de la Ciénaga de Zacapu nueve pertenecen a la raza cónico, seis de las cuales son de color amarillo, y el resto blancas; una a pepitilla color amarillo y 23 a elotes occidentales color blanco; y todas las de la ribera sur del Lago de Cuitzeo, a la raza Celaya, y son de color blanco. Las evaluaciones fueron en dos localidades de la parte centro-sureste del área de estudio, una de ellas dentro del área que corresponde a las siembras de humedad residual y la otra al límite de la zona, ocupada por siembras de secano; la primera, representa el ambiente donde se espera que, a futuro, se trasladen los materiales de ciclo corto; y la segunda, al ambiente marginal actual de los mismos.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, con arreglo de tratamientos anidado. La parcela útil fue de dos surcos de cinco m de longitud separados a 80 cm, con dos plantas cada 50 cm; esto es a densidad de 50 mil plantas ha⁻¹. Se aplicó la fórmula de fertilización NPK 80-40-00, dosis que aplican la mayoría de los productores (Vargas, 1998, información personal). A la siembra se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno, y a los 60 días de la siembra, el resto del nitrógeno. Las fechas de siembra fueron el 3 y el 7 de junio de 2010. Se hizo control de malezas con mezcla de herbicida nicosulfurón (comercialmente Sansón) y 2,4-D (comercialmente Hierbamina) a siete días de la siembra, seguido de dos escardas y un deshierbe manual a los 63 días. Para prevención y combate de plagas de raíz, tallo y hojas, se aplicó el insecticida nematicida sistémico Carbofurán (comercialmente Furadán 3-G) a la siembra y 50 días después.

Se tomaron datos de días a 50% de plantas en floración masculina (aparición de anteras y derrame de polen) y femenina (aparición de estigmas), con cuya diferencia se midió la asincronía floral, y días de floración femenina a secado de brácteas como estimador del periodo de llenado de grano; sumando este último y días a floración femenina se

tuvo un estimador de los días a madurez. En ocho plantas en competencia completa se tomaron datos de altura de mazorca y de planta (cm), longitud y diámetro de mazorca (mm) y rendimiento (g), transformado posteriormente a Kg ha⁻¹.

Hubo exceso de humedad que afectó severamente a la localidad situada dentro del área de las siembras de humedad residual, provocando la pérdida de una repetición por inundación; ya que en el año de evaluación, la precipitación en Michoacán estuvo 34.50%, por arriba del promedio, para el periodo 1941-2009 (SMN, 2012c). El análisis de datos fue realizado con los procedimientos GLM, CORR y PRINCOMP del programa SAS (SAS, 2003), al igual que la prueba de comparación de medias de Tukey. A la variable asincronía floral se le aplicó la transformación por raíz cuadrada de $X + \frac{1}{2}$ (Steel y Torrie, 1960).

Resultados

En el cuadro 1, se muestra el resultado del análisis de varianza. Hubo diferencias significativas entre localidades para todas las variables medidas, excepto para días a floración femenina ($P = 0.369$). Para orígenes, también hubo diferencias significativas para todas las variables, excepto para altura de planta, rendimiento y longitud y diámetro de mazorca.

Para colectas dentro de orígenes, se observa que aunque no hay diferencias para longitud de mazorca, sí las hay para diámetro de mazorca y esto influye en que para rendimiento se obtuvo un valor de $P = 0.07$. La interacción localidad x colectas, dentro de orígenes, fue significativa solamente para días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez. Para repeticiones dentro de localidades hubo significancia en todas las variables, excepto días a floración masculina y días a madurez, indicando que la variabilidad natural del suelo constituyó un factor de bloqueo.

Cuadro 1
Valores de cuadrado medio y nivel de significancia del Análisis de varianza.

F. de V.	g. l.	FM	FF	Asi	FF-S	Mad	LMaz	DMaz	Rend	Amaz	API
Loc	1	45 *	0.46 ns	4.52 **	2481 **	2414 **	23826 **	2891 **	14875018 **	16482 **	50630 **
Orig	4	351 **	500 **	1.74 **	108 **	194 **	372 ns	51 ns	179595 ns	1293 **	1195 ns
Col (orig)	43	83 **	100 **	0.35 **	44 **	59 **	716 ns	38 *	198409 ns	2097 **	2869 **
rep(loc)	3	17 ns	34 *	0.50 *	72 **	10 ns	1759 *	144 **	818129 **	800 *	2456 *
loc*col (orig)	47	10 ns	12 ns	0.23 ns	46 **	42 **	629 ns	25 ns	148113 ns	243 ns	492 ns
Error	139	8.33	9.34	0.17	14.32	8.63	514	23	140819	259	642
Media		83.6	85.1	1.51	52.1	137.2	146.6	49.62	1836	121.4	236.5
c. v.		3.45	3.59	34.6	7.27	2.14	15.48	9.69	20.43	13.28	10.72

Loc = localidades; Orig = zona de colecta; Col = tratamientos o colectas; c. v. = coeficiente de variación; FM = días a floración masculina; FF = días a floración femenina; Mad = días a madurez; Asi = Asincronía floral en días (cuadrados medios para datos transformados, media para datos originales); FF-S = días de floración femenina a secado de brácteas; LMaz = longitud de mazorca en mm; DMaz = diámetro de mazorca en mm; Rend = rendimiento en Kg ha⁻¹; AMaz = altura de mazorca en cm; API = altura total de planta en cm. ** = significativo al nivel 0.01; * = significativo al nivel 0.05; ns = no significativo.

La prueba de Tukey, para comparar orígenes, al nivel de significación de $P = 0.05$ separa a Cuitzeo como el más tardío en floración masculina y femenina y días a madurez; y con el mayor valor de asincronía floral, así como el de menos días de floración femenina a secado de brácteas. Para rendimiento y sus componentes, no hubo diferencias. Para el periodo de floración femenina a secado de brácteas y para altura de mazorca se formaron tres grupos de significancia, siendo los caracteres que mostraron mayores diferencias entre los orígenes.

La localidad que corresponde al área actualmente ocupada por siembras de maíz de ciclo corto, registró los mayores valores en días a floración masculina y femenina, altura de mazorca y planta, rendimiento, longitud y diámetro de mazorca, y los menores valores de asincronía, días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez.

De acuerdo a los valores correlación de Pearson, el rendimiento no tuvo asociación significativa con días a floración masculina y femenina ($r = 0.055$, $P = 0.4002$ y $r = 0.002$, $P = 0.9789$, respectivamente), pero estuvo positivamente asociado con altura de mazorca ($r = 0.533$, $P < 0.0001$), altura de planta ($r = 0.568$, $P < 0.0001$); y negativamente asociado con asincronía floral y días a madurez ($r = -0.197$, $P = 0.0023$ y $r = -0.185$, $P = 0.0042$, respectivamente), aunque el valor de correlación es bajo. También tuvo una asociación pequeña y negativa con los días de floración femenina a secado de brácteas ($r = -0.177$, $P = 0.006$). Los días a floración femenina estuvieron positivamente asociados a la asincronía floral y días a madurez ($r = 0.506$, $P < 0.001$ y $r = 0.425$, $P < 0.001$), negativamente con los días de floración femenina a secado de brácteas ($r = -0.517$, $P < 0.0001$) y en menor proporción a la altura de la mazorca ($r = 0.391$, $P < 0.0001$) y de la planta ($r = 0.199$, $P = 0.0021$). Los días a floración masculina tuvieron asociaciones similares.

El resultado del análisis de componentes principales se muestra en el cuadro 2.

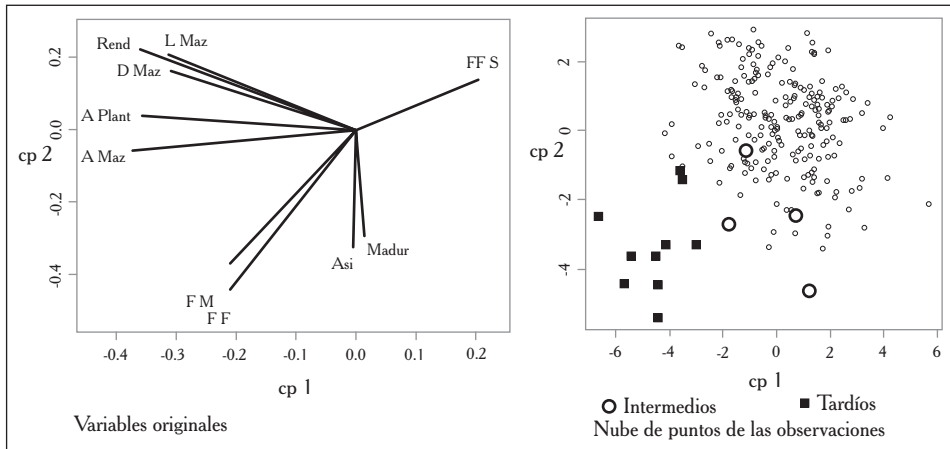
Cuadro 2
Valores y vectores propios de los componentes principales (CP).

CP	Valor propio	Proporción	Acumulada	Variable	Vectores CP1	Vectores CP2	Vectores CP3
1	3.6868	0.3687	0.3687	Flor masc.	0.2537	<u>0.4764</u>	-0.1465
2	2.7349	0.2735	0.6422	Flor fem.	0.2302	<u>0.5272</u>	-0.1035
3	1.5475	0.1548	<u>0.7969</u>	Asincronía	0.0057	0.4021	0.1178
4	0.7316	0.0732	0.8701	Flor f-sec	-0.2303	-0.1556	<u>0.6859</u>
5	0.6805	0.0681	0.9382	Madurez	-0.0197	0.3479	<u>0.6247</u>
6	0.5247	0.0525	0.9906	Alt maz	<u>0.4391</u>	0.0741	0.2131
7	0.0891	0.0089	0.9995	Alt planta	0.4240	-0.0473	0.1786
8	0.0045	0.0005	1	Long maz	0.3646	-0.2488	0.1087
				Diam maz	0.3725	-0.2130	-0.0127
				Rendimiento	<u>0.429746</u>	-0.26991	0.0614

Los tres primeros componentes explican el 80% de la variación. El primero, corresponde al rendimiento y altura de mazorca, con 37 %; el segundo, a los días a floración femenina y masculina, con 27%; y el tercero, a los días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez, con sólo 15%.

La gráfica de los componentes principales 1 y 2 muestra algunos puntos alejados del resto en el cuadrante inferior izquierdo (figura 1, lado derecho), correspondiendo a las colectas con mayor número de días a madurez. El rendimiento y las dimensiones de la mazorca tienen el mismo efecto y están asociados a la altura de la planta y de la mazorca. Los días a floración masculina y femenina tienen un efecto casi en el mismo sentido que la asincronía y días a madurez, pero totalmente contrario con el periodo de la floración femenina al secado de brácteas (figura 1, lado izquierdo).

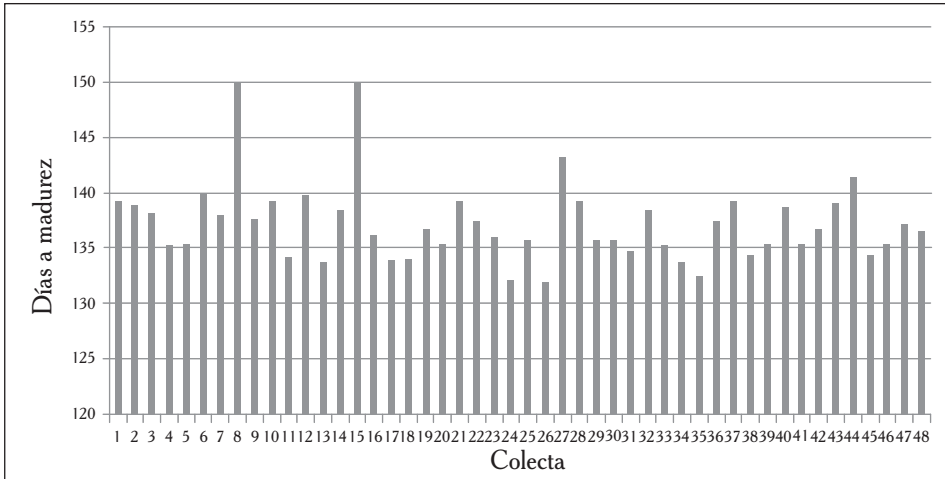
Figura 1
Gráfica de cp1 vs. cp2.



F M = días a floración masculina; F F = días a floración femenina; Asi = Asincronía floral; Madur = días a madurez; FF S = días de floración femenina a secado del totomoxtle; L Maz = longitud de mazorca; D Maz = diámetro de mazorca; Rend = rendimiento; A Maz = altura de mazorca; A plant = altura de planta.

La figura 2 muestra los días a madurez para cada una de las colectas.

Figura 2
Días a madurez en las 48 colectas evaluadas.



Discusión

En la primera localidad de evaluación, que corresponde a la distribución actual de los maíces de secano, se tuvieron los mayores valores para altura de mazorca y planta, rendimiento, longitud y diámetro de mazorca, y los menores valores de asincronía ($P < 0.05$). Este resultado puede atribuirse a que la segunda localidad tuvo estrés por inundación, aunque pudo también tener influencia del hecho de que allí ninguna de las colectas es local; entonces, pudiera ser más apropiado hacer la selección de materiales base en este último, que es a donde se espera que se trasladen los materiales evaluados.

Para orígenes también hubo diferencias significativas para todas las variables, excepto rendimiento y sus componentes, indicando variación en la fenología y en la altura de la planta, que pueden también estar influidas por diferencias ambientales entre las zonas de origen de las colectas, dando evidencia de adaptación al ambiente local; lo que concuerda con el hecho de que cuando se evalúan varias colectas, generalmente, las mejores son las locales (Mercer *et al.*, 2008; Mercer y Perales, 2010; Nájera *et al.*, 2010).

Para colectas dentro de orígenes se tuvo el mismo comportamiento; entonces, se puede seleccionar tanto a nivel de orígenes como de colectas, por su fenología y altura de planta. No hay diferencias significativas para longitud de mazorca, pero sí para el diámetro de la misma; para rendimiento hay diferencias al nivel de $P = 0.07$, lo que a juicio propio ya permite aplicar selección entre colectas.

La interacción localidad x colectas dentro de orígenes, fue significativa solamente para días de floración femenina a secado de brácteas y días a madurez, lo que indica un comportamiento relativo estable de las colectas en los ambientes de prueba. Sin embargo, hacen falta más evaluaciones en más ambientes para aceptar este resultado.

De acuerdo al análisis de correlación y de componentes principales, dirigidos a determinar el grado de asociación entre variables (figura 1), el rendimiento no tuvo asociación significativa con días a floración masculina y femenina; pero está asociado, positiva y significativamente, con altura de mazorca y planta; y negativa y significativamente, con asincronía floral. Esto último, de acuerdo a lo esperado (Bolaños y Edmeades, 1996; Chapman y Edmeades, 1999; Soleri y Smith, 2002), aunque el valor de correlación es bajo. Contrario a lo reportado por Daynard *et al.* (1971) y Bolaños (1995), tuvo una asociación negativa pequeña con los días de floración femenina a secado de brácteas.

Días a floración femenina y masculina estuvieron positiva y significativamente asociados a la asincronía floral y altura de mazorca, caracteres de importancia agronómica; así como negativa y significativamente, con los días de floración femenina a secado de brácteas. Como el incremento en la longitud, sea de la fase vegetativa (días a floración) o del periodo de llenado de grano (días de floración femenina a secado de brácteas en el presente estudio) implica una reducción en el otro (Dijak *et al.*, 1999), es necesario escoger entre ambos. Si se seleccionan colectas por menos días a floración, se tendrá también menor asincronía y menor altura de mazorca y mayor duración de la fase de floración femenina a secado de brácteas (figura 1); características favorables si, a futuro, se espera una menor disponibilidad de agua. Por esto, los días a floración pueden ser útiles como criterio de selección entre colectas.

Al adaptar las cifras que manejan Nava *et al.* (2000), considerando que ellos tratan los días a floración femenina, y que en el presente estudio la variable días a madurez fue —en promedio— 61% mayor que los días a floración femenina, 37 de las colectas se clasifican como precoces (de 132 a 139 días a madurez), ocho colectas como intermedias-precoces (139.10 a 142 días), una como intermedia (142.10 a 147) y dos como tardías (más de 147 días). Las colectas precoces incluyen a 14 de 17 (82%) de las del noreste, todas las del noroeste, cinco de seis (83%) de las del suroeste y 9 de 15 (60%) de las de Cuitzeo, hecho que refleja la significancia del análisis para colectas dentro de orígenes.

Para asincronía floral llama la atención el hecho de que el valor promedio fue bajo, de 1.51 días. Esto puede deberse a que, por un lado, los materiales evaluados fueron cosechados en 2009, que registró una precipitación 28.10% por debajo de la media (SMN, 2012d), lo que debió ejercer selección natural a favor de plantas con menor asincronía, y que el año de evaluación, 2010, fue 34.50% más húmedo que lo normal (SMN, 2012c), disminuyendo el valor de la expresión de este carácter (Bolaños y Edmeades, 1996; Chapman y Edmeades, 1999). Entonces, es probable que en un año con precipitación cercana a la normal se exprese mayor variación y se tenga mayor oportunidad de selección.

En cuanto a orígenes, el noroeste fue el de menos días a floración masculina y femenina, menor asincronía, mayor longitud de mazorca, menor altura de mazorca, mayor promedio de días de floración femenina a secado de brácteas y mayor rendimiento, con

la desventaja de ser la zona que menor superficie ocupa y que estuvo representada por sólo cuatro colectas. Cuitzeo fue todo lo contrario, excepto para rendimiento, donde estuvo cerca de la media. No obstante, la variabilidad de las colectas dentro de los orígenes permite encontrar algunas con valores cercanos a las del noroeste en el resto de ellos, como se muestra en la figura 2, para el caso de días a madurez.

Respecto al éxito esperado por selección, valores altos de heredabilidad para asincronía floral, $H^2 = 0.48$ (Soleri y Smith, 2002); el periodo de llenado de grano, $H^2 = 0.84$ (Perenzin *et al.*, 1980), días a floración y la altura de planta y mazorca ($0.40 \leq h^2 \leq 0.70$) (Hallauer y Miranda, 1988; Smalley *et al.*, 2004) aseguran una adecuada respuesta.

Al conjuntar todo lo anterior, las colectas con valores bajos de días a floración femenina, altura de mazorca y asincronía floral, serán —al mismo tiempo— las de mayor número de días de floración femenina a secado de brácteas y menos días a madurez, y no necesariamente las de menor rendimiento. Al aplicar niveles independientes de selección, se puede tomar, en primer lugar, la precocidad a floración femenina, seguido por la asincronía y, finalmente, por la altura de mazorca y el rendimiento. Si se procura, también, mantener la mayor diversidad posible, se puede aplicar una presión de selección moderada, de sólo 17% e incluir a todos los orígenes. Bajo este criterio, se seleccionaron las colectas número 13 de Cuitzeo, 26 y 29 del noreste, 33 y 36 del suroeste, 39 y 41 del noroeste y 46 del sureste.

El valor absoluto de la media de los seleccionados, para todas las variables, excepto asincronía es 4.50%, mejor que la media general; si se incluye la asincronía, la ventaja es de 9.20%.

Para rendimiento, la diferencia es de 3.60%, comparable a un ciclo de selección familiar o dos ciclos de selección masal (Márquez, 1985). Se puede formar una población base con estas ocho colectas, sin dejar fuera la posibilidad de incluir también poblaciones exóticas precoces sobresalientes, procedentes de regiones similares, mejoradas o premejoradas (Lourenço y Paterniani, 2000); para incrementar la variabilidad y mejorar el comportamiento agronómico, por la incorporación de caracteres, como la modificación del ángulo y el tamaño de la hoja con una mayor intercepción de la luz; y que, con ello, se permita manipular la densidad de siembra (Maddonni y Otegui, 1996; Hikosaka y Hirose, 1997; Edwards *et al.*, 2005).

En promedio, las colectas de Cuitzeo están en desventaja frente a los materiales locales. Por su floración masculina y femenina, fueron seis días más tardíos y tuvieron 0.3 días más de asincronía floral que los locales, coincidiendo con lo obtenido por Pecina-Martínez *et al.* (2009); y esto puede explicarse porque tanto en Cuitzeo como en la Ciénaga de Zacapu, las fechas de siembra y cosecha son las mismas; pero la menor altitud y, por lo tanto, mayor temperatura de Cuitzeo, se traduce en una mayor acumulación de grados-día en el mismo periodo de tiempo (Ruiz-Corral *et al.*, 2002; Ojeda-Bustamante *et al.*, 2004).

Al revisar datos meteorológicos (SMN, 2012d) de las estaciones de Cuitzeo (1971-2005), y Tiríndaro (1973-2002), este último, físicamente el más cercano a los ensayos establecidos, encontramos que en ambos ha habido una disminución en la precipitación; la

temperatura, por su parte, se ha incrementado en Cuitzeo, pero en Tiríndaro no ha cambiado; lo que obedece a que, en esta última, a la vez que han aumentado las temperaturas máximas, han bajado las mínimas; ello debió influir en contra de las colectas de Cuitzeo, donde las temperaturas mínimas son más altas. Entonces, el sitio de evaluación no fue el más adecuado para valorar la necesidad de desplazamiento altitudinal, siendo preferible un ambiente en el cual se haya registrado un incremento en las temperaturas mínimas.

También hay que tomar en cuenta que el cruzamiento y la selección natural y artificial a la que están sometidas las poblaciones criollas les permite adaptarse a los cambios en su localidad de origen, y si la diferencia en temperatura entre el sitio de evaluación y el de colecta equivaliera al calentamiento global en 35 años (Hansen *et al.*, 2006; IPCC, 2007); esto ha estado acompañado de 35 ciclos de selección natural complementada con selección artificial por los productores. Aunque algunas colectas de Cuitzeo tienen cifras similares a las locales para algunas características, en general, no es aconsejable trasladar las colectas de Cuitzeo al sitio de evaluación, porque muestran menor precocidad y mayor asincronía floral.

Conclusiones

Para todos los caracteres evaluados, excepto rendimiento y diámetro de mazorca, hubo diferencias estadísticamente significativas entre y dentro de orígenes. Las diferencias entre orígenes se debieron, principalmente, a Cuitzeo. Los días a floración femenina, altura de mazorca y la asincronía pueden ser utilizados como criterios principales para la selección. Los días de floración femenina a secado de brácteas tienen una asociación negativa con los anteriores. De las colectas, 37 se clasificaron como precoces; ocho como intermedias-precoces; una como intermedia y dos como tardías. Las colectas del noroeste fueron las de mejor calificación general y lo contrario fueron las de Cuitzeo, no recomendándose su traslado a la Ciénaga de Zacapu.

Agradecimientos

A la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el financiamiento del presente trabajo.

Literatura citada

- Bolaños, J. (1995). Physiological bases for yield differences in selected maize cultivars from Central America. *Field Crops Res.* 42(2-3):69-80.
- Bolaños J. y Edmeades, G. O. (1996). The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Res.* 48(1):65-80.
- Chapman, S. C. y Edmeades, G. O. (1999). Selection Improves Drought Tolerance in Tropical Maize Populations. II. Direct and Correlated Responses among Secondary Traits *Crop Sci.* 39(5): 1315-1324.
- Carrera, V. A.; Ron, P. J.; Jiménez, C. A.; Morales, R. M.; Márquez, S. F.; Sahagún, C. L.; Sesmas, G. J. y Sitt, M. M. (2011). *Razas de maíz de Michoacán de Ocampo. Su origen, relaciones fitogeográficas y filogenéticas.* COECYT-Michoacán. CROMOGRAFF. Morelia, Michoacán. 150 pp.
- Conabio. (2012). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_060.html (Consultado el 20 de abril de 2012).

- Cruz, M. (2010). Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa municipio San Felipe del Progreso, Estado de México: evidencia de adaptación al cambio climático. *Ra Ximhai* 7(1):95-106.
- Daynard, T. B.; Tanner, J. W. y Duncan, W. G. (1971). Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. *Crop Sci.* 11(1):45-48.
- Daynard, T. B. y Kannenberg, L. W. (1976). Relationships between the length of actual and effective grain filling periods and the grain yield of corn. *Can J. Plant Sci.* 56:237-242.
- Dijak, M.; Modarres, A. M.; Hamilton, R. I.; Dwyer, L. M.; Stewart, D. W.; Mather, D. E. y Smith, D. L. (1999). Leafy Reduced-Stature Maize Hybrids for Short-Season Environments. *Crop Sci.* 39(4):1106-1110.
- Edwards, J. T.; Purcell, L. C. y Vories, E. D. (2005). Light Interception and Yield Potential of Short-Season Maize (*Zea mays* L.) Hybrids in the Midsouth. *Agron. J.* 97(1):225-234.
- Flores, L. N. (1987). *Problemática y descripción de los tipos de maíz criollo localizados en la Ciénaga de Zacapu*. Tesis de licenciatura. Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich. 93 pp.
- García de M. E. (1983). *Apuntes de climatología*. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. (4ta. Ed.). México, D. F. 153 pp.
- Hallauer, A. R. y Miranda, J. B. (1988). *Quantitative genetics in maize breeding*. 2nd. Ed. Iowa State University Press. Ames, Io. 468 pp.
- Hansen, J.; Sato, M.; Ruedy, R.; Lo, K.; Lea, D. W. y Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 103(39):14288-14293.
- Harrison, L.; Michaelsen, J.; Funk, C. y Husak, G. (2011). Effects of temperature changes on maize production in Mozambique *Clim. Res.* 46:211-222.
- Hikosaka, K. y Hirose, T. (1997). Leaf angle as a strategy for light competition: Optimal and evolutionarily stable light-extinction coefficient within a leaf canopy. *Ecoscience* 4(4):501-507.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Pachauri, R. K. y Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. 104 pp.
- Louette, D.; Charrier, A. y Berthaud, J. (1997). *In situ* conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Econ. Bot.* 51(1):20-38.
- Lourenço, N. L. y Paterniani, E. (2000). Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola* 57:581-587.
- Maddonni, G. A. y Otegui, M. E. (1996). Leaf area, light interception, and crop development in maize *Field Crops Res.* 48(1):81-87.
- Mati, B. M. (2000). The influence of climate change on maize production in the semi-humid-semi-arid areas of Kenya. *J. of Arid Env.* 46(4):333-344.
- Márquez, S. F. (1985). *Genotecnia vegetal. Métodos, teoría, resultados*. Tomo I. AGT editor. México. 357 pp.
- Mercer, K.; Martínez-Vásquez, A. y Perales, H. R. (2008). Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient. *Evolutionary Applications* 1(3):489-500.
- Mercer, K. L. y Perales, H. R. (2010). Evolutionary response of landraces to climate change in centers of crop diversity. *Evolutionary Applications* 3(5-6):480-493.
- Monterroso, A. I.; Conde, A. C.; Rosales D. G.; Gómez, J. D. y Gay, G. C. (2011). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera* 24(1):53-67.
- Nájera, C. L.; Rincón, S. F.; Ruiz, T. N. y Castillo, G. F. (2010). Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Fitotecnia Mexicana* 33(4): 31-36.
- Nava, P. F.; Mejía, J. A.; Castillo, F. y Molina, J. D. (2000). Evaluación de maíces precoces e intermedios en valles altos de centrales de México. Poblaciones sobresalientes. *Fitotecnia Mexicana* 23(1):119-128.
- Ojeda-Bustamante, W.; Sifuentes, E.; Slack, D. C. y Carrillo, M. (2004). Generalization of irrigation scheduling parameters using the growing degree concept: application to a potato crop. *Irrigation and Drainage* 53(3):251-261.

- Pecina-Martínez, J. A.; Mendoza-Castillo, M. C.; López-Santillán, J. A.; Castillo-González, F. y Mendoza-Rodríguez, M. (2009). Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia* 43(7): 681-694.
- Perales, R. H.; Brush, S. B. y Qualset, C. O. (2003). Dynamic management of maize landraces in central Mexico. *Econ. Bot.* 57(1):21-34.
- Perenzin, M.; Ferrari, F. y Motto, M. (1980). Heritabilities and relationships among grain-filling period, seed weight and quality in forty italian varieties of corn (*Zea mays* L.). *Can. Jour. Plant Sci.* 60(4):1101-1107.
- Ruiz, C. A.; Ramírez, J. L.; Flores, F. J. y Sánchez, J. J. (2000a). Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia Mexicana* 23(2):169-181.
- Ruiz, C. A.; Ramírez, J. L.; Flores, F. J. y Sánchez, J. J. (2000b). Cambio climático y efectos sobre las áreas potenciales para maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia Mexicana* 23 (2):183-194.
- Ruiz-Corral, J. A.; Flores-López, H. E.; Ramírez-Díaz, J. L. y González-Eguiarte, D. R. (2002). Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz h-311 en condiciones de temporal. *Agrociencia* 36(5):569-577.
- Sánchez, G. J.; Goodman, M. M. y Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and Morphological Diversity in the Races of Maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54(1):43-59.
- Sáenz-Romero, C.; Rehfeldt, G. E.; Crookston, N. L.; Duval, P. y Beaulieu, J. (2012). Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Michoacán state, México. Impacts on the vegetation. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(4):333-345.
- SAS Institute. (2003). SAS version 9.1.3 for Windows. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Smalley, M. D.; Daub, J. L. y Hallauer, A. R. (2004). Estimation of heritability in maize by parent-offspring regression. *Maydica* 49(3):221-229.
- SMN. (2012a). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/16188.pdf>; <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/16171.pdf> (Consultado el 16 de abril de 2012).
- SMN. (2012b). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales8110/NORMAL16142.TXT> (Consultado el 20 de abril de 2012).
- SMN. (2012c). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/precipitacion/estados/est-2010.gif>; <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/precipitacion/estados/est-2009.gif> (Consultado el 15 de mayo de 2012).
- SMN. (2012d). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/> (Consultado el 15 de mayo de 2012).
- Soleri, D. y Smith, S. D. (2002). Rapid estimation of broad sense heritability of farmer-managed maize populations in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico, and implications for improvement. *Euphytica* 128:105-119.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. (1960). *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill. New York. 481 pp.

Recibido: Diciembre 15, 2011

Aceptado: Febrero 21, 2013



Título: *Seduciendo inversionistas en la gala del congreso*
Concepto: Qué buena oportunidad para los laboratorios de mandar sus equipos de seducción a los ganaderos e investigadores
Técnica: Tinta sobre opalina
Autor: Marisol Herrera Sosa
Medida: 21.59 x 27.94 cm

Evaluación económica de cáscara de nuez como sustrato para producción de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham. en vivero

Economic evaluation of walnut husks as substrate for the production of seedlings *Pinus patula* Schl. et Cham in nursery

Romero-Arenas, O.;^{1*} Damián, M. A.;¹ Hernández, I.;¹ Parraguirre, C.;¹ Márquez, M.² y Huerta, M.¹

¹Centro de Agroecología (CENAGRO-BUAP) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla 14 Sur 6301, CU San Manuel, Puebla, Puebla; México (C. P. 72570).

²Facultad de Ciencias Químicas Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

*Correspondencia: biol.ora@hotmail.com

Resumen

Se evaluó la rentabilidad de un vivero forestal para la producción de plántulas de *Pinus patula* en la sustitución del sustrato turba, por la composta de cáscara de nuez de castilla en una superficie de 1,000 m², ubicado en Zitlalcuautla Tetela de Ocampo, en el estado de Puebla. Se utilizaron los indicadores de evaluación económica: valor actual neto (VAN), relación beneficio-costo (B/C), relación beneficio-inversión neta (N/K) y tasa interna de retorno (TIR) para realizar el análisis de rentabilidad. Los resultados obtenidos empleando cáscara de nuez, para un periodo de cinco años, fueron: VAN = 1,035,383.275, B/C = 1.662, N/K = 4.0 y TIR = 17.60. Con base en estos indicadores, se concluyó que el proyecto resulta viable desde el punto de vista económico y no se ve afectada la calidad de plántulas de *Pinus patula*. A los siete meses y medio, las plántulas que se desarrollaron en la mezcla testigo (peat moss® 33% + vermiculita 33% + agrolita 33%) y el tratamiento 2 (cáscara de nuez 33% + vermiculita 33% + agrolita 33%) presentaron valo-

Abstract

The performance of a forest nursery to produce seedlings of *Pinus patula* was evaluated according to the replacement of peat substrate (Peat moss®) by composted walnut husks, using an area of 1,000 m², located in the community of Zitlalcuautla Tetela de Ocampo, in the state of Puebla. Indicators of economic evaluation were used: net present value (NPV), benefit-cost ratio (B/C), net benefit and investment (N/K) and internal rate of return (IRR) for the analysis of profitability. The results obtained using walnut shells for periods of 5 years were: NPV = 1,035,383.275, B/C = 1.662, N/K = 4.0 and IRR = 17.60. Based on these indicators, it was concluded that the project is feasible from an economic point of view and the quality of seedlings of *Pinus patula* are not affected. At 7.5 months seedlings that developed in treatment 1, control mixture (peat moss vermiculite ® 33% + 33% + 33% perlite) and treatment 2 (Nutshell 33% + 33% + perlite vermiculite 33%) had similar values for the Dickson quality index, for the

res similares en el índice de calidad de Dickson, para el testigo (0,25 g.cm⁻¹), el tratamiento 2 (0,24 g.cm⁻¹), los cuales no presentaron diferencias estadísticas. La rentabilidad del proyecto de inversión es excelente y el aprovechamiento del subproducto de la actividad agrícola del municipio de Tetela de Ocampo, presentan buenas perspectivas de comercialización y reducción de costos de producción en un 12% respecto al peat moss®, contribuyendo al sector productivo forestal de la región.

Palabras clave

Índice de Dickson, composta, peat moss®, rentabilidad, indicadores económicos.

control (0.25 g.cm⁻¹) and the treatment 2 (0.24 g.cm⁻¹) which were not statistically different. The profitability of the investment project is excellent, the use of agriculture by-products of the Municipality of Tetela de Ocampo have good market prospects and production costs were reduced by 12% compared to peat moss® therefore contributing to the forestry production sector in the region.

Keywords

Index Dickson, Compost, Peat Moss®, Profitability, Economic Indicators.

Introducción

En México, el género *Pinus* tiene gran importancia ecológica, económica y social. A menudo, es el componente dominante de la vegetación, influye en los procesos funcionales del ecosistema, como los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos, los regímenes de fuego, y es hábitat y fuente de alimento para la fauna silvestre. Posee un alto valor económico, es fuente de madera, leña, pulpa, resinas, semillas comestibles y otros productos. Además, ofrece importantes servicios ambientales (agua, oxígeno, recreación, captura de carbono) e influye en el clima regional (García y González, 2003; Ramírez *et al.*, 2005).

Pinus patula Schl. et Cham., es una de las especies de pino más importantes para las plantaciones forestales comerciales intensivas en el mundo, debido a su tasa de crecimiento excepcionalmente rápido, buena forma de tronco y características favorables de la madera para productos de celulosa (Dvorak *et al.*, 2000). Por su potencial productivo y capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y suelos no forestales, es ampliamente utilizado en plantaciones comerciales en Sudáfrica y países de América del Sur (Anónimo, 1999). A pesar de su alto potencial para cultivo intensivo en México, donde es endémica, esta especie no ha sido ampliamente cultivada en este país (Farjon y Styles, 1997; Luna *et al.*, 2005; Perry, 1991; Velázquez *et al.*, 2004). Existen, aproximadamente, 4,230 ha plantadas con *P. patula* en México. Puebla terminó, en 2010, en sexto lugar nacional en reforestación, por debajo de estados como Veracruz, Chiapas, Coahuila, Jalisco y San Luis Potosí. La superficie total plantada, durante el cierre de 2010, equivale a 2 mil 427 hectáreas, para lo que se erogó una cantidad superior a los 16 millones de pesos en diversas regiones del estado (Agenda de innovación tecnológica, 2010; CONAFOR, 2011).

El desarrollo y uso de materiales con características capaces de sustituir al suelo, en la producción de plantas forestales, y en especial a la tierra de monte, ha sido muy acelerado (Santiago, 2002). Los viveros forestales en México utilizan grandes cantidades

de suelo de bosque para el cultivo de diversas especies, y para su abasto es necesario extraerlo de los bosques naturales, lo que produce un gran impacto en el ecosistema (Fernández, 1986). Para disminuir esta situación, se ha buscado la mecanización de los viveros para la producción de plantas con diversos contenedores; y la importación de sustratos comerciales, sin contenidos de suelo, donde se emplean mezclas de peat moss®, agrolita y perlita; que, en conjunto, representan el mayor costo de producción de planta forestal en vivero, así como una fuga de divisas para el país, al ser la turba un material de importación (Mateo, 2002).

Por lo anterior, es necesaria la búsqueda de nuevos sustratos alternativos viables para la producción de planta en vivero, como es la cáscara de nuez de castilla (*Juglans regia* L.); que es un subproducto de la producción de nuez, la cual, alcanza una amplia distribución e importancia económica en el mundo. La producción mundial de nuez con cáscara es de, aproximadamente, 1'100,000 tn (Chanda *et al.*, 2008); China y Estados Unidos constituyen los principales países productores, con alrededor del 45 y 30% del total, respectivamente. México se ubica en 13° lugar en la producción de nuez a nivel mundial, con una producción de 230 toneladas; Puebla ocupa el tercer lugar a nivel nacional en producción de nuez de castilla, sólo por debajo de Tamaulipas y Jalisco. Los tres principales municipios en donde se produce son: San Nicolás de los Ranchos, San Matías Tlalancaleca y San Salvador el Verde (INEGI, 2000).

El municipio de Tetela de Ocampo se ubica dentro de los 36 municipios productores importantes de la región, seguidos por Huejotzingo, Zacapoaxtla, Calpan, Teteles de Ávila Castillo, Tlatauquitepec, San Felipe Teotlancingo, San Martín Texmelucan y Guadalupe Victoria (Secretaría de Desarrollo Rural, 2011; Fundación Produce Puebla, 2010).

La composición química de la composta de cáscara de nuez, determinada por el Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el Campo Experimental Bajío en Celaya (Guanajuato), determina que cuenta con los elementos necesarios para la nutrición vegetal de plántulas; dicha determinación incluye tanto macro nutrientes (N, P, K,) como micro nutrientes (Cu, Zn, Mn, Ca, Mg, Fe) de gran importancia para el desarrollo inicial, así como la composición de materia orgánica donde se encontró un valor de 6.99 %, pH de 7.95, conductividad eléctrica (CE) de 1.85 dS/m-1 en la cáscara de nuez.

La cáscara de nuez de castilla es fácil de adquirir y, sobre todo, de bajo costo; ya que es considerada por los productores del municipio de Tetela de Ocampo, como desecho y sin valor comercial. La composta de cáscara de nuez (*Juglans regia* L.) puede sustituir los sustratos convencionales y producir plántulas de calidad (López, 2011).

El objetivo general de la investigación fue evaluar la rentabilidad de la cáscara de nuez de castilla (*Juglans regia* L.), como sustituto de turba (peat moss®) para la producción de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham., en condiciones de vivero, en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla. La información sobre cómo producir especies forestales en sustratos, con base de cáscara de nuez, es relativamente nula; ya que la importancia del nogal radica, principalmente, en lo económico (producción del fruto y madera). Exis-

te información de trabajos sobre el uso de cocones (cáscara verde) para la medicina, extracción del tinte y otros productos (cáscara verde) derivados del nogal (*Juglans regia* L.).

Materiales y métodos

Se obtuvo la información económica de la inversión, realizada por la unidad de producción de nuez de castilla familiar (UPF) en la comunidad de Zitlalcuautla Tetela de Ocampo, así como la del vivero forestal semitecnificado de Xaltatempa. Posteriormente, se determinó la rentabilidad del sistema de producción —a través de los indicadores de evaluación económica— utilizando composta de cáscara de nuez en sustitución del 33% de peat moss®, conservando 33% de vermiculita y 33% de agrolita en los tratamientos.

Elaboración de composta de nuez de castilla

La composta de cáscara de nuez (*Juglans regia* L.), empleada en la presente investigación, proviene de cosechas realizadas por productores de la comunidad de Zitlalcuautla, población del municipio de Tetela de Ocampo.

La elaboración de la composta fue realizada en zanjas de un m de profundidad, donde se depositó y homogenizó 80% de cáscara de nuez de castilla con 20% de tierra de monte; posteriormente, se cubrió con plástico de color negro para incrementar la temperatura a 75°C, durante las primeras dos semanas de composteo.

La cáscara de nuez de castilla se torna de color verde a negro en un lapso no mayor a seis meses; durante el proceso, para la elaboración de la composta, se realizaron tres riegos por día para mantener la humedad a 60%, a través de movimientos oscilatorios realizados cada dos semanas; al finalizar el proceso, se obtuvo una mezcla de color negro y olor agradable. Por último, se tamizó para obtener una fina arenilla que será utilizada, posteriormente, en la preparación de los tratamientos (López, 2011).

Indicadores de evaluación económica

La evaluación económica es aquella que identifica los méritos propios del proyecto, independientemente de la manera como se obtengan y se paguen los recursos financieros que necesite y del modo como se distribuyan los excedentes o utilidades que genera. Los indicadores para la evaluación económica, son conceptos valorizados que expresan el rendimiento económico de la inversión y en base a estos datos se puede tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de un proyecto; o, en su caso, se evalúa su rentabilidad del mismo (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2009). Los indicadores más usados son aquellos que consideran el valor del dinero en el tiempo, como son: a) El valor actual neto (VAN); b) La tasa interna de retorno (TIR); c) La relación beneficio-inversión neta (N/K); d) La relación beneficio-costos (B/C) y e) El periodo de recuperación (P/R).

Valor actual neto (VAN)

Consiste en actualizar a valor presente los flujos de caja futuros que va a generar el proyecto, descontados a un cierto tipo de interés (“la tasa de descuento”) y compararlos con

el importe inicial de la inversión. Como tasa de descuento se utiliza, normalmente, el costo de oportunidad del capital de la empresa que hace la inversión.

$$VAN = -A + [FC1/(1+r)^1] + [FC2/(1+r)^2] + \dots + [FCn/(1+r)^n]$$

Donde:

A: desembolso inicial

FC: flujos de caja

n: número de años (1,2,...,n)

r: tipo de interés ("la tasa de descuento")

$1/(1+r)^n$: factor de descuento para ese tipo de interés y ese número de años

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del VAN es que debe ser: Si $VAN > 0$: El proyecto es rentable; Si $VAN = 0$: El proyecto es postergado; Si $VAN < 0$: El proyecto no es rentable. En términos generales, el VAN representa la ganancia adicional actualizada que genera el proyecto por encima de la tasa de descuento (Muñante, 2000; Romero *et al.*, 2009).

Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR económica de un proyecto es la tasa de actualización que hace que el valor actualizado de la corriente de beneficios se iguale al valor actualizado de la corriente de costos; es decir, se efectúan tanteos con diferentes tasas de descuento consecutivas hasta que el VAN sea cercano o igual a cero y obtengamos un VAN positivo y uno negativo.

$$\sum_{T=1}^T B_t (1+r)^{-t} - \sum_{T=1}^T C_t (1+r)^{-t} = 0$$

Donde:

B_t = beneficios en cada periodo del proyecto t

C_t = costos en cada periodo del proyecto

$(1+r)^{-t}$ = factor de actualización

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del TIR es que debe ser: Si $TIR >$ tasa de descuento (r): El proyecto es aceptable; Si $TIR = r$: El proyecto es postergado; Si $TIR <$ tasa de descuento (r): El proyecto no es aceptable.

La TIR expresa la tasa de interés real máxima que podría pagar un proyecto por los recursos monetarios utilizados, una vez recuperados los costos de inversión y operación. El criterio formal de selección, a través de este indicador, es aceptar todos los proyectos

independientes cuya TIR sea igual o mayor que la tasa de actualización seleccionada (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2009).

Relación beneficio-inversión neta (N/K)

La relación Beneficio / Inversión nos indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Se obtiene con los datos del VAN; cuando se divide la sumatoria de todos los beneficios entre la sumatoria de los costos; es decir, el cociente que resulta de dividir el valor actual del flujo de fondos o beneficios incrementales netos en los años después de que esta corriente se ha vuelto positiva (N_t), entre la corriente del flujo de fondos en los primeros años del proyecto, en que esa corriente es negativa (K), a una tasa de actualización t previamente determinada. La fórmula para obtener la relación beneficio-inversión neta es:

$$N/K = \sum_{T=1}^T N_t (1+r)^{-t} / \sum_{T=1}^T C_t (1+r)^{-t}$$

Donde:

N_t = corriente del flujo de fondos en cada periodo, después de que éste se ha vuelto positivo t

C_t = corriente del flujo de fondos en los periodos iniciales del proyecto cuando es negativo t

$(1 + r)^{-t}$ = Factor de actualización

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del N/K es que debe ser: Si $N/K > 1$: El proyecto es aceptable; Si $N/K =$ o cercano a 1: El proyecto es postergado; Si $N/K < 1$: El proyecto no es aceptable. El criterio formal de selección, a través de este indicador, es aceptar todos los proyectos cuyas N/K sean igual o mayor que uno, a la tasa de actualización seleccionada (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2009).

Relación beneficio-costo (B/C)

También llamado "índice de rendimiento". En un método de evaluación de proyectos, que se basa en el del "valor presente", y que consiste en dividir el valor presente de los ingresos entre el valor presente de los egresos. Si este índice es mayor que 1 se acepta el proyecto; si es inferior que 1, no se acepta; ya que significa que la rentabilidad del proyecto es inferior al costo del capital. El valor de la Relación Beneficio/Costo cambiará, según la tasa de actualización seleccionada; o sea, que cuanto más elevada sea dicha tasa, menor será la relación en el índice resultante. La fórmula que se utiliza es:

$$B/C = \sum_{T=1}^T B_t (1+r)^{-t} / \sum_{T=1}^T C_t (1+r)^{-t}$$

Donde:

B_t = beneficios en cada periodo del proyecto t

C_t = costos en cada periodo del proyecto t

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

$(1 + r)^{-t}$ = factor de actualización

Para evaluar un proyecto de inversión, desde el punto de vista económico, el criterio de decisión del B/C es que debe ser: Si $B/C > 1$: El proyecto es aceptable; Si $B/C =$ o cercano a 1: El proyecto es postergado; Si $B/C < 1$: El proyecto no es aceptable. De acuerdo con el criterio formal de selección de los proyectos de inversión basados en este indicador, se aceptará el proyecto o se catalogará como rentable si la B/C es mayor que uno (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2009).

Tasa de actualización

Para obtener los indicadores económicos es necesario determinar la tasa de actualización, también conocida como tasa de descuento (Muñante, 2002; Romero *et al.*, 2009).

Para el análisis financiero, se tomó una tasa de actualización del 1.28%, la cual representa la tasa de interés real calculada con base en una tasa nominal de 5.06% (CETES) y una inflación de 3.73% anual (pronosticada), para el 2011 (Acus Consultores, 2011). La fórmula que se utiliza para su cálculo es:

$$R = \left\{ \left[\frac{1+0.0506}{(1+0.0373)} \right] - 1 \right\} 100 = 1.28\%$$

Donde:

R = tasa real anual

r = tasa de interés nominal/100

f = tasa inflacionaria anual/100

Se proyectaron los ingresos y egresos de acuerdo a la capacidad de producción del vivero forestal de 1,036 m², con un rendimiento de 300,000 plántulas de *Pinus patula* en un periodo de siete meses y un precio de venta de \$1.80 pesos por plántula; además, se estimó la reducción de insumos de producción utilizando el sustrato alternativo (nuez de castilla) como sustituto del peat moss® en el vivero forestal Xaltatempa.

A partir de las variables altura, diámetro, peso seco aéreo y radicular de la planta, se estimó la relación parte aérea/raíz, el índice de esbeltez y el índice de calidad de Dickson. La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente entre el peso seco aéreo (g) y el peso seco radical (g) (Thompson, 1985). El índice de esbeltez se calculó mediante el coeficiente de la altura y el diámetro del tallo (Torales, 1997). El índice de calidad de Dickson (ICD) resultó de integrar los valores de peso seco total, e índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz (Dickson *et al.*, 1960).

$$\text{Índice de calidad de Dickson} = \text{PST}/(\text{A}/\text{D} + \text{PSA}/\text{PSR})$$

Donde:

PST: peso seco total de la planta (g)

PSA: peso seco de la parte aérea de la planta (g)

PSR: peso seco de la parte radical de la planta (g)

A: altura de la planta (cm)

D: diámetro de la planta (mm)

Los datos obtenidos se procesaron en el paquete estadístico SPSS Statistics versión 17 (Statistical Package for the Social Sciences) para realizar el análisis de t de Student ($p < 0.05$) y determinar diferencias entre los tratamientos.

Resultados

Para el caso de la producción de plántulas *Pinus patula* bajo condiciones de vivero los costos de inversión, fijos, variables y totales se expresan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1
Costos de producción en el vivero forestal Xaltatempa en el año 2011.

Costos	Pesos (\$)	
	Peat moss®	Cáscara de nuez
Inversión	845,790.00	845,790.00
Fijos	19,568.92	15,730.94
Variable	10,514.28	10,514.28
Totales	875,873.20	872,035.22

El análisis del Punto de Equilibrio es un método de Planeación Financiera que tiene por objeto proyectar el nivel de ventas netas que necesita una empresa para no perder-no ganar, en una economía con estabilidad de precios, para tomar decisiones y alcanzar objetivos (Perdomo, 2001; Muñante, 2002). El punto de equilibrio se calculó matemáticamente de la siguiente manera:

$$PE.VV = CFT/[1-(CVT/IT)]$$

$$PE.VP = PE.VV/(IT/UV)$$

Donde:

PE.VV = punto de equilibrio en el valor de ventas

PE.VP = punto de equilibrio en el volumen de producción

CFT = sumatoria del costo fijo total

CVT = sumatoria del costo variable total

IT = ingresos totales

UV = unidades vendidas

$$PE.VV = \frac{19,568.92}{\left[1 - \left(\frac{10,514.28}{540,000}\right)\right]} = 19,958 \text{ pesos}$$

$$PE.VP = \frac{19,958}{\frac{540,000}{300,000}} = 11,088 \text{ plántulas}$$

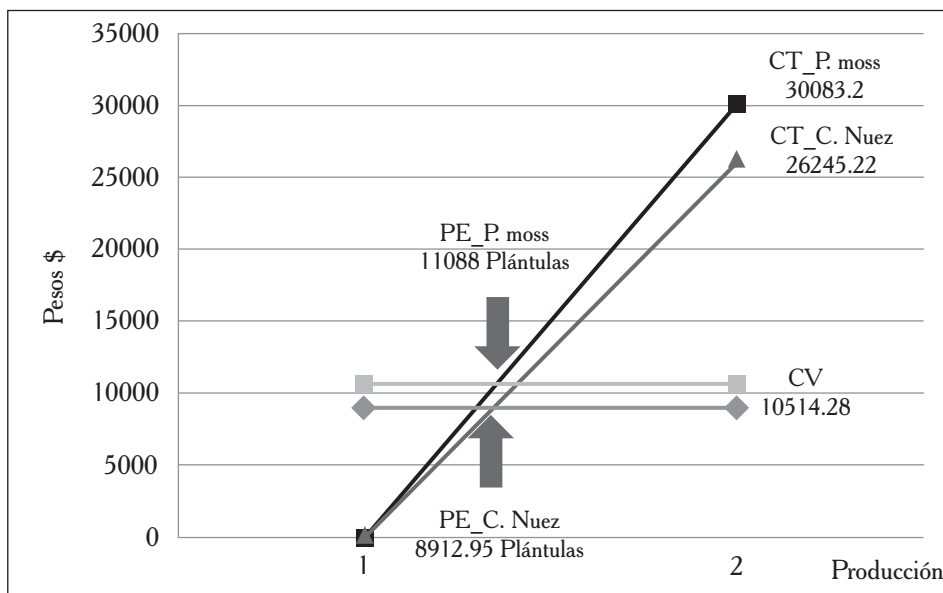
El monto de los ingresos necesarios, para lograr el punto de equilibrio, asciende a \$19,958 y una venta de 11,088 plántulas en los 1,036 m² a \$1.80 x plántula producida en peat moss® al 33% (figura 1).

$$PE.VV = \frac{15,730.94}{\left[1 - \left(\frac{10,514.28}{540,000}\right)\right]} = 16,043.31 \text{ pesos}$$

$$PE.VP = \frac{16,043.31}{\frac{540,000}{300,000}} = 8,912.95 \text{ plántulas}$$

El monto de los ingresos necesarios para lograr el punto de equilibrio asciende a \$16,043.31 y una venta de 8,912.95 plántulas en los 1,036 m² a \$1.80 x plántula producida en cáscara de nuez al 33% (figura 1).

Figura 1
Punto de equilibrio para la producción de peat moss®
y cáscara de nuez bajo condiciones de vivero.



La inversión realizada por los productores del vivero forestal Xaltatempa fue de \$845,790. Los costos de producción fueron \$19,568.92 al 33% de peat moss® y \$15,730.94 al 33% de cáscara de nuez, más gastos de administración, de \$10,514.28; y los ingresos por las ventas, fueron \$540,000. Para un periodo de cinco años, los ingresos y egresos proyectados se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2

Ingresos y egresos proyectados a cinco años para la producción de *Pinus patula* Schl. et Cham., bajo condiciones de vivero, en la comunidad de Xaltatempa de Lucas, perteneciente al municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, con una superficie de 1,036 m².

Año	Ingresos		Egresos	
	Peat moss® (\$)	Cáscara de nuez (\$)	Peat moss® (\$)	Cáscara de nuez (\$)
1	540,000.00	540,000.00	845,790.00	845,790.00
2	540,000.00	540,000.00	210,582.40	183,716.54
3	540,000.00	540,000.00	210,582.40	183,716.54
4	540,000.00	540,000.00	210,582.40	183,716.54
5	540,000.00	540,000.00	210,582.40	183,716.54

El método para calcular de forma manual los indicadores de acuerdo a Muñante (2002) es el siguiente:

1) Se multiplican los costos totales y los ingresos totales por el factor de actualización $(1 + 0.0128)^{-t}$; donde t es el tiempo en años (cuadro 3).

2) Se procede a calcular el VAN y la relación B/C.

3) Posteriormente, se calcula el flujo de fondos; el cual se obtiene de restarle a los beneficios totales los costos totales año con año del proyecto (cuadro 4).

4) Una vez obtenido el flujo de fondos, éste se actualiza con el mismo factor de actualización $(1 + 0.0128)^{-t}$, donde t es el tiempo en años (cuadro 4).

5) Se procede a calcular la relación N/K.

6) El cálculo de la TIR se efectúa al iniciar el flujo de fondos actualizados al 1.28% y se busca una tasa de actualización en la que los costos sean ligeramente mayores a los beneficios, que deberá ser mayor a 1.28%; se procede a calcular el flujo de fondos al 9% (cuadro 4).

Cuadro 3
Cálculo del VAN y la relación B/C para los sustratos peat moss®
y cáscara de nuez al 33%.

Año	Costos Totales (\$)		Beneficios Brutos Totales (\$)	Factor de Actualización al 1.28%	Costos Totales (\$)		Beneficios Totales Actualizados (\$)
	P. moss®	Cáscara nuez			P. moss®	Cáscara nuez	
1	875,873.20	872,035.20	540,000	0.98	864,803.70	861,014.20	533,175.30
2	210,582.40	183,716.50	540,000	0.97	205,293.20	179,102.10	526,436.90
3	210,582.40	183,716.50	540,000	0.96	202,698.70	176,838.60	519,783.70
4	210,582.40	183,716.50	540,000	0.95	200,136.90	174,603.70	513,214.50
5	210,582.40	183,716.50	540,000	0.93	197,607.50	172,397.00	506,728.40
			Total		1,670,540.20	1,563,955.80	2,599,339.00

Cuadro 4
 Cálculo de la relación N/K y la TIR sustituyendo el sustrato peat moss® por la cáscara de nuez al 33%.

Años	Flujo de Fondos		Factor al 1.28%	Flujo Actualizado		Factor al 9%	Flujo Actualizado al 9%	
	P. moss®	C. nuez		P. moss®	C. nuez		P. moss®	C. nuez
1.00	-35,873.20	-32,035.20	0.98	-31,628.30	-22,834.40	0.86	-85,886.50	-78,305.50
2.00	329,417.60	356,283.40	0.97	321,143.70	336,811.60	0.74	238,662.00	250,305.90
3.00	329,417.60	356,283.40	0.96	317,085.00	327,478.40	0.64	203,142.90	209,801.60
4.00	329,417.60	356,283.40	0.95	313,077.60	318,403.90	0.55	172,909.90	175,851.60
5.00	329,417.60	356,283.40	0.93	309,120.80	309,580.90	0.47	147,176.40	147,395.50
			<i>Total</i>	928,798.80	969,440.50		476,004.90	505,049.10

Cálculos indicativos

Peat moss®

$$\text{VAN} = 2,599,339.092 - 1,670,540.228 = 928,798.864$$

$$\text{B/C} = 2,599,339.092 / 1,670,540.228 = 1.556$$

$$\text{N/K} = 1,260,427.221 / 331,628.357 = 3.80$$

$$\text{TIR} = 1.28 + (9 - 1.28) [(928,798.864) / (928,798.864) - (476,004.979)] = 18.5$$

Cáscara de nuez

$$\text{VAN} = 2,599,339.092 - 1,563,955.817 = 1,035,383.275$$

$$\text{B/C} = 2,339.092 / 322834.439 = 1.662$$

$$\text{N/K} = 1,292,274.996 / 322,834.439 = 4.0$$

$$\text{TIR} = 1.28 + (9 - 1.28) [(969,440.558) / (969,440.558) - (505,049.140)] = 17.6$$

Determinación del comportamiento de Pinus patula en su desarrollo inicial en vivero

A los siete meses y medio de desarrollo inicial de plántulas de *Pinus patula*, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables diámetro (DIAM), peso seco aéreo (PSA), peso seco radicular (PSR), peso seco total (PST), índice de calidad de Dickson (ICD), altura (ALT), relación parte aérea parte radicular (RPA/R) e índice de esbeltez (IE). Ver cuadro 5.

Cuadro 5

Altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de la parte aérea (PSA) y peso seco de la raíz (PSR), relación parte aérea-raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE) e índice de calidad de Dickson (ICD), en respuesta a los tratamientos para el crecimiento inicial de *Pinus patula* Schl. et Cham.

Comparación de medias								
TRATAMIENTOS	ALT (cm)	DIAM (mm)	PSA (g)	PSR (g)	PST	RPA/R	IE	ICD
T1*	20.30a	3.19a	1.08a	0.86a	1.95a	1.25a	6.35a	0.25a
T2	19.79a	3.12a	1.02a	0.82a	1.85a	1.23a	6.32a	0.24a

T1* testigo (peat moss® 33%, vermiculita 33% y agrolita 33%), T2 (cáscara de nuez 33%, vermiculita 33% y agrolita 33%). Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes.

Discusión

El presente trabajo de investigación es el primer estudio donde se realiza una evaluación económica de la cáscara de nuez como sustrato alternativo para la producción de plántulas de *Pinus patula* en vivero, de acuerdo con los valores obtenidos y aplicando los indicadores de evaluación de Muñante (2002), se puede interpretar de la siguiente manera:

$VAN = 928,798.864$ para peat moss®, quiere decir que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del 1.28% se va a obtener una utilidad neta de \$928,798.864 pesos. De acuerdo con el criterio formal de selección y evaluación a través de este indicador, el proyecto se determina como muy rentable.

Para la cáscara de nuez el $VAN = 1,035,383.275$, quiere decir que durante la vida útil del proyecto, a una tasa de actualización del 1.28%, se va a obtener una utilidad neta de 1,035,383.275 pesos. De acuerdo con el criterio formal de selección y evaluación, a través de este indicador, el proyecto se determina como muy rentable.

$B/C = 1.556$ para el peat moss®, expresa que durante la vida útil del proyecto, a una tasa de actualización del 1.28%, por cada peso invertido se obtendrá 0.556 pesos de beneficio. Como la relación es mayor que 1, cumple con el criterio de selección y evaluación, indicando que el proyecto es viable y rentable.

En el caso de la nuez el $B/C = 1.662$, expresa que durante la vida útil del proyecto, a una tasa de actualización del 1.28%, por cada peso invertido se obtendrá 0.662 pesos de beneficio. Como la relación es mayor que 1, cumple con el criterio de selección y evaluación, indicando que el proyecto es viable y rentable.

$N/K = 3.80$ para el peat moss® y 4.0 en el sustrato cáscara de nuez, indicando que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del 1.28%, por cada peso invertido inicialmente se obtendrán beneficios netos totales de 3.80 pesos en peat moss® 4.0 pesos para la cáscara de nuez. El resultado de este indicador cumple con el criterio formal de selección y evaluación de ser mayor que 1.

$TIR = 18.5$, significa que durante la vida útil del proyecto, con peat moss® se recuperará la inversión y se obtendrá una rentabilidad del 18.5%. También este indicador refleja la tasa de interés máxima que el proyecto puede soportar para ser viable. Por ser la TIR mayor que la tasa de actualización, se concluye que se debe continuar con el proyecto.

$TIR = 17.6$, significa que durante la vida útil del proyecto, con cáscara de nuez, se recuperará la inversión y se obtendrá una rentabilidad del 17.6%. También este indicador refleja la tasa de interés máxima que el proyecto puede soportar para ser viable.

Por ser la TIR mayor que la tasa de actualización seleccionada, se concluye que se debe continuar con el proyecto.

En el caso de la calidad de plántula los valores del índice de esbeltez (IE) y del índice de calidad de Dickson (ICD), resultaron similares a los de otras especies y con otros sustratos. Los valores obtenidos se pueden comparar con los obtenidos por Maldonado (2010), en la producción de *Pinus greggii* Engelm que van de 0.20 a 0.28. Mateo *et al.* (2011) en *Cedrela odorata* L., con valores que van de 0.17 a 0.30, para el índice de calidad de Dickson; pero menores a los encontrados por Reyes *et al.* (2005), el valor pro-

medio más alto del índice de calidad de Dickson (0.48), fue para la mezcla formada por 80% aserrín + 20% peat moss® y el valor más bajo (0.25) fue para la mezcla de 80% aserrín + 20% tierra de monte en la producción de *P. pseudostrobus* Var. *alpulcensis* en sustrato, con base de aserrín, en combinación con sustratos convencionales.

Para el índice de esbeltez, valores altos encontrados por Maldonado (2010) entre 7.01 y 7.71 mayores a los reportados por Reyes *et al.* (2005) entre 5.74 y 6.55. Román *et al.* (2001) en *Pinus greggii* Engelm. Var. *Australis*, con valores altos para los índices de calidad de esbeltez (entre 11.48 y 12.08) y valores bajos para el ICD entre 0.4 y 0.6, debido a la presencia de un gran crecimiento aéreo, con respecto al radical, favorecido por el exceso de nutrimentos. Cobas *et al.* (2001), con *Hibiscus elatus* Sw., utilizando como sustrato una mezcla de 20% de composta de corteza de pino + 40% humus de lombriz + 40% turba, encontraron valores de 0.1 y 0.2 para el índice de calidad de Dickson; lo que no es adecuado, ya que a mayor valor del índice, mejor calidad de planta. Barajas *et al.* (2004), con *Pinus greggii* Var. *Australis*, donde el sustrato consistió en una mezcla de suelo forestal y arena (3:1), obtuvieron valores del ICD menores de 0.5 a los diez meses de edad.

En especies de coníferas la RPA/R no debe sobrepasar dicho valor cuando la planta se destine para sitios con problemas de disponibilidad de agua (Thompson, 1985). El criterio de calidad con base en esta característica es que la parte aérea sea lo más cercano posible a la biomasa de la raíz (RPA/R=1), lo que puede garantizar una mayor supervivencia, ya que se evita que la transpiración exceda a la capacidad de absorción de agua por las raíces (May, 1984).

Conclusiones

La sustitución del sustrato peat moss® al 33% con cáscara de nuez de castilla para la producción de *Pinus patula* del vivero forestal Xaltatempa, perteneciente a la asociación “Zempoaltekitini”, en la comunidad de Zitlalcuautla del municipio de Tetela de Ocampo en el estado de Puebla, pretende fomentar beneficios económicos alternativos a la unidad de producción familiar (UPF), con tendencia al aprovechamiento de los subproductos que genera la actividad agrícola de la región, haciendo énfasis en la utilización de residuos de nuez de castilla; además de obtener un sustrato para la producción forestal, satisfacción de la demanda del mercado a nivel regional y estatal, así como la generación de autoempleo para la familia rural.

De acuerdo al análisis realizado, las principales variables que pueden ayudar a la asociación Zempoaltekitini para aumentar su rentabilidad, son los costos variables y el volumen de producción, ya que su modificación depende de forma directa de la capacidad de buscar materias primas a menor costo e incrementar su volumen a través de un mejor manejo de la producción de *Pinus patula*, utilizando sustratos alternativos que garanticen la viabilidad de la plántulas.

Los costos fijos, variables y el punto de equilibrio pueden ser logrados y superados cuando se manejen economías de escala o por el incremento en el volumen de ventas. El sustrato elaborado con residuos de nuez de castilla, al 33%, alcanza su punto de equili-

brio con 8,913 plántulas; utilizando peat moss® el punto de equilibrio es alcanzado con 11,088 plántulas, siendo más rentable la producción de *Pinus patula* al usar residuos de nuez de castilla de la región; no se recomienda depender de forma directa de él para aumentar la rentabilidad de la asociación Zempoaltekitini, pero a través de este sistema de producción se promueve la organización social y se logra el desarrollo de pequeñas empresas familiares a nivel rural.

Las plántulas desarrolladas en los tratamientos de sustratos convencionales y la cáscara de la nuez no sobrepasaron el valor de 2.5 para RPA/R; por lo anterior, las plántulas producidas en el experimento tendrán las mismas posibilidades de sobrevivir en campo.

Agradecimientos

Al vivero forestal Xaltatempa, perteneciente a la asociación “Zempoaltekitini”; por brindar las facilidades para llevar a cabo el trabajo de investigación en sus instalaciones. Al Mtro. Israel Mora Herrera, como presidente de la asociación “Zempoaltekitini”. En especial, a los encargados directos del Vivero Forestal Xaltatempa; al C. Raibel Pérez Portillo y Sr. Wulfrano Hernández Huerta, por compartir su experiencia.

Literatura citada

- Acus Consultores. (2011). *Expectativas económicas para México*. <http://www.acus.com.mx/> (Consultada el 28 de septiembre de 2011).
- Agenda de innovación tecnológica (2010). Análisis estratégico de transferencia de tecnología e innovación en las cadenas prioritarias para el estado de Puebla. Fundación Produce Puebla, A. C. Puebla, México. p: 209-214.
- Anónimo. (1999). Fichas técnicas de especies forestales estratégicas. *Pinus patula* Lamb. *Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal* 3 (8): 35-38.
- Barajas, R. J.; Aldrete, E. A.; Vargas, J. H. y López, J. U. (2004). La poda química en vivero incrementa la densidad de raíces en árboles jóvenes de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 38: 545-553.
- Beckman, C.; Bugang, W.; Liu, E. y O’Rear, J. (2008). China, Peoples Republic of Tree Nuts Annual. USDA Foreign Agricultural Service. Global Agriculture Information Network. GAIN Report Number: CH8081. 15 pp.
- Cobas, L. M.; Sotolongo, S. R.; García, C. L.; Estévez, V. L. y González, E. I. (2003). Comportamiento del crecimiento en altura de *Hibiscus elatus* Sw cultivada en contenedores. *Revista Chapingo* 9 (2): 131-135.
- CONAFOR. (2011). *Sistema de información forestal*. <http://www.conafor.gob.mx/> (Consultada el 30 de septiembre de 2011).
- Dickson, A.; Leaf, A. L. y Horsen, J. F (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *For. Chron.* 36(1): 10-13.
- Dvorak, W. S.; Horge G. R.; Kietzka, J. E.; Malan, F.; Osorio, L. F. y Stangen, T. K. (2000). *Pinus patula*. En: *Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative*. CAMCORE Cooperative, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. p: 149-173.
- Farjon, A. y Styles, T. B. (1997). *Pinus* (Pinaceae). *Flora Neotropica, monograph 75*. Organization for flora Neotropica. The New York Botanical Garden, New York, USA. 291 pp.
- Fernández, R. A. (1986). *Caracterización del vivero volante forestal localizado en la comunidad de Santiago Tutla, Oaxaca, con fines industriales*. Tesis profesional. UNAM. Cuautitlán Ixcalli, México. 159 pp.
- García, A. A. y González, M. S. (2003). *Pináceas de Durango*. Instituto de Ecología, A. C. Comisión Nacional Forestal. México. 187 pp.

- INEGI. (2000). *Síntesis geográfica del estado de Puebla*, México. Libro electrónico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 155 p.
- López, E. R. (2011). *Cáscara de nuez (Juglans regia L.) como sustrato alternativo para la producción de plántulas de Pinus patula, en vivero*. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería Agroforestal. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. México. 71 pp.
- Luna, R. M.; López, U. J. e Iglesias, L. G. (2005). Morphometric and molecular (RPPD) variability in a plantation of *Pinus patula* in Veracruz, México. *Agrociencia* 39(1): 231-235.
- Maldonado, K.R. (2010). *Sustratos alternativos para la producción de Pinus greggii* Engelm. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo Texcoco, Edo. de México. 103 p.
- Mateo, S. J.; Bonifacio, V. R.; Pérez, S. R.; Mohedano, C. L. y Capulín, G. J. (2011). Producción de *Cedrela odorata* L., en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, Vol. 7, Número 1. pp. 123-132.
- Mateo, S. J. (2002). *Potencial de aserrín como alimento para rumiantes y sustrato para plantas*. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 92 pp.
- Muñante, D. D. (2002). *Manual de formulación y evaluación de proyectos*. UACH, México. 168 pp.
- Perdomo, M. A. (2001). *Métodos y modelos básicos de planeación financiera*. Editorial PEMA, México. 318 pp.
- Perry, J. P. (1991). *The Pines of México and Central America*. Timber Press, Portland, Oregon. 231 pp.
- Ramírez, H. C.; Vargas, H. J. y López, U. J. (2005). Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta botánica mexicana* 72: 1-16.
- Reyes, R. J.; Aldrete A.; Cetina, A. V. y López, U. J. (2005). Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* Var. *Alpulsensis* en sustrato a base de aserrín. *Revista Chapingo* 11(2):105-110.
- Román, J. R.; Vargas, H. J.; Baca, C. G.; Trinidad, S. A. y Alarcón, B. M. (2001). Crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* Engelm., en respuesta a la fertilización. *Ciencia Forestal en México* 26(89): 19-43.
- Romero, A. O.; Barrios, D. M.; Macías, L. A.; Simón, B. A.; Ibáñez, M. A. y Juárez, H. F. (2009). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de hongo seta bajo condiciones de invernadero, en el municipio de Amozoc de Mota en el estado de Puebla. *Revista Mexicana de Agronegocios* 25: 34-44.
- Santiago, T. O. (2002). *Evaluación del crecimiento en vivero de plántulas de cinco especies de coníferas producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 241 p.
- Secretaría de Desarrollo Rural, Gobierno del Estado de Puebla. (2005-2011). Cadena productiva de oleaginosas, Cultivos del Estado de Puebla, México. p: 553-576.
- Thompson, B. E. (1985). Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. In: *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures and Predictive Abilities of Major Test*. M. L. Dureay. For. Res. Labor. Oregon State University. pp: 59-65.
- Toral, L. M. (1997). *Concepto de la calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1*. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER. Fundación Chile. Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 26 pp.
- Velázquez, M. A.; Ángeles, P. G.; Llanderal, O. T.; Román, J. R. y Reyes, H. V. (2004). *Monografía de Pinus patula*. Colegio de Posgraduados-Comisión Nacional Forestal. México. 124 pp.

Recibido: Marzo 15, 2012

Aceptado: Marzo 16, 2013

Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca

Influence of age cut Purple grass (*Pennisetum purpureum*) in production and *in vitro* digestibility dry matter

Madera, N. B.;^{1*} Ortiz, B.;¹ Bacab, H. M.² y Magaña, H.¹

¹Instituto Tecnológico de Conkal
Antigua Carretera Mérida-Motul, km 16.3
Conkal, Yucatán; México (C. P. 97345).

²Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad Autónoma de Yucatán
Carretera Mérida-Xmatkuil, km 15.5
Mérida, Yucatán; México (C.P. 97100).

*Correspondencia: normaderasolis@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se evaluaron diferentes edades de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*), para conocer su influencia en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). El estudio se realizó de diciembre de 2008 a junio de 2009, considerando desde el establecimiento hasta la evaluación de los tratamientos (edades de corte de 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días), distribuidos en un diseño de bloques completos al azar y cuatro repeticiones. Se encontró diferencia ($P \leq 0.001$) entre las edades de corte en todas las variables evaluadas, excepto para el número de hijuelos ($P > 0.05$). Se observó que con el aumento de la edad de corte, se incrementa la altura y circunferencia de la cepa, largo y ancho de la hoja, diámetro basal del entrenudo y producción de forraje. En la relación hoja/tallo se encontró una disminución, al aumentar la edad de corte ($P \leq 0.001$). A medida que se incrementa la edad de corte, la DIVMS disminuye linealmente, obteniéndose R^2 de 90.63, 94.95, 93.65 y ecuaciones de regresión: $Y = 74.5933$

Abstract

In this paper we evaluated different cutting ages of the purple grass (*Pennisetum purpureum*), to understand its influence on production and *in vitro* digestibility of the dry matter (IVDMD). The study was conducted in December/2008 - June/2009. Cutting ages were 45, 60, 75, 90, 105 and 120 days, distributed in a complete random block design and four replications. A difference ($P \leq 0.001$) was found between the cutting ages in all variables except for the number of shoots ($P > 0.05$). It was noted that when the cutting was done at an older age, the strain height, circumference, leaf length and width, internode basal diameter and forage production increased. Also, there was a decrease in the leaf/stem ratio ($P \leq 0.001$). As the cutting age increases, IVDMD decreases lineally. The R^2 was 90.63, 94.95, 93.65 and regression equations: $Y = 74.5933 - 0.221313x$, $Y = 80,399 - 0.413524x$, $Y = 74.3048 - 0.292381x$ for leaf, stem and the whole plant, respectively. We conclude that when the cutting is done between 75-90

- 0.221313x, Y = 80.399 - 0.413524x, Y = 74.3048 - 0.292381x para hoja, tallo y planta completa, respectivamente. Se concluye que con el corte entre los 75-90 días, el pasto morado logra cepas de mayor altura y circunferencia, con hojas superiores en diámetro y longitud; a la vez que incrementa la producción de biomasa. A diferencia de la relación hoja/tallo y la DIVMS, que disminuyen conforme se incrementa la edad de corte.

Palabras clave

Trópico, altura y circunferencia de la cepa, número de hijuelos, relación hoja/tallo.

days, the Purple grass achieves greater height and girth strains, with superior leaf diameter and length and greater biomass production. Unlike the leaf/stem ratio and IVDMD, which decrease as the cutting age increases.

Keywords

Tropical regions, strain height and circumference, number of shoots, leaf/stem ratio.

Introducción

En las regiones tropicales, la ganadería constituye un importante sustento de numerosas familias, además de contribuir en la oferta de productos cárnicos y lácticos (Gallardo *et al.*, 2006); sin embargo, la disponibilidad y digestibilidad de los pastos (sobre todo en la época de sequía), son algunas de las principales limitantes que inciden negativamente en la productividad animal (Dávila y Urbano, 2005; Peruchena, 2005). Para hacer frente a esta preocupación, los ganaderos recurren a la compra de alimentos concentrados, lo que incrementa los costos de producción (Solario y Solario, 2002; Alavalapati *et al.*, 2004).

La introducción de materiales forrajeros de calidad y producción estable de biomasa, durante todo el año, conforma una alternativa importante en diversas regiones tropicales (Bernal, 1991; Mármol *et al.*, 2007; Martínez *et al.*, 2009). En México, en los últimos años, se han introducido especies forrajeras con alto potencial para ser usados en sistemas de corte y pastoreo; dentro de ellos, destacan algunos materiales obtenidos, producto del mejoramiento biotecnológico del *Pennisetum purpureum* (morado, CT-115, CT-169 y OM-22), los cuales se han adaptado a las condiciones del trópico mexicano (Ortiz *et al.*, 2010).

Dentro de los materiales genéticos del *P. purpureum*, el pasto morado es un genotipo de gran potencial; ello, debido a su alto rendimiento y elevada calidad, obtenido por selección de una progenie autopolinizada del pasto Merkeron, híbrido seleccionado del cruce de pasto elefante enano × pasto elefante alto (Chaparro y Sollemlberger, 1997; Herrera y Martínez, 2006).

En el estado de Yucatán, el pasto morado (*P. purpureum*) representa una alternativa para los ganaderos de la región, por su elevada adaptabilidad a suelos moderadamente drenados, de fertilidad media a alta y su tolerancia a la sequía (Ortiz *et al.*, 2010). Sin embargo, un aspecto a considerar para que cualquier pasto exprese su máximo potencial productivo, es el manejo; dentro del cual destaca la edad de corte, pues constituye una

variable que determina en el rendimiento y calidad del forraje obtenido (Clavero *et al.*, 1994; Ramírez *et al.*, 2010).

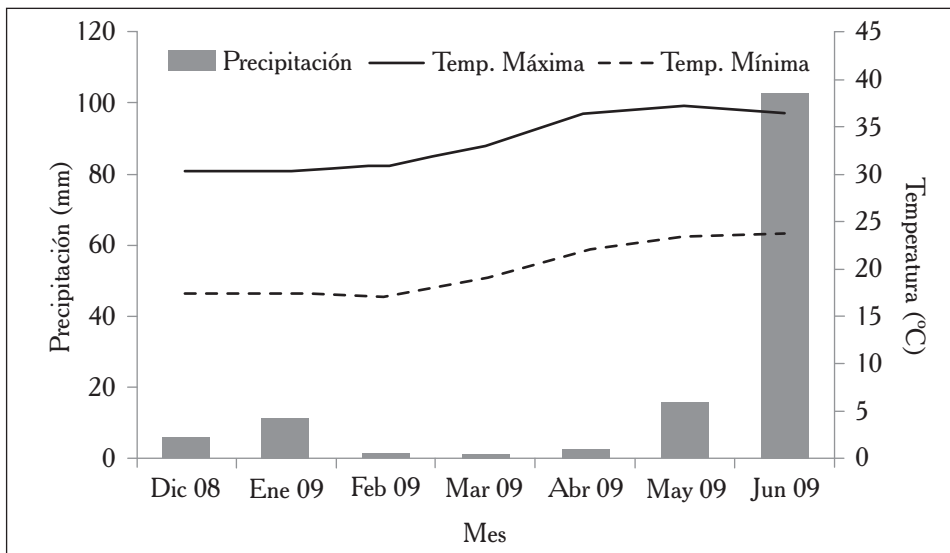
En la actualidad, pocos son los estudios del pasto morado (*P. purpureum*), que muestran la edad en que se alcanza la mayor producción y aprovechamiento de la biomasa. Por ello, el objetivo del presente trabajo, fue evaluar el efecto de diferentes edades de corte (45, 60, 75, 90, 105 y 120 días), en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del forraje producido.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo se realizó en el rancho “María del Carmen”, ubicado en el municipio de Mocoohá, localizado en la región Centro-Norte del estado de Yucatán, México; comprendido entre los paralelos 21° 05’ y 21° 10’ de Latitud Norte y los meridianos 89° 27’ y 89° 30’ de Longitud Oeste, altura media 9 msnm. Clima cálido subhúmedo, con precipitación y temperatura de 26.1°C y 800 mm, respectivamente (figura 1). Suelo tipo Litosol, según la FAO/UNESCO (Bojórquez, 2005). El periodo de montaje (siembra, establecimiento) y evaluación del material cosechado, comprendió de diciembre de 2008 a junio de 2009.

Figura 1
Precipitación y temperatura medias acumuladas, durante el periodo de evaluación, en el municipio de Mocoohá, Yucatán.



Siembra y manejo

La limpieza y preparación del área (160 m²) para la siembra fue manual, eliminándose todo tipo de maleza. Posteriormente, se realizaron surcos de 10 cm de profundidad y ancho, respectivamente. La siembra se realizó el 15 de diciembre de 2008, empleándose como material vegetativo varetas con dos nudos e igual número de yemas, las que fueron colocadas en forma horizontal, y marco de plantación 0.5 m x 1 m entre planta y surco, respectivamente (densidad 20,000 plantas ha⁻¹); profundidad de siembra de 5 cm, y con una orientación Este-Oeste, a manera de lograr una mejor captación de luz solar.

Como fuente de fertilización se empleó 0.5 kg de abono orgánico (ovinaza) equivalente a 7.5 g de nitrógeno (N) por vareta, el cual se aplicó una semana después de la siembra del material vegetativo, mezclándolo con el suelo que se encontraba en los alrededores de la vareta. Se aplicó riego por aspersión, con una duración de 45 min., y frecuencias de aplicación cada dos días.

Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por cuatro cepas (macollos); teniéndose, entonces, un total de 16 cepas por tratamiento, a las que se aplicó —durante el periodo total de evaluación— seis edades de corte (45, 60, 75, 90, 105 y 120 días). A los tres meses después de sembrada, y a una altura de cinco cm del suelo, se realizó el corte de establecimiento.

Variables evaluadas

Altura y circunferencia de la cepa. La altura se determinó desde la base del tallo hasta el último ápice meristemático: en el caso de la circunferencia, se midió al nivel del suelo. Para la toma de mediciones, se utilizó una cinta métrica.

Largo y ancho de la hoja. Se seleccionaron al azar cinco hijuelos por unidad experimental. El largo se determinó desde la inserción del limbo con la vaina hasta el ápice terminal, con ayuda de una cinta métrica. En el caso del ancho, la medición se realizó con un vernier manual en la parte central de la hoja.

Diámetro basal del entrenudo y número de hijuelos. Para el diámetro se tomaron al azar cinco hijuelos por parcela experimental. Para la medición se utilizó el vernier, colocándolo a 20 cm sobre el nivel del suelo. En el caso del número de hijuelos por cepa, éste se cuantificó por observación directa.

Producción y relación hoja/tallo del pasto. Se cortaron las cepas a una altura de cinco cm sobre el nivel del suelo, y lo obtenido se pesó en una báscula tipo reloj para determinar su peso en fresco. Posteriormente, se tomó una submuestra de aproximadamente 500 g, de la cual se separaron las hojas de los tallos; cada muestra se depositó en bolsas previamente etiquetadas para determinar su peso en fresco, con ayuda de una balanza digital; luego, las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h, hasta obtener un peso constante y determinar el peso seco. Con estos datos, se obtuvo el porcentaje de materia seca (MS), utilizados para obtener la produc-

ción del pasto (g MS planta⁻¹). La relación hoja/tallo del pasto se determinó con los datos del peso seco de cada componente por separado, dividiendo la hoja entre el tallo.

Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Para determinarlo, se tomó una submuestra (hoja, tallo y planta completa) por parcela experimental, de aproximadamente 500 g cada una. Se depositaron en bolsas previamente etiquetadas, y se secaron en estufa de aire forzado a 60°C por 48 h; posteriormente, se molieron en un molino marca Siemens®, con criba de 1 mm. Las muestras obtenidas se almacenaron en frascos de cristal, a temperatura ambiente, para su conservación y posterior análisis. La DIVMS se determinó por el método de Tilley y Terry (1963).

Análisis de datos

Se realizó análisis de varianza (ANOVA), y en caso necesario se aplicó prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). En el número de hijuelos, los datos originales fueron transformados mediante la función: \sqrt{x} , mientras que para DIVMS, se realizaron análisis de regresión. La totalidad de los datos se procesaron a través del programa Statgraphics para Windows 5.1.

Resultados

En el cuadro 1 se presentan los resultados de las características morfológicas del pasto morado (*P. purpureum*) en seis edades de corte. Los resultados indican un incremento en la altura de la cepa ($P \leq 0.001$) con la edad de corte, siendo a los 120, 105 y 90 días, donde se alcanzan los valores más altos, con 203.75, 200.75 y 188.25 cm, respectivamente.

Para la circunferencia de la cepa, el comportamiento fue similar ($P \leq 0.001$) a lo largo con la altura, con valores más altos, de 108.00 y 86.75 cm, sólo en la edad de 120 y 105 días.

La edad también tuvo efecto ($P \leq 0.001$) en el largo y ancho de la hoja del pasto morado, obteniéndose a los 120, 105 y 90 días, valores de 115.50, 113.75 y 102.00 cm y 5.38, 5.10 y 5.15 cm para el largo y ancho, respectivamente.

De igual manera, se encontraron diferencias ($P \leq 0.001$) en el diámetro basal del entrenudo, con valores entre 1.70-2.38 cm a la edad de 120 y 105 días. Contrario a lo ocurrido en el número de hijuelos, donde no se obtuvo diferencia ($P > 0.05$).

Cuadro 1
Efecto de seis edades de corte en las características morfológicas del pasto morado (*Pennisetum purpureum*).

Edad de corte (días)	Altura de la cepa (cm)	Circunferencia de la cepa (cm)	Largo de la hoja (cm)	Ancho de la hoja (cm)	Diámetro basal del entrenudo (cm)	Número de hijuelos [†]
45	74.75 ± 1.44 ^c	57.00 ± 5.87 ^c	60.00 ± 6.04 ^b	2.63 ± 0.14 ^b	1.70 ± 0.07 ^b	4.20 ± 0.31 (18.00) ^a
60	87.50 ± 3.18 ^c	62.00 ± 6.61 ^{bc}	62.50 ± 4.52 ^b	2.80 ± 0.20 ^b	1.78 ± 0.17 ^b	5.71 ± 0.33 (32.25) ^a
75	156.75 ± 4.64 ^b	66.25 ± 8.07 ^{bc}	73.25 ± 2.17 ^b	3.13 ± 0.17 ^b	1.95 ± 0.05 ^b	5.11 ± 0.48 (26.50) ^a
90	188.25 ± 2.78 ^a	79.50 ± 5.63 ^{bc}	102.00 ± 2.35 ^a	5.15 ± 0.12 ^a	1.98 ± 0.09 ^{ab}	4.70 ± 0.60 (22.75) ^a
105	200.75 ± 3.50 ^a	86.75 ± 4.66 ^{ab}	113.75 ± 5.36 ^a	5.10 ± 0.06 ^a	2.38 ± 0.08 ^a	4.30 ± 0.39 (19.25) ^a
120	203.75 ± 6.17 ^a	108.00 ± 4.85 ^a	115.50 ± 8.29 ^a	5.38 ± 0.13 ^a	2.38 ± 0.06 ^a	4.52 ± 0.56 (21.25) ^a
P	***	***	***	***	***	NS

^{abc} Medias ± Error Estándar con la misma literal dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

NS No significativo ($P > 0.05$). *** Altamente significativo ($P \leq 0.001$).

[†]Datos transformados según $\sqrt{\text{rt}(x)}$.

() Valores reales.

La producción de forraje del pasto morado se incrementó conforme a la edad de corte, encontrándose el máximo valor a los 120 días ($P \leq 0.001$). De igual manera, las edades de corte evaluadas influyeron en la relación hoja/tallo del pasto morado ($P \leq 0.001$). Los resultados indican que al reducir la edad de corte se obtiene menor relación hoja/tallo, presentándose altos valores a los 45 y 60 días (cuadro 2).

Cuadro 2
Producción de forraje y relación hoja/tallo del pasto morado sometido a diferentes edades de corte.

Edad de corte (días)	Producción (g MS planta ⁻¹) †	Relación hoja/tallo
45	115.59 ± 10.02 ^e	1.24 ± 0.04 ^a
60	167.71 ± 9.14 ^{de}	1.19 ± 0.05 ^a
75	263.67 ± 21.31 ^d	0.86 ± 0.06 ^b
90	438.10 ± 25.31 ^c	0.55 ± 0.03 ^c
105	645.79 ± 34.05 ^b	0.48 ± 0.03 ^c
120	818.88 ± 31.35 ^a	0.39 ± 0.03 ^c
P	***	***

^{abcde} Medias ± Error Estándar con la misma literal dentro de columnas, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

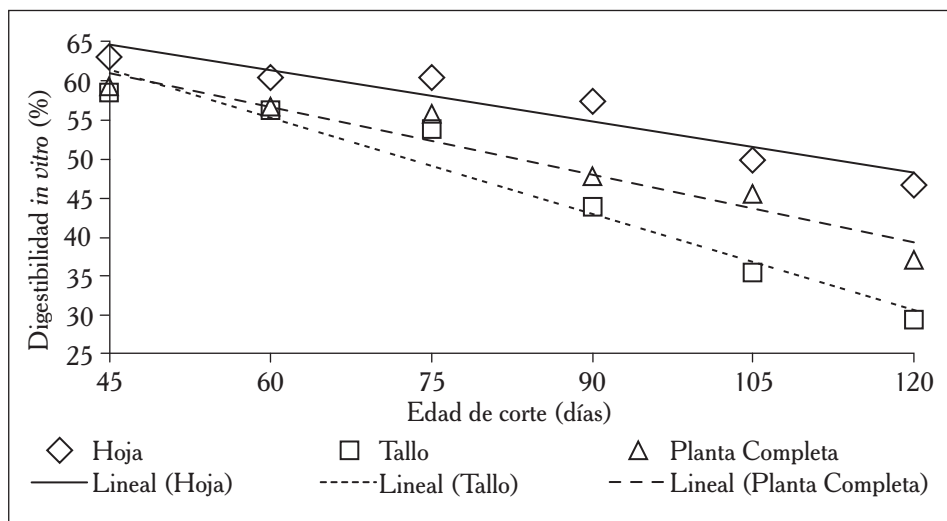
*** Altamente significativo ($P \leq 0.001$).

† Se consideraron hojas y tallos.

Con respecto al comportamiento de la DIVMS del pasto morado con relación a la edad de corte, según describe sus ecuaciones, los resultados muestran que existe relación estrecha, pero lineal y negativa entre ambas variables; o sea que con el incremento de la edad de corte, se produce una disminución de la DIVMS de la planta, obteniéndose ecuaciones de regresión: $Y = 74.5933 - 0.221313x$, $Y = 80.399 - 0.413524x$, $Y = 74.3048 - 0.292381x$ para hoja, tallo y planta completa, respectivamente (figura 2).

Figura 2

Comportamiento de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de hoja, tallo y planta completa del pasto morado a diferentes edades de corte.



Discusión

Con relación a las características morfológicas del pasto morado por efecto de la edad de corte, los resultados obtenidos pueden ser atribuidos a que, a medida que crece la planta en función de la edad, aumenta proporcionalmente el índice de área foliar; y, por ende, la síntesis de tejidos de reserva o sostén, incrementándose, por lo tanto, algunas características morfológicas de importancia (Manrique *et al.*, 1996).

En este estudio, la mayor altura de la cepa, diámetro basal del entrenudo, largo y ancho de la hoja se alcanzó a los 120 días de edad; los datos obtenidos estuvieron en los rangos señalados por Patiño (2006), quien menciona que el pasto elefante morado es una especie perenne de porte alto, crece en macollos, los tallos presentan una altura que varía de 2-3 m y diámetro del entrenudo de 2-4 cm. Las hojas tienen de 30-70 cm de largo y de 2-3 cm de ancho; aunque pudiesen encontrarse plantas que alcancen valores superiores en altura, longitud y ancho de las hojas. Los resultados logrados en este estudio superan los enunciados por el autor.

El incremento de la producción del forraje, con la edad, se puede deber a un aumento en la tasa fotosintética como resultado de la presencia de mayor área foliar; al respecto, Hernández y Guenni (2008) mencionan que las pasturas tropicales tienen mayor capacidad de aprovechar la radiación solar; ante esto, alcanzan su máxima producción con la presencia de mayor área foliar, lo que permite la intercepción de niveles altos de intensidad lumínica. De igual manera, el pasto morado se caracteriza por la elevada capacidad de convertir la energía luminosa en biomasa y su plasticidad ecológica

(Ortiz *et al.*, 2010). Estos atributos lo convierten en una especie con capacidad de producir alta cantidad de forraje.

Otro aspecto de importancia que influye en la producción, acorde con el aumento de la edad, es el envejecimiento de las hojas, conforme con el incremento de la fibra, elongación y diámetro de los tallos (Fajemilehin *et al.*, 2008; Verdecia *et al.*, 2009). Al respecto de ello, en el presente trabajo se encontró mayor producción conforme se incrementa la edad de corte, lo cual concuerda con lo reportado por los autores citados anteriormente.

El incremento de la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes estructurales de los pastos. Sin embargo, el corte a edades tempranas provoca efectos negativos en la planta, ya que la remoción continua del área foliar reduce el contenido de reservas en las partes bajas de los tallos y raíces, con una afectación en el rebrote y crecimiento vigoroso después del corte (Moreira *et al.*, 2004; Pirela, 2005). Lo mencionado anteriormente afecta la producción de forraje, obteniéndose bajos rendimientos al realizar el corte a edades tempranas, tal y como se observó en este estudio, presentándose resultados similares a los encontrados por González *et al.* (2011), quienes trabajaron con dos cultivares de *P. purpureum* (verde y morado).

La edad de corte temprana (45 días) o tardía (120 días) no proporciona adecuados resultados, debido al deterioro que se produce en el área forrajera. Las edades de corte fijas, durante todo el año, tampoco ofrecen buenos resultados; y se sugiere, en general, que durante el periodo seco los cortes no se efectúen con una edad de rebrote mayor de 90 días, mientras que en el periodo lluvioso ésta no debe ser menor de 60 días (Herrera y Ramos, 2006).

Herrera y Ramos (2006) al evaluar el pasto King grass con tres dosis de nitrógeno (0, 200 y 400 kg ha⁻¹ año⁻¹) y tres edades de corte (45, 60 y 80 días) en un suelo ferralítico rojo, encontraron interacción significativa entre los tratamientos para el rendimiento de materia seca en el primer año. Los mejores resultados se obtuvieron cuando el pasto es cortado a los 80 días, fertilizado con 400 kg N ha⁻¹ año⁻¹. Estos resultados no concuerdan con lo obtenido en este estudio, tomando en consideración que la mayor producción de materia seca se obtuvo al realizar el corte a los 120 días con la aplicación de 7.5 g N planta⁻¹, equivalente a 150 kg N ha⁻¹.

La presencia de mayor relación hoja/tallo del pasto morado durante edades tempranas se puede deber a que la planta en esa etapa tiene la necesidad de crear sustancias necesarias para su desarrollo, con lo cual se contribuye a la mayor cantidad de hojas y menos proporciones de tallos. Contrario a ello, a edades avanzadas, se produce una disminución de la proporción de hoja con respecto al tallo, debido a un incremento en la longitud de los tallos y su grosor, así como al envejecimiento de las hojas (Dean y Clavero, 1992; Verdecia *et al.*, 2009). Lo mencionado anteriormente concuerda con lo obtenido en el presente estudio, al encontrarse una reducción de la relación hoja/tallo conforme se incrementa la edad de corte.

Al respecto, Febles y Herrera (2006) y Hertentains *et al.* (2009) mencionan que *P. purpureum* produce elevados rendimientos de MS, del cual el 32% corresponde a las hojas. La MS de la planta llega a 20%; mientras que la de las hojas y

los tallos puede ser mayor o menor en dependencia del desarrollo de la planta y las prácticas de manejo.

Araya y Boschini (2005) plantean que, en general, los cultivares de *P. purpureum* presentan mayor relación de hoja/tallo conforme avanza la edad; sin embargo, este crecimiento no es proporcional debido a que la producción de material en forma de tallo supera a la producción de hoja; con lo cual se obtiene, entonces, una relación hoja/tallo menor, conforme avanza la edad del pasto, lo cual concuerda con los resultados encontrados en pasto morado en este estudio.

Rosthoj y Branda (2001) recomiendan el corte del pasto *P. purpureum* a los 90-120 días de edad, considerando como mejor opción a los 90 días, con el fin de aprovechar al máximo la producción de hoja y el contenido nutricional del forraje. En el caso de los resultados obtenidos con pasto morado a los 75-90 días se obtiene una alta producción; sin embargo, se produce una disminución de la proporción de hoja.

Con respecto a la disminución de la DIVMS, con la edad, se puede relacionar con el aumento de la concentración de los componentes de la pared celular, a medida que avanza la edad del rebrote (Capanema *et al.*, 2005).

Los estudios realizados por Valenciaga *et al.* (2009) con *P. purpureum* vc. Cuba CT-115, corrobora la marcada influencia de la edad en la DIVMS, encontrándose una disminución en los valores de 67.90% al 59.33% de digestibilidad, a los 28 y 140 días de edad, respectivamente.

Conclusiones

A la edad de corte entre los 75-90 días, el pasto morado (*P. purpureum*), logra cepas de mayor altura y circunferencia, con hojas superiores en diámetro y longitud; a la vez que incrementa la producción de biomasa. A diferencia de la relación hoja/tallo y la DIVMS, que disminuyen conforme se incrementa la edad de corte.

Literatura citada

- Alavalapati, R. R.; Shrestha, R. K.; Stainback, G. A. y Matta, J. R. (2004). Agroforestry development: An environmental economic perspective. *Agroforest. Syst.* 61: 299-310.
- 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. *Agro. Meso.* 16: 37-43.
- Bernal, J. E. (1991). *Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo.* Unidad de divulgación y prensa. Banco ganadero. 2ª Edición. Bogotá, Colombia. 544 pp.
- Bojórquez, R. F. (2005). *Diagnóstico municipal de desarrollo municipal sustentable del municipio de Mochochá.* SAGARPA-Gobierno del estado de Yucatán (Secretaría de Desarrollo Rural y Pesca). México. 28 pp.
- Capanema, E. A.; Balakshin, M. Y. y Dadla, J. F. (2005). A comprehensive approach for quantitative lignin characterization by NMR spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 52:1850-1860.
- Chaparro, C. y Sollemlberger, L. (1997). Nutritive value of clipped mott elephant grass herbage. *Agron. J.* 89:789-794.
- Clavero, T.; Ferrer, O. y Pérez, J. (1994). Contenido mineral del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott.) bajo diferentes condiciones de defoliación. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 11: 355-364.
- Dávila, C. y Urbano, D. (2005). Uso de pastos de corte en los sistemas intensivos. En: González, C. y Soto, E. (Eds.). *Manual de ganadería doble propósito.* Editorial Astro Data. Maracaibo, Venezuela. p. 193-198.

- Dean, D. y Clavero, T. (1992). Características de crecimiento del pasto elefante. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 9:25-34.
- Fajemilehin, O. K.; Babayemi, O. J. y Fagbuaro, S. S. (2008). Effect of anhydrous magnesium sulphate fertilizer and cutting frequency on yield and chemical composition of *Panicum maximum*. *African Journal of Biotechnology*. (AJB) 7: 907-911.
- Febles, G. J. y Herrera, R. S. (2006). *Introducción y características botánicas de Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. En: Herrera, R. S.; Febles, G. y Crespo, G. (Editores). *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. Cuba. pp. 1-14.
- Gallardo, J. L.; Luna, M. E. y Albarrán, D. M. (2006). *Situación actual y perspectivas de la producción de carne de bovino en México*. Coordinación General de Ganadería. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 45 pp.
- González, I.; Betancourt, M.; Fuenmayor, A. y Lugo, M. (2011). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Trop.* 29: 103-112.
- Hernández, M. y Guenni, O. (2008). Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (*Samanea saman* (Jacq) Merr). *Zootecnia Trop.* 26: 439-453.
- Herrera, R. S. y Martínez, R. O. (2006). *Mejoramiento genético por vías no clásicas*. En: Herrera, R. S.; Febles, G. y Crespo, G. (Editores). *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. pp. 15-38.
- Herrera, R. S. y Ramos, N. (2006). *Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad*. En: Herrera, R. S.; Febles, G. y Crespo, G. (Editores). *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. pp. 79-126.
- Hertentains, L. A.; Troetsch, S. O. y Santamaría, E. (2009). *Manejo y utilización de cultivares Pennisetum purpureum en fincas lecheras de las tierras altas de Chiriquí*. Centro de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 4 pp.
- Ibarra, G. y León, J. (2001). Comportamiento bajo corte de dos variedades de *Pennisetum purpureum*: Taiwán 801-4 y Taiwán 144 en condiciones de secado. *Producción Animal*. 13:31.
- Manrique, U.; Carrillo, V.; Vásquez, D.; Rodríguez, M. y Rivas, E. (1996). Efecto de la fertilización nitrogenada, edad y época de corte sobre el rendimiento de materia seca de *Andropogon gayanus*. *Zootecnia Trop.* 14: 149-166.
- Mármol, F. J.; González, B. y Chirinos, Z. (2007). *Producción forrajera de cuatro germoplasmas de Pennisetum purpureum en sistemas intensivos bajo corte*. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía, Maracaibo, Venezuela. 3 pp.
- Márquez, F.; Sánchez, J.; Urbano, D. y Dávila, C. (2007). Evaluación de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Trop.* 25: 253-259.
- 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 de la ACPA*. 2: 44.
- Moreira, F. B.; Prado, I. N.; Cecato, U.; Wada, F. y Mizubuti, I. (2004). Forage evaluation, chemical composition, and *in vitro* digestibility of continuously grazed star grass. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113: 239-249.
- Ortiz, R. B.; Sosa, R. E. y Zavaleta, C. (2010). *Manual del pasto morado*. Follero Técnico No. 1. Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A. C. Instituto Tecnológico de Conkal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Chetumal, Quintana Roo. México. 12 pp.
- Patiño, A. A. (2006). *Caracterización de producción de forrajes tropicales para alimentación de conejos*. Universidad de Quindío, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Tecnología Agropecuaria. Quimbaya-Quindío. 26 pp.
- Peruchena, C. O. (2005). *Alimentación de vacunos en sistemas pastoriles*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 13 pp.
- Pirela, M. F. (2005). Valor nutritivo de los pastos tropicales. *Manual de ganadería doble propósito*. 6: 176-182.

- Ramírez, R. O.; Hernández, G. A.; Carneiro da Silva, S.; Pérez, P. J.; Jacaúna de Souza, J. S.; Castro, R. R. y Enríquez, J. F. (2010). Características morfogenéticas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 12: 303-311.
- Rosthoj, S. y Branda, L. (2001). Determinación de los nutrientes digestibles totales en ovinos a partir del *Pennisetum purpureum* y variedades. *Ciencia y Tecnología.* 1: 83-90.
- Solorio, F. J. y Solorio, S. B. (2002). Integrating fodder trees in to animal production system in the tropics. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 1: 1-11.
- Tilley, J. M. y Terry, R. A. (1963). A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18: 104-111.
- Valenciaga, D.; Chongo, B.; Herrera, R. S.; Torres, V.; Oramas, A. y Herrera, M. (2009). Efecto de la edad de rebrote en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA-CT 115. *Rev. Cuba. Cienc. Agric.* 43: 81-84.
- Verdecia, D. M.; Ramírez, J. L.; Leonard, I. y García, F. (2009). Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (c.v. Mombaza y Uganda) en la provincia Granma. *Rev. Electrón. Vet.* 10:1.

Recibido: Septiembre 08, 2012

Aceptado: Marzo 11, 2013

Acción patogénica de *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) sobre el caracol manzana (*Pomacea canaliculata* Lamarck), plaga de los cultivos de arroz (*Oryza sativa*) en la cuenca baja del río Daule, Guayas, Ecuador♦

Pathogenic action of *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) on apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck), pest of rice (*Oryza sativa*) in the lower river basin Daule, Guayas, Ecuador

Salcedo, G. A.

Instituto Tecnológico Agropecuario de Vinces
Universidad de Guayaquil
Guayaquil, Ecuador.

*Correspondencia: albersalcedo@yahoo.com

♦Nota técnica

Resumen

Los cultivos de arroz en la cuenca baja del río Daule, Ecuador, son afectados por el caracol manzana. La pérdida estimada es de 40 al 60% de la producción/ha. El agricultor, para evitar pérdidas considerables, aplica agroquímicos en dosis elevadas, desequilibrando la fauna y microfauna nativa, agravando el problema. Razón por la cual, se evaluó la patogenicidad de *H. bacteriophora* sobre el caracol manzana, con tres dosis; mediante un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados muestran el 100% de mortalidad por septicemia a las 96 horas de la inoculación, con relación al testigo.

Palabras clave

Control biológico, agroquímicos, microfauna nativa.

Abstract

The apple snail is affecting rice crops in the lower Daule river basin, Ecuador. There is an estimated production loss of 40 to 60%. To avoid substantial losses the farmers applied agrochemicals in high doses, therefore unbalancing native fauna and micro fauna, and aggravating the problem. The pathogenicity of *H. bacteriophora* on apple snails was evaluated using a completely randomized design (DCA) with four treatments and five repetitions, the results show 100% mortality from sepsis at 96 hours after inoculation, in comparison with the control group.

Keywords

Biological control, agrochemicals, native microfauna.

En Ecuador existen 410 mil hectáreas de cultivos de arroz; de esa extensión, 200 mil están afectadas por la presencia del caracol manzana (*P. canaliculata*); este molusco, convertido en plaga, se sitúa en parcelas de riego tecnificado en un 70, 20 y 10% en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí, respectivamente. El objetivo de este trabajo fue verificar la acción patogénica del nematodo *H. bacteriophora* sobre caracol manzana (*P. canaliculata*) para reducir su población a umbrales permisibles.

El hábito alimenticio y el manejo inadecuado de los cultivos de arroz (*Oriza sativa*) convirtieron a este molusco en plaga. Su naturaleza anfibia le permite tolerar aguas con bajo contenido de oxígeno y soportar el hacinamiento, son prolíficos y se reproducen todo el año, soportan un amplio rango de condiciones ambientales (Asian y Olguín, 1995); su crecimiento es rápido y pueden alcanzar un tamaño de hasta 145 mm. Presenta una alta tasa reproductiva complementada con una baja mortalidad (Lum-Kong y Kenny, 1989). Puede permanecer largos periodos fuera del agua por su relación bronquio-tráquea (Burky, 1972); el manejo y cultivo adecuado de este molusco, en parcelas sin contaminación, podría ser utilizado como alimento humano (Lum-Kong y Kenny, 1989).

Entre los organismos utilizados en el control biológico de plagas agrícolas, se encuentran los nematodos entomopatógenos (NEPs), pertenecientes a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae. Estos nematodos son parásitos obligados de insectos y establecen una simbiosis con bacterias de la familia Enterobacteriaceae, presentes en su tracto intestinal. Así, Steinernematidae se asocia con bacterias del género *Xenorhabdus* y Heterorhabditidae, con bacterias del género *Photorhabdus* (Goodrich-Blair y Clarke, 2007). El tercer estadio juvenil infectivo del nematodo (J13) encuentra un insecto susceptible, lo penetra e invade, dirigiéndose hacia el hemocele a través de áreas delgadas de la cutícula. Posteriormente, libera las bacterias simbiotas que matan al insecto hospedero en 48 horas por septicemia, proporcionando nutrimentos adecuados para el crecimiento y desarrollo del nematodo, así como produciendo antibióticos que evitan que otros microorganismos colonicen el cadáver.

Los nematodos se reproducen dentro de la larva y los juveniles infectivos migran al suelo en busca de otros hospederos (Goodrich-Blair y Clarke, 2007). *H. bacteriophora* constituye una buena opción para el control de insectos plagas, ya que controla un amplio rango de hospederos, posee alta capacidad de búsqueda e intensa virulencia; podrían ser producidos comercialmente y aplicarlos por métodos convencionales, son compatibles con plaguicidas químicos y biológicos, persisten en el ambiente sin contaminarlo, no afectan plantas y vertebrados (Koppenhöfer y Fuzy, 2008; Stock, 2008).

Se han realizado numerosas investigaciones relacionadas a su aplicación para el control de plagas de importancia económica, como larvas rizófagas de coleópteros (*Coleoptera: Scarabaeidae*) (McGraw y Koppenhöfer, 2008).

Sobre la patogenicidad de los insectos fitófagos del nematodo *H. bacteriophora*, se han realizado estudios sobre larvas (*Cosmopolites sordidus* Germar) con resultados positivos de 100% de mortalidad, a las 96 horas después de la aplicación del nematodo (Medina *et al.*, 2011).

Esta investigación se realizó en una finca arrocera ubicada en el cantón Palestina, de la Provincia del Guayas. El nematodo se obtuvo del pie de cría del laboratorio de nematodos entomopatógenos del Instituto Tecnológico Agropecuario de Vinces, de la Universidad de Guayaquil.

Para la realización del ensayo, los nematodos se cultivaron en el último estadio de *Galleria mellonella* (L), este insecto es usado universalmente porque tiene un sistema inmunológico deprimido que lo hace promisorio para esta multiplicación masiva; además, se escogió esta larva porque en ensayos experimentales se han obtenido producciones de 300,000 nematodos por larva. Los juveniles emergentes se cosecharon de los 10 a 14 días después de la inoculación. Los caracoles fueron recolectados del cultivo de arroz; luego, fueron lavados con agua destilada estéril y depositados en un recipiente plástico e inoculados con una solución con el nematodo.

Se evaluaron concentraciones de 0, 82,500, 120,000 y 160,000 nematodos por 10 caracoles, utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos replicándolo cinco veces; y la unidad experimental consistió en 10 caracoles.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de mortalidad, tiempo de mortalidad y multiplicación en caracoles. El coeficiente de variación fue de 5.61%. La concentración 160,000 nematodos en 10 caracoles fue la que presentó el 100% de caracoles muertos a las 96 horas; seguido de las dosis de 120,000 y 82,500 nematodos con promedios de 92.20 y 82.20% de caracoles muertos (cuadro 1).

Cuadro 1
Comparación de medias de porcentaje de mortalidad de caracoles a las 96 horas después de la inoculación de nematodos.

Tratamientos (Concentraciones) nematodos	Mortalidad (%)
0	0.00 c *
82,500	82.20 b
120,000	92.20 a
160,000	100.00 a

*Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente Tukey al 5%.

A las 72 horas comienzan a morir los caracoles y a las 96 horas se produce la mortalidad en un cien por ciento.

Los nematodos, en todas las dosis evaluadas, se reprodujeron en el interior de los caracoles y comenzaron a emerger a los cinco días.

Literatura citada

- Asian, A. y Olguín, C. (1995). Evaluation of water spinach (*Ipomoea aquatica*) as feed for apple snail (*Pomacea patula*). *World Aquaculture* 95, *Book of Abstracts*. pp. 51-52.
- Burky, A. J. (1972). Organic content of eggs and juveniles of an amphibious snail, *Pomacea urceus* (Müller), from the Venezuelan Savannah and their ecological significance. *Mollusk Seminar, Ann Arbor*, Cleveland, Ohio, U. S. A. pp. 59.
- Goodrich-Blair, H. y Clarke, D. J. (2007). Mutualism and pathogenesis in *Xenorhabdus* and *Photorhabdus*: two roads to the same destination. *Molecular Microbiology*, 64:260-268.
- Koppenhöfer, A. M. y Fuzy, E. M. (2008). Effect of the anthranilic diamide insecticide, chlorantraniliprole, on *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) efficacy against white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae). *Biological control*, 45:93-102.
- Lum-Kong, A. y Kenny, J. (1989). The reproductive biology of the ampullarid snail *Pomacea urceus* (Müller). *Journal of Molluscan Studies*, 55: 53-65.
- Mc Graw, B. A. y Koppenhöfer, A. M. (2008). Evaluation of two endemic and five commercial entomopathogenic nematode species (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) against annual bluegrass weevil (Coleoptera: Curculionidae) larvae and adults. *Biological Control*, 46:467-475.
- Medina, R.; Salcedo, G. y Tapia, E. (2011). Evaluación de la patogenicidad del nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* en larvas de *Cosmopolites sordidus*, Ecuador. En: http://www.espe.edu.ec/portal/files/sitio_congreso_2011/papers/V7.pdf (Consultado el 9 de septiembre de 2012).
- Stock, S. P. (2008). Aplicaciones biotecnológicas de los nematodos parásitos de insectos. En: Stock, S. P.; Uribe, L. y Uribe-Lorío, L. (Eds.). *Curso teórico-práctico. Aplicaciones biotecnológicas de los nematodos parásitos de insectos*. CIA-CIBCM-CIPROCCONICIT- CRUSA-UNU-BIOLAC. 87 pp.

Recibido: Julio 19, 2012
Aceptado: Febrero 26, 2013

Promoción de la conservación de la biodiversidad mediante el aumento de la demanda interna de ajíes nativos en Bolivia[♦]

Promotion of the conservation of biodiversity through the increase of the domestic demand of native chili peppers in Bolivia

Olivera, M.¹ y García-Yi, J.^{2*}

¹Departamento de Teoría y Procesos del Diseño
Universidad Autónoma Metropolitana (Unidad Cuajimalpa), México.

²Departamento de Economía Agraria y de los Alimentos
Universidad Técnica de Munich
Weihenstephaner Steig 22, 85354
Freising, Bayern, Alemania.
Teléfono: +49 8161-712283

*Correspondencia: jaqueline.garcia-yi@tum.de
[♦]Nota técnica

Resumen

Bolivia es uno de los centros de diversidad de ajíes nativos (*Capsicum spp.*). El comercio informal de ajíes peruanos ha contribuido a una baja demanda y, por ende, a una reducción del cultivo (o conservación *in situ*) de ajíes bolivianos. Este estudio analiza el consumo de ajíes mediante una encuesta a 359 hogares. Los resultados sugieren que los hogares están acostumbrados al sabor de los ajíes peruanos, y que entre las ventajas de los ajíes bolivianos está el color. Mezclas estandarizadas de ajíes con sabor y color deseados podrían introducirse satisfactoriamente al mercado, lo cual favorecería las ventas de ajíes bolivianos.

Palabras clave

Ajíes nativos, biodiversidad, consumo, demanda interna, Bolivia, Perú.

Abstract

Bolivia is one of the centers of diversity of native chilies (*Capsicum spp.*). The informal trade of Peruvian chilies has contributed to a low demand, and to a reduction in the cultivation (or *in-situ* conservation) of Bolivian chilies. This study analyzed the consumption of chilies by surveying 359 households. The results suggest that households are used to the taste of Peruvian chilies, and that one of the advantages of Bolivian chilies is their color. Standardized mixtures of chilies with the required flavor and color could be successfully introduced into the market and improve the sales of Bolivian chilies.

Keywords

Chili peppers, biodiversity, consumption, domestic demand, Bolivia, Peru.

Existe una diversidad elevada de ajíes nativos (*Capsicum spp.*) en Bolivia, con más de 30 variedades plenamente identificadas (Brack, 2003; Cárdenas, 1989); aunque el número exacto se desconoce en la actualidad. Este hecho ha llevado a postular a este país como uno de los centros de diversidad para este cultivo a nivel mundial (Eshbaugh, 1993). Por otra parte, muchas de estas variedades se ha extinguido debido a la falta de incentivos económicos para que los agricultores las continúen cultivando (Bioersivity International, 2010). Estas variedades cuentan actualmente con una baja demanda efectiva, siendo uno de los motivos el elevado comercio informal de ajíes provenientes de Perú.

En Bolivia, el volumen total estimado de ajíes comercializados fue de 3,389 toneladas en 2008. De ellas, el 47% (alrededor de 1,600 toneladas) correspondieron a ajíes importados provenientes de Perú. De estas 1,600 toneladas de ajíes peruanos, 670 correspondieron a ajíes amarillos dulces, 230 a ajíes amarillos picantes y 700 a ajíes rojos dulces (FAO, 2010). La entrada de ajíes peruanos se realiza, en su mayoría, de manera informal (o de contrabando), a través de la región fronteriza del río Desaguadero, afluente del lago Titicaca.

Se podría favorecer la conservación de esta diversidad a través de la promoción de un mayor consumo y comercialización de ajíes nativos bolivianos dentro del mercado local. La comercialización interna es importante, puesto que los volúmenes actualmente producidos de ajíes nativos bolivianos son relativamente bajos y la calidad del procesamiento y secado aún no es óptima, por lo que sería complicada su comercialización en mercados internacionales. Por lo tanto, es conveniente —para este tipo de productos nativos— trabajar de manera gradual: primero, mediante un mayor acceso a mercados nacionales, antes que a mercados internacionales (UNCTAD, 2012).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el consumo interno de ajíes nativos e identificar las posibles motivaciones para la adquisición de ajíes peruanos por parte de los hogares bolivianos. Con base a estos resultados, se establecen las ventajas y desventajas de las variedades bolivianas con respecto a las peruanas, así como las características que deberían tener las variedades de ajíes nativos bolivianos para que, potencialmente, puedan desplazar a las variedades provenientes de Perú.

El estudio se centra en la comercialización y consumo de ajíes secos, ya que conforman el 80% del consumo de ajíes de Bolivia, por lo que se excluyen las variedades que se comercializan, generalmente, en estado fresco, como pimentones y locotos (*Capsicum pubescens*). Prácticamente no existen estudios disponibles sobre el consumo interno de ajíes nativos en Bolivia. Por lo tanto, se procedió a implementar una encuesta estratificada en dos de las tres principales ciudades de Bolivia: La Paz y Cochabamba. La ciudad de Santa Cruz no se consideró dentro de la encuesta debido a que existe un consumo mayor de ajíes frescos provenientes de la zona selvática boliviana, así como por restricciones de tiempo y presupuesto.

El muestreo por estadios múltiples se aplicó a dos estratos por separado (La Paz y Cochabamba). En primer lugar, se procedió a enumerar y a seleccionar al azar los principales barrios de la ciudad. Los barrios seleccionados en el caso de la ciudad de La

Paz fueron Andreu-Sopocachi, San Miguel en Calacoto y Ballivian (Antofagasta) en el Alto; en la ciudad de Cochabamba se seleccionaron los barrios de Coña Coña, Parque Lincoln y Suecia.

Posteriormente, en un mapa de cada barrio se definieron puntos aleatoriamente, correspondientes a casas donde se aplicó la encuesta. Si en la casa se negaron a contestar o la casa estuvo inhabitada o fue un local dedicado a actividades comerciales, se la sustituyó por la casa de al lado. Para considerar que una casa estaba inhabitada se visitó el lugar hasta por un máximo de cinco veces sin obtener respuesta.

El tamaño de la muestra (n) fue de 350 casas (220 en La Paz y 130 en Cochabamba), calculado según Lusk y Shogren (2007):

$$n_0 = \left[\frac{z}{\varepsilon} \right]^2 p^* q$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

q = 0.65 (proporción esperada de personas que consumen ajíes nativos)

p = 0.35 (proporción esperada de personas que no consumen ajíes nativos)

ε = 0.05 (nivel de significancia)

z = 1.96 (valor estadístico de Z al nivel de significancia de 0.05)

N = 772,632 (número de hogares en La Paz, zona centro sur; Mirabal, 2009) + 459,713 (número de hogares en Cochabamba, zona central; Mirabal, 2009) = 1,232,345

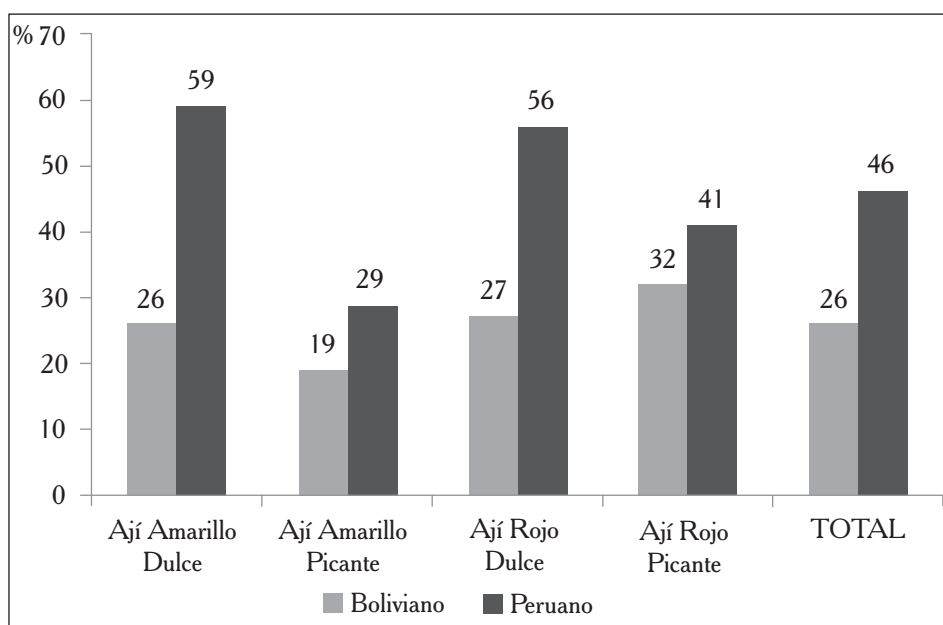
Los resultados de las ciudades La Paz y Cochabamba se muestran de forma conjunta, pues el comportamiento de consumo de ambas ciudades fue similar. El análisis de la información indica que el 69% de hogares consumen ajíes nativos con regularidad. De ese 69%, el 51% de los hogares prepara comidas con ají en sus casas. El restante 49% consume platillos con ajíes, ya sea en casa de familiares o en restaurantes. Esta última situación, según indicaron los encuestados, se debe a que en la mayoría de los casos existe dificultad para preparar de forma adecuada los ajíes de tal manera que no ocasionen molestias estomacales, siendo en restaurantes especializados o en casas familiares (abuelos y parientes mayores) donde es más seguro consumir comidas tradicionales.

Por otro lado, el 31% de los hogares encuestados no consume ajíes secos debido a: “que no le agrada el picante” (23%), “por razones de salud” (46%), “por falta de tiempo para cocinar” (21%), o “por otras razones” (10%), entre las que destaca el “ser vegetariano”. El consumo de comidas típicas, generalmente, está asociado con algún tipo de carne.

Los ajíes nativos secos en Bolivia pueden clasificarse a partir de su color y grado de picor. Para este estudio se clasificó a los ajíes como amarillo dulce, amarillo picante, rojo

dulce y rojo picante. Los hogares encuestados indicaron que a la semana adquieren, en promedio, 0.26 libras de ají amarillo dulce, 0.20 libras de ají rojo picante, 0.18 libras de rojo dulce y, por último, 0.11 libras de ají amarillo picante. En todos los casos, los hogares señalaron que realizan compras mayores de ajíes de procedencia peruana (46%) *versus* ajíes de procedencia boliviana (26%). En particular, para el caso del ají amarillo dulce, esta preferencia de compra es 33% mayor para ajíes peruanos *versus* bolivianos; mientras que para el caso del ají rojo picante, el grado de preferencia es menos marcada, siendo ésta 9% mayor para el caso de ajíes peruanos *versus* los bolivianos (figura 1).

Figura 1
Porcentaje de hogares que compran ajíes bolivianos y peruanos.

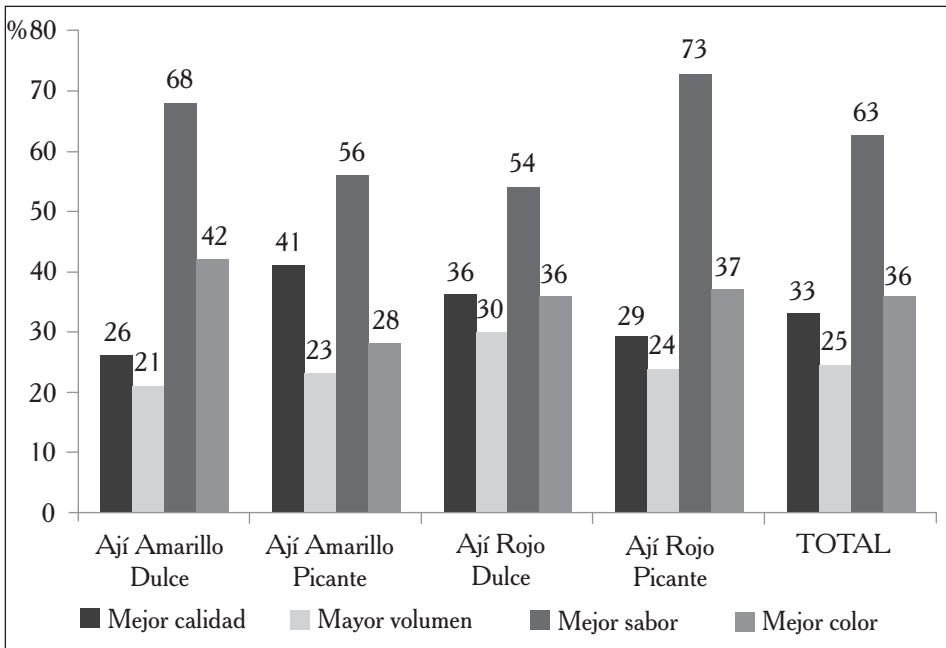


Por otro lado, comúnmente se cree que los precios de los ajíes peruanos, por entrar en su mayoría de contrabando, son más bajos que los precios de los ajíes bolivianos. Los resultados de las encuestas sugieren que los precios promedio de los ajíes de origen peruano son 39% mayores que los precios promedio de los ajíes bolivianos. Estos resultados coinciden con los reportados mensualmente para La Paz y Cochabamba, por el Servicio de Información y Análisis de Mercados Agropecuarios (SIMA, 2012), donde los precios de los ajíes peruanos, para todas las variedades y casi todos los meses, son más elevados que para el caso de las variedades bolivianas.

De igual manera, se consultó a los encuestados sobre las diferencias entre los ajíes peruanos *versus* los bolivianos. En total, un 63% indicó que los ajíes peruanos dan mejor sabor a las comidas que los bolivianos. Por otra parte, sólo un 36% del total de encuestados señaló que los ajíes peruanos brindan una mayor intensidad de color a los alimentos preparados con respecto a los bolivianos. Un 33% consideró que los ajíes peruanos tienen una mejor calidad en general, la cual está definida por el tamaño, uniformidad de color y la ausencia de moho en el producto. Un 25% expresó que los ajíes peruanos “rinden más”. Es decir, la relación volumen/unidad que se obtiene al cocinar el ají es mayor en caso de los ajíes peruanos con respecto a los bolivianos (figura 2).

En general, los resultados sugieren que gran parte de los hogares bolivianos están habituados al consumo de ajíes provenientes de Perú; siendo la diferencia de sabor la desventaja más evidente de los ajíes bolivianos con respecto a las variedades de origen peruano.

Figura 2
Porcentaje hogares encuestados que indican preferencias por atributos específicos de las variedades peruanas con respecto a las bolivianas.



Como una alternativa para aumentar el consumo de los ajíes bolivianos, se podrían seleccionar variedades particulares de ajíes nativos, que tengan sabor similar a las variedades peruanas mediante paneles de evaluación sensorial, implementados por expertos

en el área de alimentos. Estas variedades aún no están identificadas y podrían requerir posteriores inversiones para la estandarización de las características deseadas y en masificación del cultivo.

Por otro lado, sería factible generar mezclas estandarizadas con variedades de ambos países para abastecer el mercado local. Esto sería potencialmente fácil de implementar, sobre todo porque este tipo de mezclas ya se llevan a cabo de manera empírica por muchos restaurantes de comida tradicional boliviana. En entrevistas de campo realizadas con 31 restaurantes tradicionales bolivianos, se observó el uso de mezclas de variedades peruanas y bolivianas para una combinación óptima de sabor, rendimiento y color.

A pesar del comportamiento de precios, las variedades peruanas gozan de una mayor preferencia de consumo. Esto, como se indicó anteriormente, estaría principalmente relacionado con la percepción de que los ajíes peruanos tienen un mejor sabor, lo cual introduce una característica importante de competitividad con respecto a las variedades de ajíes bolivianos. Sin embargo, esta diferencia de precios puede permitir que incentivos económicos directos o subsidios a la producción puedan ayudar a promover la difusión de variedades locales y que su bajo precio pueda favorecer un mayor consumo interno.

El incentivar la preparación de comidas tradicionales preparadas con mezclas de ajíes nativos —que cuenten con un menor contenido de picor— podría ser otra estrategia para incrementar la demanda de ciertas variedades de ajíes bolivianos, por el alto porcentaje de personas que indicó que ha dejado de consumir este tipo de comidas por motivos de salud, atribuyendo al picante diferentes problemas gástricos.

Estas son algunas de las alternativas inicialmente identificadas que deberán ser analizadas con mayor detalle en adelante, y que se espera podrían ayudar a promover la conservación de variedades nativas bolivianas, a través de su potencial uso en reemplazo de variedades importadas de Perú.

Agradecimientos

Este documento fue elaborado bajo el marco del proyecto “Descubriendo el potencial de la diversidad de los cultivos olvidados para la diferenciación de productos de alto valor y la generación de ingresos para los pobres: El caso del *Capsicum* en su centro de origen”, el cual es coordinado por Bioersity International y financiado por la Cooperación Alemana (GIZ).

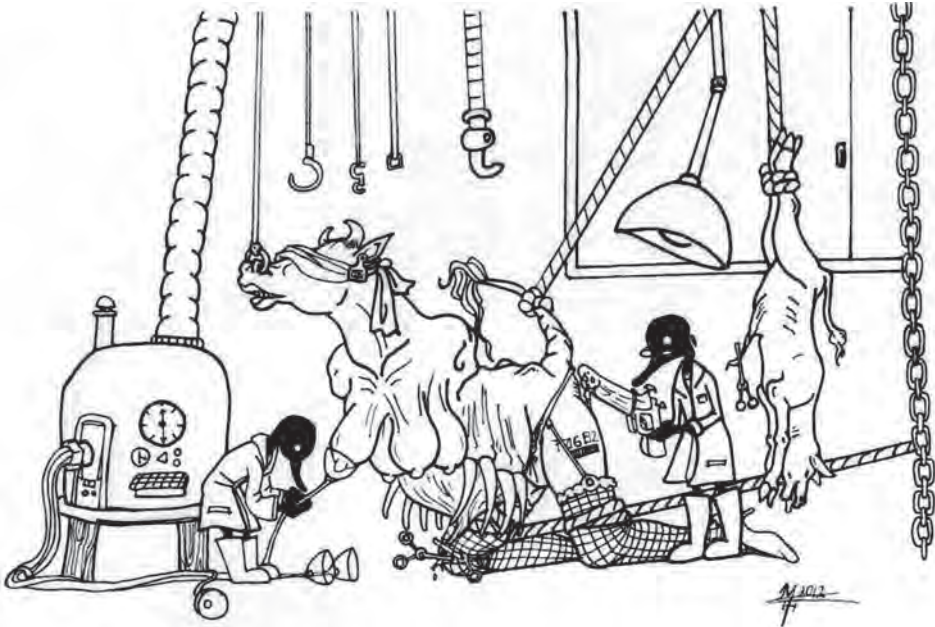
Literatura citada

- Bioersity International. (2010). *Descubriendo el potencial de la diversidad de los cultivos olvidados para la diferenciación de productos de alto valor y la generación de ingresos para los pobres: El caso de los chiles en su centro de origen*. Propuesta de proyecto revisada presentada a la GIZ. Alemania. 36 pp.
- Brack, E. A. (2003). *Perú: 10 mil años de domesticación*. Lima, Perú: Bruño, 160 pp.
- Cárdenas, H. M. (1989). *Manual de plantas económicas de Bolivia. Plantas condimenticias - solanáceas, el ají y otras*. La Paz y Cochabamba, Bolivia: Los amigos del Libro, 327 pp.
- Eshbaugh, H. (1993). History and exploitation of a serendipitous new crop discovery. En: Janick, J. y Simon, J. (Editors). *New Crops*. Nueva York, Estados Unidos: Wiley. 132-139 pp.

- FAO. (2012). World markets for organic fruit and vegetables. Disponible en: <http://faostat.fao.org/> (Consultada el 20 de julio de 2012).
- Lusk, J. y Shogren, J. (2007). *Experimental auctions. Methods and applications in economic and marketing research. Quantitative methods for applied economics and business research*. U.K.: Cambridge University Press. 304 pp.
- Mirabal, F. (2009). Estudio sobre la vivienda en Bolivia. Nueva Economía. Fuente: <http://nuevaeconomia.com.bo/productos/revista-articulos/opinion/estudio-sobre-la-vivienda-en-bolivia/> (Consultada el 20 de julio de 2012).
- SIMA. (2012). Servicio de información y análisis de mercados agropecuarios. Disponible en: <http://www.fdta-valles.org> (Consultada el 20 de julio de 2012).
- UNCTAD. (2012). *Trade and biodiversity: the BioTrade experiences in Latin America*. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas. 64 pp.

Recibido: Julio 19, 2012

Aceptado: Febrero 28, 2013



Título: *Ingeniería de la vientre perfecta*

Concepto: Quizás con un poco de maquillaje, panties sexys y tacones, los productores cuidarían mejor de ellas

Técnica: Tinta sobre opalina

Autor: Marisol Herrera Sosa

Medida: 21.59 x 27.94 cm

Prediction of cutability of beef carcasses processed in Jalisco State, Mexico

Predicción de la cortabilidad de canales de bovino en el estado de Jalisco, México

Zorrilla-Ríos, J. M.;^{1*} Lancaster, P.A.;² Horn, G. W.;² Goad, C. L.;³ Hilton, G. G.² y Carrasco, D. M.¹

¹Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

²Animal Science Department, Oklahoma State University
Stillwater, OK 74078, USA.

³Statistics Department, Oklahoma State University
Stillwater, OK 74078, USA.

*Correspondence: zorrillarios@yahoo.com.mx

Abstract

Previous study indicated the applicability of published equations into locally beef carcasses to predict total retail cuts expressed as total weight (TRC) or as percentage of carcass weight (TRYD). All such equations are based on variables requiring the ribbing of the half carcass. A limitation of such an approach in various regions of Mexico, Jalisco State included, responds to a traditional commercial evaluation of carcass without ribbing the halves carcasses into quarters, therefore the need to dispose of an alternative equation to predict cutability based on measurable variables from an intact half carcass. The objective of this study was the development of equation(s) to predict the cutability of beef carcasses not ribbed. The proposed equations are based upon available data from thirty carcasses coming from young bulls less than 36 months of age and undefined cross of zebu and European type, from a commercial butcher shop located at the metropolitan area of Guadalajara, Jalisco, Mexico and deboned using traditional Spanish style fabrication. Each retail cut and trimmings were weighed and summed to determine weight

Resumen

En un estudio previo se reportó la factibilidad de utilizar, en condiciones locales, ecuaciones disponibles de predicción de cortabilidad con base en kilogramos (TRC), o expresada como porcentaje de la canal (TRYD) de bovino. Todas las ecuaciones consideradas incluyen variables obtenidas en el cuarteo de una media canal, lo que representa una limitante para su adopción en regiones del país (el estado de Jalisco incluido), en donde la evaluación de las canales —previa a su comercialización— se lleva a cabo sin el cuarteo de la media canal. Esta condición marca la necesidad de disponer de ecuaciones de predicción que no se sustenten en variables generadas con el cuarteo de la media canal, lo que se convirtió en el objetivo de esta investigación. Las ecuaciones de predicción propuestas se basan en los datos obtenidos de la fabricación tipo corte español, de treinta canales de toretes cruza indefinida cebú-europeo y menores a 36 meses de edad, procesadas en condiciones comerciales en una carnicería del municipio de Guadalajara, Jalisco, México. El peso de la canal fría mostró una correlación positiva ($r=0.98$) con el rendimiento de cortes expre-

of total retail cuts. Carcass weight had a positive correlation ($r = 0.98$) with weight of retail cuts. A model to predict weight of retail cuts indicated that carcass weight was the single most important variable explaining 95.60% of the variation. In conclusion, a simple equation is proposed relying only on carcass weight that will provide an initial adequate prediction based on available data and considered to be readily adopted.

Keywords

Meat, yield, prediction, retail cuts.

sados en kilogramos. Un modelo matemático de predicción del peso de los cortes comerciales mostró que la variable de peso de la canal, por sí sola, explicó el 95.60% de la varianza estimada, por lo que se propone como ecuación de predicción bajo estas condiciones.

Palabras clave

Rendimiento, cortes comerciales, predicción.

Introduction

It is recognized that progress in the livestock sector is based among others, on the development and application of tools designed to assist in the differentiation of the quality of the end product generated due to an intrinsic high degree of variation and its direct impact in its degree of confidence from the consumer (García *et al.*, 2008). Therefore the application of tools to assist in the description of a beef carcass is considered beneficial. One strategy for the beef industry geared towards the achievement of a better definition of beef carcass merit at the market place is through the determination of yield in retail cuts, referred to as cutability (AMSA, 2001a;b), a component of beef quality.

At a commercial level, it is possible to estimate the retail cuts from a beef carcass through the use of equations to predict carcass cutability based on traits measurable manually on the whole carcass (Brungardt and Bray, 1963; Abraham *et al.*, 1980; Johnson, 1987; Perry *et al.*, 1993; Dolezal and Hilton, 2010) or automated (Ferguson *et al.*, 1995). Although it may be considered questionable the use of predicting equations generated under contrasting conditions as to those applied, it has been reported (Zorrilla-Ríos *et al.*, 2013) the applicability of published prediction equations generated for the USA beef industry into carcasses processed and fabricated under the Mexican conditions of the State of Jalisco. The seven published equations tested to predict total retail cuts as percentage bases of carcass weight (TRYD) on locally processed beef carcasses showed an adjusted R^2 of 0.279 to 0.355. When yield was expressed as kg bases (TRC), the estimated adjusted R^2 was 0.929 to 0.969. Regression analysis to predict TRYD included *Longissimus* muscle area (LMA), rib fat thickness (SCFAT) and kidney and pelvic fat (KPF) and excluded carcass weight (CW), and explained 44.50% of the variation. In contrast, regression analysis for TRC indicated that CW explained 95% of the variation, with minimal improvement when LMA and SCFAT variables were included.

Prediction equation based on variables obtained after ribbing the half carcass into a quarter portion would phase an impediment in its application at several beef markets in Mexico, Jalisco State include, as the traditional determination of the commercial merit of

the beef carcasses is performed on an intact half carcass. Therefore, the objectives of the present study were to propose alternate original equations to predict the market merit in terms of cutability of locally produced beef carcasses, based on independent and dependent variables feasible to be obtained without ribbing the half carcass into quarters, and the creation of a database upon which to improve and-or modify the equations proposed.

Materials and methods

Thirty beef carcasses from intact young bulls not older than 36 months of age of undefined breed crosses between zebu and European type, were fabricated into retail cuts of meat, total bone, total fat and trimmings in a commercial butcher shop situated in the metropolitan area of Guadalajara, Jalisco, Mexico. Animals were slaughtered at the Municipal Abattoir of Guadalajara, and the carcasses were split in half along the spinal column and chilled for 18 hr before being transported to the butcher shop. The carcasses made available for the present study were those carcasses which would correspond to the criteria traditionally used by the butcher in terms of conformation, weight and gender.

The kidneys, their surrounding fat and the pelvic fat remained attached to the carcasses. Each side of the carcass was ribbed between the 6th and the 7th ribs for the measurement of the *Longissimus* muscle area (LMA) by means of a grid placed on the cut surface of the ribeye and the thickness of the subcutaneous fat obtained at a point three-fourths of the distance of the length of the ribeye from its chine bone side. Hump height (HH) was measured with a ruler graded in cm as the distance between the highest point of the crest to a point perpendicular to the base of the hump. The circumference of the hind leg (LEGC) was estimated with a metric tape located at the femoral tibial-patellar joint and around the middle portion of the Semitendinosus muscle (ICTA, 1995).

Individual weights on cold carcass, LMA, thickness of the subcutaneous fat at the 6th rib, hind leg circumference, hump height, total weight of bones, kidney and pelvic fat and trims were recorded without interfering with the team of workers deboning carcasses under the local traditional Spanish style fabrication described in SARH (1976). Total weight of retail cuts was calculated as the sum of the weight of all individual beef cuts. The sum of the weight of retail cuts and weight of kidney and pelvic fat were also expressed as percentage of cold carcass weight.

Not all observations had complete data, thus an imputation method was used to generate missing values for independent variables (table 1). Imputation methods are widely recognized for improving an experiment's efficiency when there are missing data (Little and Rubin, 2002). Missing values were imputed using maximum likelihood estimates with the EM statement used to invoke the expectation-maximization algorithm for maximum likelihood estimation using means and standard deviations from available cases for the initial estimates in the EM algorithm (Proc MI; Version 9.3 for Windows, SAS Instit. Inc., Cary, NC USA, 2011). New equations were developed using the stepwise procedure (Proc Reg of SAS) to determine the order of importance of independent variables in the prediction of the dependent variable. Independent variables were sequentially added to the model to compute the coefficient of determination (R^2), adjusted R^2 , and root mean

squared error (Proc Reg of SAS), and determine the optimum model to predict retail cuts and retail yield. Diagnostic measures were used to evaluate the appropriateness of the model.

Table 1
Summary statistics and abbreviations for independent and dependent variables in the initial and imputed datasets.

Variable	Abbr	Initial data set				Imputed data set ^a		
		N	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
Carcass wt., kg	CW	30	287.5	62.6	202.6 – 451.7	287.5	62.7	202.6 – 451.7
<i>Longissimus</i> muscle area, cm ²	LMA	29	74.55	12.03	56.00 – 96.50	74.58	11.82	56.0 – 96.5
6 th rib fat thickness, mm	SCFAT	24	5.1	3.7	1.0 – 13.0	4.8	3.5	0.7 – 13.0
Kidney and pelvic fat, %	KPF	28	2.08	0.68	1.25 – 3.59	2.10	0.67	1.26 – 3.59
Hind leg circumference, cm	LEGC	24	84.02	7.42	75.00 – 104.0	84.07	6.86	75.0 – 104.0
Hump height, cm	HH	22	14.34	5.4	5.50 – 26.0	13.83	4.97	5.5 – 26.0
Total retail cuts, kg	TRC	30	212.6	47.9	149.6 – 347.7	212.6	47.9	149.6 – 347.7
Retail yield, %	TRYD	30	73.96	3.13	67.3 – 80.29	73.96	3.13	67.3 – 80.29

^aAll imputed data correspond to 30 observations.

Based on residual plots and cumulative distribution plots (q-q plot), residuals were normally distributed with equal variance. Variance inflation factors were less than 2.0 indicating no multicollinearity among independent variables, and differences in fit and regression coefficients for individual observations (DFFITS and DFBETAS) were less than 1.0 indicating that none of the individual observations had a significantly greater influence on the regression coefficients than the other observations. Both original and imputed datasets

were evaluated using the stepwise procedure and resulted in very similar equations. Only equations resulting from analysis of the imputed dataset are presented which provide maximum predictive ability from the complete dataset.

Results

From the summary statistics of independent and dependent variables for the initial and imputed datasets presented in table 1, it is important to note that the dependent variables, total retail cuts and retail yield did not have any missing values. The mean and standard deviation for LMA and KPF changed very little in the imputed dataset compared with the initial dataset due to the fact that only one or two observations had missing values for these variables. Fat thickness at the 6th rib (SCFAT), hind leg circumference (LEGC), and hump height (HH) had the most missing values; however imputing values using the maximum likelihood estimation method did not affect the coefficient of variation (73 *vs.* 73%, 9 *vs.* 8%, and 38 *vs.* 36% for the initial and imputed datasets, respectively). In addition, the range in values did not substantially change which could have significantly affected the model prediction.

Pearson correlation coefficients among carcass measurements and the recovery of retail cuts are presented in table 2. In the initial dataset, CW, LMA, LEGC, and HH were positively correlated with total retail cuts (TRC), but only LMA was positively correlated with retail yield (TRYD). Kidney and pelvic fat (KPF as % of CW) was negatively correlated with retail yield (TRYD). Correlation coefficients were similar in the imputed dataset with the exception that SCFAT was negatively correlated with retail yield (TRYD) compared to no significant correlation in the initial dataset. Although, the correlation coefficient between SCFAT and TRYD in the initial dataset was similar in direction to that in the imputed dataset among the independent variables, CW was positively correlated with SCFAT, LEGC, and HH, LMA was negatively correlated with KPF, and HH was positively correlated with SCFAT, KPF, and LEGC.

Table 2

Pearson correlation coefficients among carcass measurements and yield of retail cuts for the initial (above diagonal) and imputed (below diagonal) datasets.

Variable ^a	TRC	TRYD	CW	LMA	SCFAT	KPF	LEGC	HH
TRC		0.19	0.98*	0.43*	0.26	-0.24	0.71*	0.58*
TRYD	0.19		-0.02	0.51*	-0.34	-0.38*	0.00	-0.08
CW	0.98*	-0.02		0.34	0.34	-0.18	0.73*	0.62*
LMA	0.42*	0.50*	0.33		-0.16	-0.51*	0.19	-0.09
SCFAT	0.32	-0.43*	0.41*	-0.22		0.23	0.24	0.39
KPF	-0.24	-0.38*	-0.17	-0.52*	0.28		-0.18	0.41
LEGC	0.68*	-0.14	0.72*	0.17	0.31	-0.16		0.65*
HH	0.59*	-0.16	0.63*	-0.05	0.49*	0.43*	0.62*	

^aTRC = total retail cuts (kg), TRYD = total retail yield (%), CW = cold carcass weight, LMA = *Longissimus* muscle area, SCFAT = 6th rib fat thickness, KPF = kidney and pelvic fat percentage, LEGC = circumference of the hind leg, HH = height of the hump.

*Correlation coefficient is different from zero at $P < 0.05$.

For the prediction of TRC, the stepwise procedure indicated that the order of inclusion in the model was CW, LMA, SCFAT, LEGC, HH, and KPF. The regression coefficients and fit statistics for the sequential addition of independent variables are presented in Table 3. Carcass weight as a single independent variable accounted for a large proportion of the variation observed for the weight of retail cuts (Model 1; R^2 of 0.956 and RMSE of 10.167).

Table 3
 Regression coefficients (B ± SE) and fit statistics for stepwise selection of regression model to predict total retail cuts (TRC, kg) from the imputed dataset.

Model	RMSE ^a	Adj R ²	R ²	Intercept	CW	LMA	SCFAT	LEGC	HH	KPF
1	10.167	0.955	0.956	-2.664 ± 8.861	0.749 ± 0.030					
2	9.069	0.964	0.967	-27.170 ± 11.654	0.722 ± 0.028	0.431 ± 0.151				
3	8.761	0.967	0.970	-22.481 ± 11.585	0.751 ± 0.032	0.317 ± 0.160	-0.957 ± 0.558			
4	8.835	0.966	0.971	-5.771 ± 25.105	0.773 ± 0.044	0.306 ± 0.162	-0.967 ± 0.563	-0.262 ± 0.348		
5	8.940	0.965	0.971	-2.757 ± 25.833	0.764 ± 0.047	0.330 ± 0.169	-1.055 ± 0.586	-0.334 ± 0.370	0.316 ± 0.492	
6	8.871	0.966	0.973	26.855 ± 36.012	0.744 ± 0.049	0.254 ± 0.179	-0.993 ± 0.584	-0.528 ± 0.403	0.893 ± 0.693	-4.957 ± 4.234

^aRMSE = root mean square for error; CW = cold carcass weight in kg; LMA = 6th rib *Longissimus* muscle area in cm²; SCFAT = 6th rib fat thickness in mm; LEGC = hind leg circumference in cm; HH = hump height in cm; KPF = kidney and pelvic fat in percentage of carcass weight.

The incorporation of the independent variables LMA and SCFAT in model 3 provided the best prediction model with an adjusted R^2 of 0.967 and a RMSE of 8.761 kg. No further improvement in the accuracy of prediction was observed with the inclusion of LEGC, HH and KPF, as shown in Table 3.

Weight of retail cuts of the present study was calculated as a percentage of carcass weight, the best model included all independent variables (Model 11: LMA, SCFAT, LEGC, HH, and KPF) except for CW with an adjusted R^2 of 0.329 and RMSE of 2.565 percentage units (table 4).

Table 4
 Regression coefficients (B ± SE) and fit statistics for stepwise selection of regression model to predict retail yield as a percentage of carcass weight (TRYD) from the imputed dataset.

Model	RMSE ¹	Adj R ²	R ²	Intercept	LMA	SCFAT	LEGC	HH	KPF	CW
7	2.752	0.228	0.254	63.990 ± 3.263	0.134 ± 0.043					
8	2.601	0.310	0.358	66.846 ± 3.375	0.114 ± 0.042	-0.293 ± 0.141				
9	2.621	0.299	0.372	70.983 ± 6.366	0.123 ± 0.044	-0.251 ± 0.152	-0.059 ± 0.077			
10	2.642	0.288	0.386	72.943 ± 6.905	0.126 ± 0.044	-0.297 ± 0.165	-0.100 ± 0.094	0.106 ± 0.138		
11	2.565	0.329	0.445	85.594 ± 10.397	0.087 ± 0.050	-0.301 ± 0.160	-0.201 ± 0.111	0.296 ± 0.179	-1.837 ± 1.154	
12	2.614	0.304	0.448	85.410 ± 10.610	0.092 ± 0.053	-0.283 ± 0.172	-0.189 ± 0.119	0.326 ± 0.204	-1.975 ± 1.247	-0.005 ± 0.014

¹RMSE = root mean square for error; CW = cold carcass weight in kg; LMA = 6th rib Longissimus muscle area in cm²; SCFAT = 6th rib fat thickness in mm; LEGC = hind leg circumference in cm; HH = hump height in cm; KPF = kidney and pelvic fat in percentage of carcass weight.

Discussion

The sample size used in this study ($N = 30$) compares favorably to the 22 observations used in the study of Kauffman *et al.* (1975), with the 40 carcasses included in the study of Johnson (1987) and could also be considered proportionally comparable to the sample size employed in the study of Murphey *et al.* (1960) which gave rise to a prediction equation published previously (Dolezal and Hilton, 2010). The equation developed by Murphey *et al.* (1960) was based on the fabrication of 162 carcasses out of a population of 27,500,000 sent to slaughter at the time (NASS, 2009), an equivalent to one carcass fabricated for every 170,000 carcasses produced. In the present study, 30 beef carcasses were fabricated out of an estimated population of 4,200,000 slaughtered in Mexico (AMEG, 2006), which gives a ratio of one fabricated carcass for every 135,480 carcasses produced. Therefore, even though the number of observations used in the current study is small compared to that of Murphey *et al.* (1960: 30 vs. 162 carcasses), the proportion of the total population is similar.

In contrast to our study, the studies of Abraham *et al.* (1968), Cole *et al.* (1962), and Dikeman *et al.* (1998) reported that percent kidney and pelvic fat was also an important independent variable in the prediction of weight of retail cuts. Differences in the degree of fatness in carcasses of the current study compared with previous studies may be partially responsible for such a discrepancy.

Model 3 provided the best prediction model when yield of retail cuts are expressed in weight basis, with an adjusted R^2 of 0.967 and a RMSE of 8.761 kg with the incorporation of the independent variables LMA and SCFAT. However, no further improvement in the accuracy of prediction was observed with the inclusion of LEGC, HH and KPF, as shown in table 3. Similar to previously published equations (Cole *et al.*, 1962; Abraham *et al.*, 1968; Cross *et al.*, 1973; Perry *et al.*, 1993; Dikeman *et al.*, 1998), CW, LMA, and SCFAT are the most important variables to predict weight of retail cuts due to the fact that they provide information about weight, muscularity, and fat deposition which affect the amount of retail cuts.

Published prediction equations for estimating cutability express the output of retail cuts as percentage of carcass weight (Murphy *et al.*, 1960; Cross *et al.*, 1973; Kauffman *et al.*, 1975; Abraham *et al.*, 1980; Johnson, 1987; Perry *et al.*, 1993; Dikeman *et al.*, 1998; Dolezal and Hilton, 2010) instead of an absolute weight. When weight of retail cuts of the present study was calculated as a percentage of carcass weight, the best model included all independent variables (Model 11: LMA, SCFAT, LEGC, HH, and KPF) except for CW with an adjusted R^2 of 0.329 and RMSE of 2.565 percentage units (See table 4), as previously indicated by Johnson (1987). The fact that CW is not an important variable to explain the variation in percentage of retail cuts is expected due to the amount of retail cuts already being adjusted for differences in CW.

However, many previous studies (Murphey *et al.*, 1960; Cross *et al.*, 1973; Abraham *et al.*, 1980; Dikeman *et al.*, 1998) have reported that carcass weight is an important independent variable in the model to predict retail cuts as a percentage of carcass weight.

Abraham *et al.* (1980) reported that including carcass weight improved the R^2 from 0.82 to 0.83 compared with rib fat thickness, kidney, pelvic and heart fat, and longissimus muscle area alone. Interestingly, Abraham *et al.* (1968) reported that the partial correlation coefficient for carcass weight was 0.85 when retail cuts were expressed on a weight basis, but was -0.16 when retail cuts were expressed on a percentage of carcass weight basis and rib fat thickness, longissimus muscle area, and kidney fat were constant in each model.

The ability of the independent variables to explain the variation in percent retail cuts in Model 11 (table 4) was considerably lower compared with Model 3 to predict weight of retail cuts ($R^2 = 0.445$ vs. 0.970, respectively). Cross *et al.* (1973) found that the Murphey equation and the USDA cutability equation explained 74 and 69% of the variation in observed percent retail yield of 82 carcasses used in their study. Similarly, Abraham *et al.* (1968) and Dikeman *et al.* (1998) reported that the ability of the independent variables to explain the variation in percent retail cuts was lower than for weight of retail cuts ($R^2 = 0.63$ vs. 0.93 and 0.75 vs. 0.90, respectively).

The lower predictive ability of the independent variables when retail cuts are expressed as a percentage is most likely due to the small predictive ability of the independent variables above that of CW alone. When predicting weight of retail cuts, including all independent variables in Model 6 only resulted in a 1.7 percentage unit increase in the R^2 above Model 1 with CW alone. Expressing retail cuts as a percentage of CW is essentially accounting for that variation due to CW similar to Model 1, and thus, there is little variation not accounted for due to the fact that CW accounts for 95% of the total variation. The coefficient of variation for weight of retail cuts was 22% compared with 4% for percent of retail cuts significantly reducing the variation in retail yield.

In our study the weight of the carcass as a single independent variable had a high degree of accuracy to predict the weight of retail cuts (Model 1; $R^2 = 0.955$; RMSE = 10.167). The simplicity of application of such an equation is considered an advantage over alternative equations that would require the ribbing of the carcass in order to obtain measurement of any other independent variables, as ribbing of the carcass is a practice only accepted as a conventional procedure for the visual evaluation of the marketing merit of a carcass in restricted regions of Mexico. Thus, the lack of experience by the entire beef industry on the application of a cutability equation involving LMA or SCFAT supports the initial use of carcass weight alone to estimate the total retail cuts obtainable from a beef carcass subjected to the Spanish style of fabrication.

Scientific knowledge is built gradually. Its application as a technological tool is also a gradual process. A prediction equation is a technological tool subject to experience improvement step by step. The equation to predict beef carcass yield in the USA was published in 1965 and gone to a series of adjustments since. Therefore the proposed equations should be interpreted as contributions towards a set goal: offer means to differentiate the market value of a beef carcass which in its application would benefit the entire food chain.

As one of the objective of the present study was to establish a database upon which to develop equation(s) based on independent and dependent variables to predict the

cutability of beef carcasses generated locally, regionally and eventually nationally, it would be expected that the accuracy of the equations proposed here would be improved as the database is expanded. The Mexican beef industry is based on a wide range of breeds and their crosses together with a contrasting production system, which is similar to many countries. These circumstances are responsible for the wide range of conformation and degree of fatness observed in the beef population. Currently, our database includes typical ranges of conformation and fatness for cattle harvested in Jalisco State, and thus is applicable to this geographical region of Mexico. Additional data will need to be collected from other geographical regions incorporating different breeds and production systems that will allow us to develop a prediction equation applicable to all of the Mexican beef industry. Eventually, as more data are incorporated in the database, factors such as breed (Graham *et al.*, 2009), nutritional background, and even geographical origin could be considered for incorporation (Ferguson *et al.*, 1995).

Conclusions

Equations using thickness of the subcutaneous fat and area of the *Longissimus* muscle did not explain a substantial amount of variation in weight of retail cuts above carcass weight alone. However, when retail cuts were adjusted for differences in carcass weight (percentage of carcass weight), *Longissimus* muscle area and thickness of the subcutaneous fat explained a significant amount of variation, but due to the expected lack of adoption of this equation due to ribbing of the carcass, we suggest that a simple equation using only carcass weight is recommended at this time. The authors recognize that further research is needed to identify those factors that could significantly improve the accuracy of an equation to estimate cutability beyond that based on the weight of the beef carcass. Its application would contribute to the establishment of differences in their commercial merit under the wide range of Mexican production systems, the genetics of the population, and carcass fabrication into retail cuts among others.

Cited Literature

- Abraham, H. C.; Carpenter, Z. L.; King, G. T. and Butler, O. D. (1968). Relationships of carcass weight, conformation and carcass measurements and their use in predicting beef carcass cutability. *J. Anim. Sci.* 27: 604-610.
- Abraham, H. C.; Murphey, C. E.; Cross, H. R.; Smith, G. C. and Franks Jr, W.J. (1980). Factors affecting beef carcass cutability: an evaluation of the USDA yield grades for beef. *J. Anim. Sci.* 50: 841-851.
- AMEG (2006). Carne de bovino. Indicadores económicos de la industria. *Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino, A. C. México.* pp. 40-48.
- AMSA (2001a). Grading/Classification. In: *Meat Evaluation Handbook*. (American Meat Science Association, USA). pp. 9-11.
- AMSA (2001b). Retail Cut Evaluation. In: *Meat Evaluation Handbook*. pp. 12-14. American Meat Science Association, USA.
- Brungardt, V. H. and Bray, R. W. (1963). Estimate of retail yield of the four major cuts in the beef carcass. *J. Anim. Sci.* 22: 177-182.
- Cole, J. W.; Ramsey, C. B. and Epley, R. H. (1962). Simplified method for predicting pounds of lean beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 21: 355-361.

- Cross, H. R.; Carpenter, Z. L. and Smith, G. C. (1973). Equations for estimating boneless retail cut yields from beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 37: 1267-1272.
- Dikeman, M. E.; Cundiff, L. V.; Gregory, K. E.; Kemp, K. E. and Koch, R. M. (1998). Relative contributions of subcutaneous and intermuscular fat to yields and predictability of retail product, fat trim, and bone in beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 76: 1604-1612.
- Dolezal, H. G. and Hilton, G. G. (2010). Beef Carcass Grading. In: *Meat Grading and Selection* (13th Edition). Oklahoma State University, USA. Pp. 4-25.
- García, L. G.; Nicholson, K. L.; Hoffman, T. W.; Lawrence, T. E.; Hale, D. S.; Griffin, D. B.; Savell, J. W.; VanOverbeke, D. L.; Morgan, J. B.; Belk, K. E.; Field, T. G.; Scanga, J. A.; Tatum, J. D. and Smith, G. C. (2008). National Beef Quality Audit- 2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 86: 3533-3543.
- Ferguson, D. M.; Thompson, J. M. and Cabassi, P. (1995). Video image analysis. In: *Proceedings of Meat '95. Australian Meat Industry Research Conference*. CSIRO: Australia. pp. 7A13-7A16.
- Graham, J. L.; Byron, J.; Clark, A. J.; Kearny, G. and Orchard, B. (2009). Effect of postweaning growth and bulls selected for extremes in retail beef yield and intramuscular fat on progeny liveweight and carcass traits. *Anim. Production Sci.* 49: 493-503.
- ICTA. (1995). Sistema ICTA de clasificación de canales de cortes de carne bovina, cartilla guía *Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Universidad Nacional de Colombia y el Servicio Nacional de Aprendizaje. Santafé de Bogotá D C.* pp. 26-27.
- Johnson, E. R. (1987). Comparison of twelfth rib and rump fat thickness measurements for predicting commercial beef yield in local market carcasses. *Australian J. Exp. Agric.* 27: 613-617.
- Kauffman, R. G.; VanEss, M. E.; Long, R. A. and Schaefer, D. M. (1975). Marbling: Its use in predicting beef carcass composition. *J. Anim. Sci.* 40: 235-241.
- Little, R. J. and Rubin, D. B. (2002). *Statistical analysis with missing data* (2nd Ed.). John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, N. J. pp. 142-168.
- Murphey, C. E.; Hallet, D. K.; Tyler, W. E. and Pierce, J. C. (1960). Estimating yields of retail cuts from beef carcasses (On line). In: *Proceedings of the 62nd Meeting of the American Society of Animal Production in Chicago, IL.* 26 November, 1960. Available at: <http://meat.tamu.edu/murphey.pdf> (Accessed 15 September, 2011).
- NASS. (2009). Livestock slaughter monthly report. In: *National Agricultural Statistics Service* (US Department of Agriculture, Washington, D. C.). http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/result.php?1A91BA73-505D-3DD6-A783-046CCD69C086§or=ANIMALS%20%26%20PRODUCTION&group=LIVESTOCK&comm=CATTLE (Consulted on December 2011).
- Perry, D.; McKiernan, W. A. and Yeates, A. P. (1993). Muscle score: its usefulness in describing the potential yield of saleable meat from live steers and their carcasses. *Australian J. Exp. Agric.* 33: 275-281.
- SARH. (1976). *Métodos para cortes de carne de res y su identificación*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. pp. 1-14.
- Zorrilla-Ríos, J. M.; Lancaster, P. A.; Goad, C. L. and Carrasco, D. M. (2013). Applicability of prediction equations for cutability in beef carcasses in Jalisco, Mexico. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria.* 17(1): 119-134.

Recibido: Septiembre 07, 2012

Aceptado: Marzo 13, 2013



Título: *Entre sueños infantiles*
Técnica: Grafito sobre papel
Autor: Adoración Palma García (ZmanoS)
Año: 2013

Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza

In situ ruminal degradability and *in vitro* digestibility of silages of maize and apple waste added with molasses

Araiza-Rosales, E.;¹ **Delgado-Licon, E.;**¹
Carrete-Carreón, F. O.;² **Medrano-Roldán, H.;**¹ **Solís-Soto, A.;**¹
Murillo-Ortiz, M.;² **y Haubi-Segura, C.;**³

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Durango
Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote., Col. Nueva Vizcaya
Durango, Durango; México (C. P. 34080).

²Universidad Juárez del estado de Durango
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
km 11.5 Carretera Durango-El Mezquital
Durango, Durango; México (C. P. 34170).

³Universidad Autónoma de Aguascalientes
Centro de Ciencias Agropecuarias "La Posta"
Carretera a Jesús María, Km. 3
Aguascalientes, Aguascalientes; México.

*Correspondencia: drhaubi@yahoo.com

Resumen

Se evaluó el efecto de la adición de manzana de desecho (ripio) y melaza en ensilados de maíz sobre las características nutricionales y de digestibilidad *in vitro* (digestibilidad verdadera *in vitro*, IVTD) e *in situ* (DISMS), de acuerdo a un arreglo de tratamientos factorial (4x3), con cuatro niveles de manzana (0, 25, 50, y 75%) y tres niveles de melaza (0, 5, y 10%). Se determinó el contenido de MS, PC, EE, FC, Cenizas, ELN, FDN, FDA y se calculó el TND, ED y EM de las mezclas. IVTD consistió en la incubación de las muestras con líquido ruminal durante 48 h, seguida del tratamiento del residuo con una solución neutro-detergente. DISMS se realizó en dos vacas fistuladas con tiempos de incubación de 0, 3, 6,

Abstract

The effect of different apple and molasses concentrations on maize silage was tested on its nutritional characteristics and *in vitro* true digestibility (IVTD) and *in situ* dry matter digestibility (ISDMD) according to a factorial arrangement (4x3), with four apple (0, 25, 50 and 75%) and three molasses levels (0, 5 and 10%). Nutritional characteristics included DM, CP, EE, CF, NFE, NDF, ADF and TDN, DE and ME calculations. The IVTD method consisted in the incubation of samples with ruminal liquid for 48 h, followed by the residue treatment with a neutral-detergent solution. ISDMD was performed using two rumen fistulated cows at incubation times of 0, 3, 6, 12, 18, 24, 35, 48, 72, 96 and 144 h.

12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 y 144 h. Los datos obtenidos se ajustaron al modelo de Orskov & McDonald (1979) para establecer las fracciones soluble (A), insoluble (B), la tasa constante de degradación (kd), la degradabilidad potencial (DP = A+B) y efectiva (DE). Los tratamientos con 75% de manzana registraron mayores valores de IVTD (76.3%) y de los parámetros “kd” (0.055^ah⁻¹), “DE” (64.9%) y “DP” (85.6%). El uso de 0, 5 y 10% de melaza aumentó la IVTD (66.7^b, 70.1^a, y 72.2^a%), la fracción “A” (40.9^b, 43.2^b, 47.2^a%), “DP” (81.11^c, 84.00^b y 85.21^a%), “DE” (55.88^b, 62.55^a y 64.59^a%), pero redujo la fracción “B” (47.25^a, 41.63^b y 38.76^c%), respectivamente. La mezcla de 25:10 manzana-melaza ofreció el mejor costo-beneficio (4.28 \$/kg de MS digestible).

Palabras clave

Minisilos, bovinos, líquido ruminal.

The *In Situ* degradability data were adjusted to Orskov & McDonald (1979) model to establish soluble fraction (A), insoluble fraction (B) and constant degradation rate (kd), potential degradability (PD) and effective degradability (ED). Treatments with 75% of apple registered highest IVTD (76%) and “kd” (0.055^ah⁻¹), “ED” (64.9%) and “PD” (85.6%). The use of 0, 5 and 10% molasses increased the IVTD (66.7^b, 70.1^a, and 72.2^a%), A fraction (40.9^b, 43.2^b, 47.2^a%), “DP” (81.11^c, 84.00^b, 85.21^a%) and “DE” (55.8^b, 62.5^a, 64.5^a%), but decreased “B” fraction (47.25^a, 41.63^b and 38.76^c%), respectively. Best cost-benefit (4.28 \$/kg digestible DM) was achieved with 25:10 apple-molasses mix, showing that it is feasible to use the apple in the production of silages.

Keywords

Minisilos, cattle, ruminal liquid.

Introducción

El maíz es el principal cultivo forrajero en Durango, donde se utiliza de diferentes maneras; como son: forraje fresco, ensilado, henificado y los residuos de la cosecha del maíz (rastrojo de maíz), mazorcas y grano, que pueden molerse para obtener los suplementos alimenticios utilizados durante la época de estiaje (SIAP, 2011). El maíz es importante como forraje para ensilar por su productividad, riqueza en energía, facilidad de recolección, conservación y utilización de los animales, aunque es pobre en materias primas nitrogenadas y en algunos minerales (Alaniz, 2008). El valor nutritivo del ensilado de maíz puede ser mejorado con aditivos y materiales que contengan carbohidratos solubles para ayudar a garantizar una fermentación rápida y eficiente en el silo (Kung, 1997).

En algunas regiones de Durango, especialmente en las regiones de sierras y valles, como es el municipio de Nuevo Ideal, se utiliza el bagazo de manzana (*Malus domestica* L.) en la alimentación de ganado bovino criado para la producción de leche. En años de sobreproducción de manzana (*i. e.*, 2009), el bajo precio de la manzana de desecho (“ripio”, manzana pequeña, \$0.50 pesos mexicanos kilo⁻¹) hace necesaria la identificación de otras alternativas de uso y generación de valor agregado para este producto frutícola. El ripio y el bagazo resultante de la extracción de jugo, pueden representar una fuente importante de carbohidratos y energía para el ganado bovino.

El ripio, eventualmente, puede ser utilizado en la alimentación de rumiantes, ya que, el total de energía metabolizable en la manzana (2.08 Mcal EM/kg MS) es similar al del

ensilado de maíz (2.0-2.3 Mcal EM/kg MS); sin embargo, los contenidos de proteína, grasa, fibra cruda y calcio, son menores en el primero. Aunque su potencial como aditivo en procesos de ensilaje ha sido poco estudiado (Rust y Buskirk, 2008), entre las alternativas utilizadas, está la del ensilado de otros forrajes; tales como: el de maíz forrajero (*Zea mays* L.), Rye grass (*Lolium perenne* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), etcétera. El ensilaje es una práctica que contribuye a la conservación del forraje verde y picado de gramíneas y leguminosas (Reiber *et al.*, 2005).

Por otro lado, la melaza obtenida de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un insumo usado para complementar las raciones alimenticias; ya que, presenta alta concentración de sacarosa y otros azúcares solubles (Ruíz *et al.*, 2005). El empleo de las melazas en la preparación de dietas destinadas a la alimentación animal se justifica porque, aparte de su valor energético, incrementa la gustocidad y produce un efecto estimulante de la actividad de los microorganismos ruminales; además de que ejerce un mejoramiento en la calidad del ensilado (Ojeda *et al.*, 1991).

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum *et al.*, 1999). La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales; mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento (Giraldo *et al.*, 2006).

El valor energético se establece o estima por fórmulas, o bien, determinando la energía bruta (calorímetro) y ponderando el valor obtenido por, ya sea la digestibilidad o por los compuestos metabolizados (Arce *et al.*, 2003). La técnica *in situ* consiste en colocar la muestra en bolsas sintéticas e incubarlas en el rumen de animales fistulados para obtener el grado de degradabilidad (Mehrez & Ørskov, 1977).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de manzana de desecho (ripio) y melaza, sobre la digestibilidad y degradabilidad del ensilado de maíz forrajero producidos para la alimentación de ganado bovino.

Materiales y métodos

La producción de los ensilados de maíz adicionados con diferentes proporciones de manzana y melaza se llevó a cabo utilizando minisilos, realizándose en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), del estado de Durango.

Se prepararon doce mezclas (tratamientos) provenientes de cuatro niveles de manzana (0, 25, 50, y 75%) y tres niveles de melaza (0, 5, y 10%): 0-0%, 0-5%, 0-10%, 25-0%, 25-5%, 25-10%, 50-0%, 50-5%, 50-10%, 75-0%, 75-5% y 75-10% (peso/peso), el resto fue forraje de maíz con todo y mazorca de 90 días al corte. Inicialmente, se prepararon combinaciones de maíz forrajero picado (2-4 cm) con porciones de manzana, a los que luego se agregó la melaza y se mezcló, hasta obtener uniformidad del ensilado.

El proceso de fermentación se realizó en “minisilos”, en cubetas de PVC (policloruro de vinilo) con capacidad de 19 L, por triplicado (36 cubetas), cubiertas en su interior con bolsas de polietileno negro. Los minisilos se llenaron con 8 kg de cada mezcla, la cual fue compactada, para después cerrar las bolsas de polietileno con una liga elástica. Los minisilos se almacenaron a temperatura ambiente por un periodo de 50 días, suponiendo que el proceso de fermentación había finalizado y los cambios esperados en el forraje serían los esperados. El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con arreglo factorial (4x3), con tres repeticiones.

Cuadro 1
Composición química del forraje de maíz verde, manzana y melaza
utilizados en la producción de los minisilos.

	Forraje de maíz verde	Manzana de desecho	Melaza
MS (%) ¹	25.1±1.31	22.4±0.86	78.3±3.54
PC (%)	6.7±0.07	2.1±0.09	3.2±1.01
CEN (%)	8.7±0.12	3.1±0.07	9.4±1.12
ELN (%)	58.8±2.08	83.0±2.11	70.6±3.47
FDN (%)	42.5±2.42	7.9±0.31	---
FDA (%)	26.1±1.98	5.3±0.11	---

¹MS: materia seca en base tal cual, todos los demás valores están en base materia seca. PC = proteína cruda; CEN: cenizas; ELN = extracto libre de nitrógeno; FDN: fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido.

El análisis químico proximal (AQP) se realizó de acuerdo a los métodos descritos por la AOAC (2005): contenido de materia seca (MS) por desecación (AOAC 925.45), cenizas (CEN), por el método de incineración en seco (AOAC 938.08), extracto etéreo (EE), por extracción con éter de petróleo (AOAC 989.05), proteína cruda (PC), por el método Kjeldahl usando el factor N x 6.25 (AOAC 991.20) y extracto libre de nitrógeno (ELN), se determinó a partir de la diferencia de 100% menos el porcentaje de contenido de proteína, ceniza, fibra cruda y grasa. Además, se determinó la proporción de fibra detergente neutro (FDN) y fibra ácido detergente (FDA), con base en el método establecido por Van Soest (1991). Una de las variables relacionadas con la fermentación del material ensilado, como es el pH, fue determinado mediante el método descrito por Gupta y Pradhan (1977), resumiendo los resultados en el cuadro 2.

La determinación de la digestibilidad verdadera *in vitro* (IVTD), se realizó en el Centro de Ciencias Agropecuarias (CCA), de la Universidad Autónoma de Aguascalientes

(UAA) en Jesús María, Aguascalientes. Se determinó, por incubación de las muestras, durante 48 h en un incubador Daisy^{II} (ANKOM Technology Corp., Macedon, NY) siguiendo la técnica sugerida por el fabricante (ANKOM, 2011).

Las muestras de ensilado se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48h y se molieron en molino Wiley con una malla de 1 mm. Se pesaron 0.25 g de MS por duplicado por cada uno de los 36 minisilos y se colocaron en bolsas filtro de 5 x 5.5 cm de poliéster multicapa (Bolsas F57, ANKOM Technology Corp., Macedon, NY), previamente lavadas con acetona y secadas en estufa de aire forzado a 60°C durante dos horas. Las bolsas se sellaron y colocaron en las jarras de digestión del sistema Daisy^{II} (25 bolsas por cada jarra).

El inóculo se preparó a partir del líquido ruminal de una vaca adulta fistulada de 450 kg de raza Holstein, alimentada con dieta de vacas secas. En cada jarra se introdujo una bolsa de cada uno de los alimentos (25 en total), dos bolsas vacías (blanco) y dos bolsas con paja de avena de digestibilidad *in vitro* conocida (61% DIVMS) utilizada rutinariamente como estándar.

Las muestras se incubaron por 48 h a una temperatura de $39.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$, con agitación circular constante, tras lo cual, las bolsas se lavaron con agua fría con el fin de detener la fermentación. Se realizó el lavado de fibra detergente neutra (FDN) en el digestor de fibras ANKOM²⁰⁰ Fiber Analyzer (ANKOM Technology Corp. Macedon NY), utilizando la solución FDN del proveedor a 100°C durante 75 minutos y se secaron a 105°C durante 2 h en una estufa de aire forzado (Modelo HS, RIOSSA, México, D. F.). La digestibilidad verdadera *in vitro* (IVTD) se calculó como el porcentaje de la diferencia entre la MS incubada y el residuo después del tratamiento con FDN (ANKOM, 2011).

La evaluación *in situ* se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) del estado de Durango, ubicado en la carretera Durango-El Mezquital Km 4.5.

Se utilizaron dos bovinos hembras de 700 kg, uno de ellos cruza “Charolais” con “Angus” y el otro cruza “Simmental” con “Charolais” y fistuladas de rumen. Se utilizó la técnica de bolsas de nylon (Mehrez & Ørskov, 1977), cuyo tamaño fue de 20 x 10 cm con un poro promedio de 50 micras, para evitar la salida de ensilado. Estas bolsas se secaron previamente a 60°C por 24 horas, para llevarlas a peso constante y en cada una se colocaron 10 g MS de cada muestra de ensilado por tres repeticiones en cada tiempo (0, 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72, 96 y 144 h); las bolsas fueron colocadas en la porción ventral del rumen. Las muestras fueron introducidas en orden inverso al tiempo de incubación para ser retiradas posteriormente todas en conjunto. Las bolsas correspondientes al tiempo cero se introdujeron y se sacaron inmediatamente con la finalidad de humedecerlas con líquido ruminal (Nocek, 1988).

Análisis estadístico

En las pruebas de digestibilidad verdadera *in vitro*, con el método DAISY^{II}®, se utilizó un diseño completamente al azar con seis repeticiones para cada una de las formulaciones incluidas en la prueba. Los datos obtenidos se utilizaron en el análisis de varian-

za, el cual se realizó con base en el diseño experimental utilizado, mediante el paquete estadístico SAS (Ver. 8.1). La comparación de medias se obtuvo mediante la prueba de Tukey $P < 0.05$) (SAS, 1989).

Los parámetros de degradación *in situ* se estimaron con el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979) modificado por McDonald (1981):

$$d = A + B(1 - e^{-kd^*t})$$

Donde d = degradabilidad a tiempo t , t = tiempo de incubación, A = fracción soluble o rápidamente degradable; B = fracción insoluble pero potencialmente degradable (%), y k = constante de degradación de "B"; DP = degradabilidad potencial ($A+B$) y DE = degradabilidad efectiva a una tasa constante de pasaje (kp) 0.05^*h^{-1} .

Resultados

Composición química de los ensilados

El proceso de ensilado conlleva pérdidas importantes en el contenido de MS y de nutrientes en los diferentes tratamientos (cuadro 2). Se observó un decremento significativo en el contenido de MS conforme se incrementó la proporción de manzana en las mezclas; el valor más bajo se obtuvo en el tratamiento 75-0 manzana-melaza ($13.2 \pm 1.22\%$ MS). Lo contrario ocurrió al aumentar la proporción de melaza; ya que, se observó un aumento significativo de esta variable, obteniéndose los valores más altos en las mezclas con 10% de melaza.

El valor significativamente más alto para el contenido de proteína cruda se obtuvo con la mezcla 0-5 manzana-melaza ($7.5 \pm 0.27\%$ PC). El resto de los tratamientos mostraron similitud estadística para la fracción proteica del forraje. La adición de manzana incrementó el contenido de extracto libre de nitrógeno en el forraje ensilado de maíz, donde los valores más altos se registraron en los ensilados 75-5 y 75-10: manzana-melaza (66.3 ± 1.62 y $65.5 \pm 3.77\%$ ELN, respectivamente). Se observó un incremento en el contenido de cenizas (de 6.1 a 9.7 % Cen) con relación al mayor contenido de melaza.

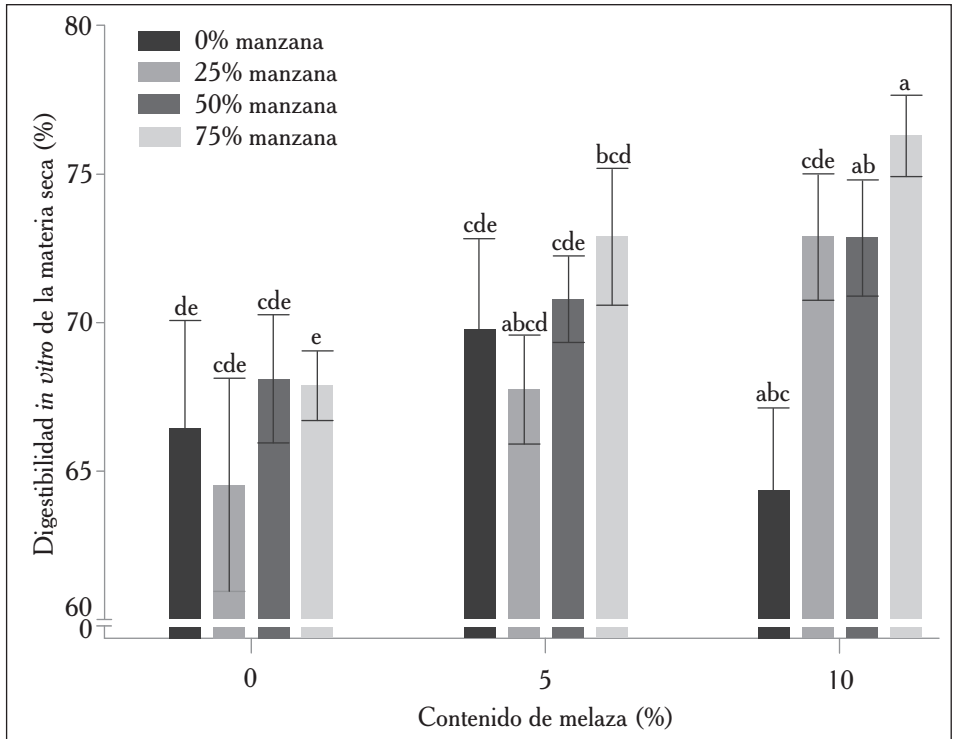
El contenido de FDN fue mayor en el ensilado 50-0 manzana-melaza ($63.1 \pm 1.78\%$ FDN), mientras que los valores más bajos se situaron en el tratamiento 75-5 ($43.3 \pm 2.89\%$ FDN) y 50-10, manzana-melaza. Se observó que el incremento en la proporción de manzana redujo el pH del ensilado de maíz, donde los valores significativamente ($P < 0.05$) más bajos se registraron en la proporción 75-0 manzana-melaza (pH 3.36). Los valores de TND, ED y EM (66.6%, 2.4 y 3.0 Mcal/kg MS, respectivamente) fueron mayores en los ensilados 50-10 y 75-0 manzana-melaza.

Digestibilidad verdadera in vitro (IVTD)

La incorporación de niveles crecientes de manzana y melaza tuvieron un efecto significativo sobre la digestibilidad verdadera *in vitro*, obteniéndose el valor mayor en las mezclas 75-10 manzana-melaza (76.3% IVTD); sin embargo, el valor más bajo (64.30% IVTD)

se obtuvo en la formulación 25-0 manzana-melaza (figura 1). La interacción de estos dos factores no tuvo efecto significativo sobre la digestibilidad verdadera *in vitro*.

Figura 1
 Digestibilidad verdadera *in vitro* (IVTD) de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana a 48h de fermentación por el método Daisy^{II} ANKOM



Barras representan el error estándar de la media (n=6).

Cuadro 2
Composición química y valores de pH de ensilados de maíz con niveles crecientes de manzana y melaza, después de 50 días de fermentación.

Proporción Manzana-melaza (%)	MS (%)	PC (%)	Cenizas (%)	FC (%)	ELN (%)	FDN (%)	FDA (%)	pH	TND (%)	ED (Mcal/kg MS)	EM (Mcal/ kg MS)
0-0	25.0 ^d	5.9 ^b	8.3 ^{abc}	22.9 ^{ab}	61.3 ^{bc}	59.5 ^{ab}	30.7 ^{ab}	3.60 ^{ab}	64.84 ^{ab}	2.86 ^{ab}	2.34 ^b
0-5	27.5 ^c	7.5 ^a	9.0 ^{ab}	21.7 ^{abdc}	60.4 ^{bc}	62.7 ^a	31.9 ^{ab}	3.63 ^{ab}	64.48 ^{ab}	2.84 ^b	2.33 ^b
0-10	29.9 ^b	6.7 ^b	9.5 ^a	21.5 ^{abdc}	60.7 ^{bc}	52.4 ^{bcd}	26.0 ^b	3.66 ^a	64.41 ^{ab}	2.84 ^b	2.33 ^b
25-0	23.0 ^d	6.3 ^b	7.3 ^c	24.6 ^a	66.2 ^c	63.3 ^a	33.2 ^{ab}	3.53 ^{ab}	65.16 ^b	2.87 ^{ab}	2.36 ^{ab}
25-5	24.5 ^d	6.3 ^b	8.0 ^{bc}	24.9 ^a	59.3 ^c	60.0 ^{ab}	30.3 ^{ab}	3.66 ^a	64.56 ^{ab}	2.85 ^b	2.33 ^b
25-10	34.6 ^a	6.3 ^b	8.0 ^{bc}	20.0 ^{abdc}	64.0 ^{abc}	55.5 ^{abc}	27.1 ^b	3.63 ^{ab}	66.04 ^a	2.91 ^a	2.39 ^a
50-0	17.6 ^f	6.3 ^b	8.9 ^{ab}	23.2 ^{ab}	60.0 ^c	63.1 ^a	35.6 ^a	3.43 ^{ab}	64.31 ^{ab}	2.84 ^b	2.32 ^b
50-5	20.9 ^e	6.2 ^b	8.1 ^{bc}	22.4 ^{abc}	61.9 ^{abc}	56.0 ^{abc}	28.4 ^b	3.56 ^{ab}	65.11 ^b	2.87 ^{ab}	2.35 ^{ab}
50-10	20.2 ^e	6.0 ^b	7.3 ^c	19.5 ^{cd}	65.5 ^{ab}	47.1 ^{cde}	27.4 ^b	3.60 ^{ab}	66.56 ^a	2.93 ^a	2.41 ^a
75-0	13.2 ^g	5.9 ^b	6.1 ^d	23.5 ^{ab}	62.8 ^{abc}	54.0 ^{abcd}	32.8 ^{ab}	3.36 ^b	66.45 ^a	2.93 ^a	2.40 ^a
75-5	13.4 ^g	5.8 ^b	8.5 ^{abc}	17.8 ^{cd}	66.3 ^a	43.3 ^c	27.7 ^b	3.50 ^{ab}	66.09 ^a	2.91 ^a	2.39 ^a
75-10	15.2 ^g	6.1 ^b	9.7 ^a	17.1 ^d	65.5 ^a	46.0 ^{de}	27.8 ^b	3.60 ^{ab}	65.36 ^b	2.88 ^{ab}	2.36 ^{ab}

Continúa en la pág. 87

Viene de la pág. 86

Proporción Manzana-melaza (%)	MS (%)	PC (%)	Cenizas (%)	FC (%)	ELN (%)	FDN (%)	FDA (%)	pH	TND (%)	ED (Mcal/kg MS)	EM (Mcal/ kg MS)
*CV (%)	6.91	10.86	10.16	12.5	4.52	6.86	7.70	1.72	4.40	1.39	1.02
EEM	0.39	1.43	2.04	0.03	5.88	0.62	0.54	0.01	5.87	0.05	1.01
Valor P	0.0001	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Los valores están expresados como media (n=6). MS: materia seca; PC: proteína cruda; ELN: extracto libre de nitrógeno; FDN: fibra detergente neutro. ^{a-g}. Valores promedio con diferente literal por columna son estadísticamente diferentes con base a la prueba de Tukey (P<0.05). CV: coeficiente de variación; MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo, FDN: fibra neutro detergente; FDA: fibra neutro detergente; EEM: error estándar de la media. TND: total de nutrientes digestibles; EM: energía metabolizable; ED: energía digestible.

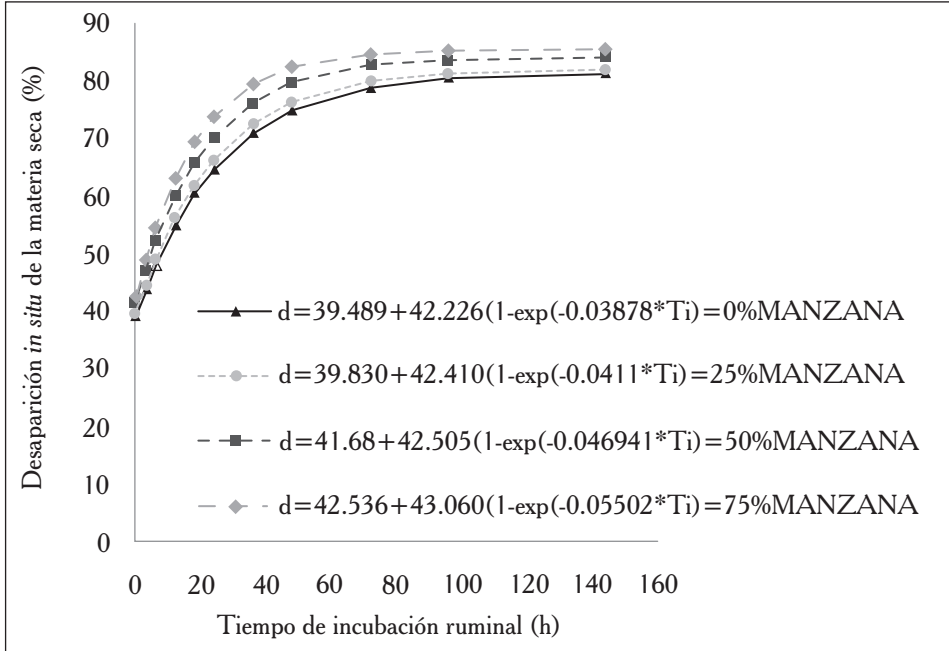
Degradabilidad ruminal in situ

Los parámetros generados por el modelo de Ørskov & McDonald (1979) indican efectos altamente significativos ($P < 0.01$) de la interacción manzana-melaza sobre la tasa constante de degradación (kd), degradabilidad efectiva de la materia seca (DE); degradabilidad potencial, encontrándose los valores más altos en las mezclas con 75% de manzana y 10% de melaza (0.055 h^{-1} y 64.98%, 85.60%, respectivamente); mientras que no se registró un efecto similar sobre la degradabilidad aislada de las fracciones A y B (39.49-42.53% y 42.22-43.06%, respectivamente), pero esto se explica por el efecto de las diferencias en la tasa de degradabilidad. Las fracciones solubles se incrementaron (de 40.96 a 47.16%); sin embargo, se redujo la fracción insoluble (de 47.25 a 38.76%), (cuadro 3).

La representación gráfica del modelo de Ørskov & McDonald (1979) a los valores de degradabilidad observados demostró un alto grado de ajuste ($r^2 = 0.97-0.99$). Los parámetros generados por el modelo indican efectos altamente significativos ($P < 0.01$) del aumento en la inclusión de manzana sobre la tasa constante de degradación (kd) y la degradabilidad efectiva de la materia seca (DE), pero no en las fracciones soluble A e insoluble B; lo cual demuestra la gran importancia que tienen los factores que afectan la tasa de digestibilidad sobre la digestibilidad esperada (figura 2).

Figura 2

Representación gráfica para la degradabilidad *in situ* de la materia seca de ensilados elaborados con diferentes combinaciones de maíz-manzana, según el modelo matemático de Ørskov & McDonald (1979).



Cuadro 3

Efecto del contenido de manzana y melaza sobre los parámetros de degradación ruminal *in situ* y degradabilidad efectiva de la materia seca presente en diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza.

Parámetros	%Manzana en la dieta (Ma)				%Melaza en la dieta (Me)				Probabilidad de ANDEVA			
	0	25	50	75	0	5	10	10	EEM	Ma	Me	Ma*Me
A (%)	39.49 ^a	39.83 ^a	41.69 ^a	42.53 ^a	40.96 ^b	43.25 ^b	47.16 ^a	47.16 ^a	1.26	0.536	0.001	0.000
B (%)	42.22 ^a	42.50 ^a	42.44 ^a	43.06 ^a	47.25 ^a	41.63 ^b	38.76 ^c	38.76 ^c	0.96	0.827	0.000	0.001
C (%)	17.45 ^a	17.13 ^a	15.56 ^{ab}	14.74 ^b	18.05 ^a	15.67 ^b	14.93 ^b	14.93 ^b	0.51	0.004	0.002	0.204
kd (h ⁻¹)	0.039 ^c	0.041 ^{bc}	0.047 ^b	0.055 ^a	0.044 ^a	0.045 ^a	0.048 ^a	0.048 ^a	0.18	0.000	0.231	0.000
DP (%)	81.73 ^c	82.38 ^c	84.11 ^b	85.60 ^a	81.11 ^c	84.00 ^b	85.21 ^a	85.21 ^a	0.51	0.000	0.000	0.000
DE (%)	57.92 ^b	58.92 ^b	62.22 ^{ab}	64.98 ^a	55.88 ^b	62.55 ^a	64.59 ^a	64.59 ^a	0.97	0.004	0.014	0.007

^{a-c} Literales diferentes por fila denotan diferencias significativas (Prueba de Tukey; $P < 0.05$). EEM = Error estándar de la media. A = Fracción soluble; B = Fracción potencialmente digestible; C = Fracción no digestible; C = 100 - (A+B); Kd = Tasa de digestibilidad de la fracción B; DP = A+B; Fracción potencialmente digestible; DE = Digestibilidad esperada para Kp = 5%/hora; DE = $A + [(B*kd)/(kd+kp)]$.

Análisis de costos

El análisis del costo de los tratamientos se llevó a cabo a partir del precio de mercado de cada ingrediente (ensilado de maíz: \$1.00, manzana “ripio”: \$0.50, melaza: \$4.50/kg BH) multiplicándolo por el porcentaje de materia seca de cada uno (cuadro 2), y por su porcentaje de digestibilidad verdadera *in vitro*, para obtener el precio por kg de materia seca digestible (cuadro 4). Aparentemente, las mezclas con el mayor contenido de manzana deberían obtener el precio más bajo; sin embargo, debido al menor contenido de MS de la misma, hace que se eleve el costo del producto final.

Por otro lado, a mayor contenido de melaza se debería obtener un mayor costo de la mezcla, debido al precio de este aditivo. No obstante, la formulación de 25:10 manzana-melaza alcanzó una combinación óptima de materia seca y digestibilidad, por lo cual se obtuvo también el menor costo de producción de los ensilados (\$4.28/kg MS digestible).

Cuadro 4

Relación de costos en las diferentes formulaciones de ensilados de maíz, manzana y melaza, por kg de MS digestible.¹

Contenido de melaza (%)	Contenido de manzana (%)			
	0	25	50	75
0	\$5.02	\$4.90	\$5.32	\$5.77
5	\$5.34	\$5.30	\$5.38	\$7.15
10	\$5.54	\$4.28	\$6.57	\$7.63

¹ El costo por kg de materia seca digestible se calculó por la multiplicación del precio del producto comercial (\$/kg BH) por el valor de materia seca (%MS) por el porcentaje de digestibilidad de la materia seca *in vitro* (% Dig MS).

Discusión

Composición química de los ensilados

En la literatura se recomienda que la MS del maíz forrajero a ensilar sea de un 25 a 35%, para lograr buena compactación del material, propiciar condiciones de anaerobiosis e inhibir el crecimiento de *Clostridium* (Catchpoole y Henzel, 1991). En este experimento, únicamente las formulaciones con 100 y 75% de ensilado de maíz (0 y 25% manzana, respectivamente) presentaron un contenido de MS fue superior al 25%, establecido como adecuado en ensilajes cuando no hay producción de efluentes (Clavero y Razz, 2008). Cuando el forraje a ensilar es muy alto en humedad, el contenido de ma-

teria seca puede ser aumentado parcialmente con la adición de melaza. Estos resultados son similares a los reportados por otros investigadores donde utilizaron el 4% de melaza en ensilajes mixtos de gramíneas y leguminosas (Suárez *et al.*, 2011).

La adición de manzana redujo el pH del ensilado rápidamente, gracias a una fermentación láctica adecuada (Ojeda y Díaz, 1991). El bajo pH obtenido (<3.66) se explica por el contenido normal de ácidos orgánicos del producto (aspartato, malato o fumarato); y, además, por la formación de ácido láctico, que si bien no es constituyente de la manzana, se produce por fermentación anaeróbica de la pulpa. Esta característica protege de la proliferación de bacterias indeseables (principalmente del género *Clostridium*) e inhibe la respiración de las plantas, la cual es una forma de pérdida de energía en el ensilaje. La alta proporción de carbohidratos solubles de la manzana (>83.0%) y su consistencia pastosa, que limita el ingreso de aire, ofrecen óptimas condiciones para una fermentación anaeróbica.

La adición de manzana y melaza no modificó significativamente el contenido de proteína cruda de los ensilados (rango 5.8-7.5% PC); incluso, cuando la inserción de las fuentes de carbohidratos con bajo contenido de proteína (manzana: 2.2%PC, melaza: 4.3% PC) pueden tener un efecto de dilución (López *et al.*, 2009). La manzana es rica en azúcares simples, lo que lo hace un potencial aditivo para la fermentación en procesos de ensilaje (Anrique, 1992).

El contenido de cenizas incrementó, al aumentar la proporción de melaza en la formulación (de 6.10% a 9.70%, en 75:0 manzana-melaza y 75:10: manzana-melaza, respectivamente) debido a que la melaza presenta una concentración de minerales que va desde 9% hasta 13.30% (Ossa *et al.*, 2010; Fajardo y Sarmiento, 2007; NRC, 2001, respectivamente). Un contenido de ceniza mayores a 14%, son asociados a contaminación con suelo durante la cosecha o elaboración del ensilaje (Chaverra y Bernal, 2000).

Los contenidos de FDN y FDA de las mezclas disminuyeron con la adición gradual de manzana y melaza, este fenómeno se atribuye al efecto aditivo de componentes solubles de la melaza sobre el contenido total de materia seca (Betancourt *et al.*, 2002). Los contenidos de FDA de los forrajes están correlacionados negativamente con el consumo y la digestibilidad.

Digestibilidad verdadera in vitro

Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos para la digestibilidad verdadera *in vitro*, atribuibles al alto contenido de azúcares solubles que tienen la manzana y melaza disponibles para los microorganismos ruminales (Linares *et al.*, 2003). Esto podría llevar a un efecto de sincronización en el rumen; en el que la energía, la proteína y los minerales disponibles tienen un efecto sinérgico sobre el incremento de la solubilidad de la pared celular y, como consecuencia, aumento de la actividad de la microbiota ruminal (Sinclair *et al.*, 1993).

En el rumen, el tamaño y la forma de las partículas determinan la velocidad de su degradación por los microorganismos. Los valores de IVTD obtenidos en este trabajo son mayores a los informados por Di Marco *et al.* (2005) en ensilados de maíz (61.60% DIVMS),

cosechado en estado lechoso; sin embargo, coinciden con los resultados reportados por López *et al.* (2009), quienes manifiestan un aumento de la IVTD (80.40%) con la inclusión de pulpa de cítricos en el ensilaje.

Degradabilidad in situ

La combinación de 75:10 manzana-melaza se degrada más rápido que los demás tratamientos; ya que, esta formulación presenta una mayor cantidad de carbohidratos solubles y se encuentran en mayor disponibilidad para los microorganismos ruminales (Pulido y Leavep, 2000). Esto es importante en la alimentación del ganado bovino de engorda, aunque una tasa de degradabilidad demasiado rápida puede ocasionar problemas digestivos, en especial la acidosis ruminal (Owens *et al.*, 1998). Valores de degradabilidad cercanos a 84% se han encontrado al suministrar altos niveles de pomasa de manzana, asociada a una disminución del pH ruminal y a una menor actividad celulolítica (Gasa *et al.*, 1988).

Por otro lado, Manterola *et al.* (1999) encontraron niveles de degradabilidad ruminal sensiblemente más bajos (DISMS <50%), que no son concordantes con los niveles esperados. Ambos resultados sugieren que al utilizar manzana se debe cuidar el nivel de suministro; la frecuencia de alimentación o el mezclado de alimentos para evitar descensos de pH que afecten negativamente la fermentación celulolítica ruminal y el aprovechamiento de la ración total.

La fracción soluble o rápidamente degradable (A) de los ensilados de maíz-manzana (39.49-42.53%), fue mayor que los niveles reportados por Anrique y Viveros (2002) en trabajos de pomasa ensilada (26%), siendo también concordante con el contenido de carbohidratos no estructurales promedio (>30%) que posee este ingrediente (Chase y Overton, 1999). Los resultados obtenidos de fracción insoluble (B) (42.22%) en los ensilados de maíz sin adición de manzana, son menores a los reportados por Anrique y Viveros (2002) en pomasa de manzana fresca y ensilada (62.30% pomasa fresca y 75.70% pomasa ensilada).

Tasas de degradación inferiores a $0.02 \cdot h^{-1}$ son características de alimentos de baja calidad que necesitan mayor tiempo de permanencia en el rumen para su degradación (Sampaio, 1988). Las tasas de degradación son menores a los reportados por Anrique (2002) en pomasa ensilada ($0.065 h^{-1}$) y pomasa fresca ($0.076 h^{-1}$).

Los niveles de FDA presentes en el ensilado de maíz disminuyen la digestibilidad del forraje y trae como consecuencia una disminución en la tasa de degradación y en la tasa de pasaje del forraje a través del rumen, afectando a su vez, el consumo de MS (Razz *et al.*, 2004; Pulido y Leavep, 2000). Anrique y Viveros (2002) ensilaron pomasa de manzana y obtuvieron valores de degradabilidad potencial de 85%, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación.

Conclusiones

La adición de manzana en ensilado de maíz forrajero, en combinación con melaza, favoreció la fermentación anaeróbica de los ensilajes, reduciendo el pH e incrementando la cantidad de energía disponible en el ensilado, pero mantuvo sin cambios el déficit proteico. El empleo de manzana de desecho (ripió) en los ensilados de maíz incrementa la digestibilidad *in vitro* y degradabilidad efectiva de dichos ensilados. El análisis de costos indica que la formulación 25:10 (manzana-melaza) es la mejor opción para la producción de ensilados debido a que presenta un balance óptimo de precio, materia seca y digestibilidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Industria Agrotrónica Gaia, S. A. de C. V., así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo financiero para la realización del experimento.

Literatura citada

- Alaniz, V.O. (2008). Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Regional Durango. Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, p. 1-35.
- ANKOM. (2011). In vitro true digestibility using DAISY incubator. http://www.ankom.com/media/documents/IVDMD_0805_D200.pdf. (Consultado el 16 noviembre de 2011).
- Anrique, R. (1992). Caracterización nutricional y uso de algunos subproductos para alimentación de rumiantes. En: Latrille, L. y Balochi, O. (Eds.). Producción Animal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción Animal. 35(1): 13-22.
- Anrique, R. y Viveros, M. P. (2002). Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pulpa de manzana. *Arch. Med. Vet.* 2: 189-197.
- Arce, C.; Arbaiza, T.; Carcelen, F. y Lucas, O. (2003). Estudio comparativo de la digestibilidad en forrajes mediante dos métodos de laboratorio. *Rev. Inv. Vet. Perú* 14 (1): 7-12.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2005). *International Official Methods of Analysis*. 15th Ed. The Association of Official Analytical Chemists: hapter 32: 1, 2, 5 y 14, Washintong. U.S.A.
- Betancourt, M.; Clavero, T. y Razz, R. (2002). Características nutritivas del ensilaje de *Leucaena leucocephala* con diferentes aditivos. *Revista Científica* 7 (Supl. 2):502-504.
- Bochi-Brum, O.; Carro, D.; Valdés, C.; González, J. y López, S. (1999). Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Arch. Zoot.*, 48(1):51-61.
- Catchpoole, V. y Henzel, E. (1991). Silage and silage making from tropical herbage species. *Herbage* 41: 213-221.
- Chase, L. E. y Overton, T. R. (1999). *Alternative feeds for dairy rations*. Dairy Nutrition Fact sheet, 99-01. Cornell University. 292 pp.
- Chaverra, G. y Bernal, E. (2000). *Ensilaje en la alimentación de ganado vacuno*. IICA. Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia. 123 pp.
- Clavero, T. y Razz, R. (2008). Dinámica de la fermentación inicial de ensilaje de *Albizia lebbek*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 25 (4):665.
- Di Marco, O. N.; Aello, M. S. y Arias, S. (2005). Digestibility and ruminal digestion kinetics of corn silage. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57(2):223-228.
- Fajardo, E. y Sarmiento, S. (2007). Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Sacharomyces cerevisiae*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. *Scientia Agropecuaria* (2):24 pp.

- Gasa, J.; Castrillo, C. y Guada, L. (1988). Valor nutritivo para los rumiantes de los principales subproductos de la industria conservera de hortalizas y frutas: pulpa de manzana. *Investigación Agrícola*. (Chile) 3: 93-108.
- Giraldo, C.; Valderrama, E.; Montoya, L. y Armbrecht, I. (2006). *Efecto de Tithonia diversifolia* (Assteraceae) sobre herbivoría de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). En: Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Enero, 113 pp.
- Gupta, M. L. y Pradhan, K. (1977). Chemical and biological evaluation of ensiled wheat straw. *J. Dairy Sci.* 1977. (60):1088.
- Kung, L. (1997). *A review on silage additives and enzymes*. Department of Animal and Food of Sciences University of Delaware Newark, D. E. (19):717-1303.
- Linares, C. P.; Salinas, C. H. y Hernández, B. D. (2003). *Digestibilidad in situ y degradabilidad ruminal de raciones con distintos niveles de lípidos de baja biohidrogenación ruminal*. XXXI Reunión Anual de la AMPA, Phoenix, Arizona, EUA. Pp. 193-198.
- López, H. M.; WingChing, J. R. y Rojas, B. A. (2009). Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). *Agronomía Costarricense* 33(1): 1-15.
- Manterola, H. D.; Cerda, J.; Mira, E.; Porte, L.; Shiran, G. y Casanova. (1999). Efecto de incluir pomasa de manzana ensilada sobre la degradabilidad de la materia seca y proteína bruta y sobre parámetros ruminales y sanguíneos. *Avances en Producción Animal* (ene-dic), p. 31-39.
- McDonald, I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 96: 251-256.
- Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. (1977). The use of a Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 88: 645-650.
- Nocek, J. E. y Russell, J. B. (1988). Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71:2070-2107.
- NRC. (2001). *National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th Ed. (Rev). Washington D.C. National Academy Press. 401 pp.
- Ojeda, F. y Díaz, D. (1991). Ensilaje de gramíneas y leguminosas para la producción de leche. I. *Panicum maximum* cv. Likoni y *Lablab purpureus* cv. Rongai. *Pastos y Forrajes* (14):175-184.
- Ørskov, E. R. y McDonald, I. (1979). The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92:499-503.
- Ossa, J.A.; Vanegas, M.C. y Badillo, A.M. (2010). Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum*. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 13 (1): 97-104.
- Owens, F. N.; Secrist, D. S.; Hill, W. J. y Gill, D. R. (1998). Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.*, 76:1, 275-286.
- Pulido, R. y Leavep, J. D. (2000). Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesq. Agropec. Bras.* 35(5): 1103-1109.
- Razz, R.; Clavero, T. y Vergara, J. (2004). Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Rev. Científica.* 15(5): pp. 424-430.
- Reiber, C. H.; Cruz, E. y Peters, M. (2005). *El ensilaje alternativa para conservar forrajes*. Plegable. Programa de Forrajes Tropicales. Centro de Agricultura Tropical. Colombia. 108 pp.
- Rust, S. y Buskirk, D. (2008). Feeding Apples or Apple Pomace in Cattle Diets. *Cattle Call*, 13, 2. Disponible en: <http://beef.msu.edu/LinkClick.aspx?fileticket=KjL6uucc9Mg%3D&tabid=537>. (Consultado en marzo de 2011).
- Sampaio, I. B. (1988). *Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in the rumen and growth ruminants*. PhD. Thesis. University of Reading. UK. 200 pp.
- SAS. (1989). *Statistical Analysis System. User's Guide: Statistics, Version 6th*. Edition. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina, USA.
- SIAP. (2011). *Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>. (Consultado en marzo de 2011).

- Suárez, R.; Mejía, J.; González, M.; García, D. E. y Perdomo, D. A. (2011). Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Glicidia sepium* con la utilización de aditivos. *Pastos y Forrajes*, 34:1.
- Sinclair, L. A.; Garnsworthy, P. C.; Newbold, J. R. y Buttery, P. J. (1993). Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis. *J. Agric. Sci. Camb.*, 120: 251-263.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*: 74(1): 3583-3597.

Recibido: Septiembre 24, 2012

Aceptado: Marzo 13, 2013

Efecto de la humedad relativa sobre la reproducción del caracol de tierra (*Helix aspersa* Müller)♦

Effect of relative humidity on the land snail reproduction
(*Helix aspersa* Müller)

Fernández, H. Á.

Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo"
Lambayeque, Perú.

*Correspondencia: thegoodboy_3000@hotmail.com

♦Nota técnica

Resumen

En El Alto, Ferreñafe, Perú, en vista de resultados pobres en la cantidad de huevos por puesta y en el porcentaje de eclosión del caracol de tierra (*Helix aspersa* Müller), se asumió que bajos porcentajes de Humedad Relativa podría estar afectando a estas variables. En el presente experimento se implementaron cajas de incubación con diferentes niveles de HR; evaluándose el efecto de cuatro porcentajes de HR (50, T₁; 60, T₂; 70, T₃, y 80, T₄) sobre la postura, duración de la incubación y porcentaje de eclosión. Respectivamente, para T₁ hasta T₄, se obtuvo: 47.9^c, 68.6^b, 85.8^a y 100.7^a huevos puestos por caracol; 22.3^a, 18.4^b, 15.5^c y 13.9^d días de incubación; 38.4^d, 62.6^c, 68.9^b y 76.2^a% de eclosión por postura.

Palabras clave

Helix aspersa, incubación, postura, eclosión.

Abstract

In El Alto, Ferreñafe, Peru, a problem of reduction in the number of eggs per clutch and the hatching rate of the land snail (*Helix aspersa Müller*) is present. Low percentages of relative humidity (RH) may be affecting these variables. On the present experiment incubation boxes with different levels of relative humidity were implemented. The effect of four percentages of RH (50, T₁, 60, T₂, 70, T₃, and 80, T₄) on laying, duration of incubation and percentage of hatching were evaluated. The results showed for T₁ to T₄ respectively: 47.9^c, 68.6^b, 85.8^a and 100.7^a eggs laid per snail; 22.3^a, 18.4^b, 13.9^d and 15.5^c days of incubation; 38.4^d, 62.6^c, 76.2^a and 68.9^b percentage of hatching by clutch.

Keywords

Helix aspersa, incubation, posture, hatching.

En Europa, el consumo de carne del caracol *Helix aspersa* Müller se ha visto incrementado en los últimos años, pero en países tradicionalmente productores—como Francia, Alemania, Italia, España— la producción se ha mantenido creando una demanda insatisfecha de carne de caracol. Esta demanda insatisfecha resulta atractiva para países productores de carne de caracol; al ser Perú un país productor (y habilitado por la Comunidad Económica Europea para poder introducir carne de caracoles de tierra a su mercado), se verían beneficiadas las empresas peruanas productoras de este molusco, si empiezan crianzas intensivas de la especie *Helix aspersa* Müller; sin embargo, es necesario que se logren producciones de carne de caracol rentables y satisfactorias para las empresas.

En este contexto, debe mencionarse que en El Alto, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, Perú, se ha implementado una explotación para producción intensiva de caracoles con fines de exportación bajo condiciones de campo, ubicado a 6.60 latitud Sur y 79.74 latitud Oeste, observándose una alta variabilidad en el periodo de incubación (15-30 días) y en el rendimiento de eclosión.

Debido a las condiciones ecológicas de la zona, se asumió que las variaciones de humedad relativa “HR” son la principal causa de los pobres resultados, aun cuando se emplean riegos de aspersión, la humedad no puede mantenerse en el ambiente; por ello, se considera que es conveniente evaluar el empleo de cajas de incubación en las que se puedan controlar diferentes niveles de HR; razón por la cual, se planteó como objetivo evaluar la postura, la incubación y el porcentaje de eclosión de caracoles de tierra al modificar la humedad relativa.

Para ello, el trabajo experimental se desarrolló en condiciones de una crianza intensiva ubicada en el Sector El Alto, del distrito y provincia de Ferreñafe, Perú; las condiciones predominantes son las del bosque seco tropical, con temperaturas que fluctúan entre los 15 y los 25°C en el invierno (julio-setiembre) y en el verano entre 22 y 33°C; la humedad relativa del ambiente se mantiene entre 50 y 60% en el invierno y entre 65 y 75% en el verano; en este último, se dispone de trece horas de luz solar, una menos en invierno.

El ensayo se condujo en el interior del galpón de crianza, construido con postes de eucalipto y malla, con techo de manta arpillera templada. Los tratamientos implementados fueron cuatro diferentes niveles de HR: T₁, 50%; T₂, 60%; T₃, 70%; T₄, 80%.

Se trabajó con tres cajas con cuarenta caracoles cada una por tratamiento, y con tres repeticiones para ciento veinte caracoles adultos, por tratamiento; y un total de cuatrocientos ochenta caracoles aptos reproductivamente, seleccionados de los galpones de producción y distribuidos al azar. Estos caracoles, al momento de ser seleccionados, debían de tener un peso no menor a 6 g, no deben presentar manchas amarillas ni tener un olor desagradable; deben cumplir perfectamente con sus actividades fisiológicas. Asimismo, deben tener una edad no menor a cinco meses. Los caracoles son hermafroditas incompletos, no es necesario identificar el sexo.

Se construyeron cajas de madera balsa (tablas de 1”) con tapa, con las siguientes medidas: largo: 60cm, ancho: 40cm, alto: 15 cm, equivalente a una densidad de ciento sesenta y siete caracoles por metro cuadrado; acondicionadas con esponjas para mantener la humedad relativa; la temperatura en cada tratamiento se mantuvo similar y tuvo un promedio de 27°C; sobre todo, contaron con depósitos para la postura; éstos estuvieron llenos de tierra esterilizada a 120°C de temperatura. La alimentación consistió en follaje de maíz, col china y agua.

Verificada la postura en los recipientes, éstos fueron llevados a las cajas de incubación con las mismas condiciones ambientales de la caja de reproducción, permitiendo el conteo de huevos a los cinco días de la postura. En cada caja hubo un higrómetro, para medir y controlar temperatura y humedad. Las cajas de reproducción y de incubación estuvieron colocadas en un andamio de eucalipto y junto a un sistema de riego, con el que se mantuvo la humedad relativa; este sistema constó de una manguera y un balde con grifo.

Diariamente se supervisaron las cajas de reproducción e incubación para la evaluación de las variables. Verificada la postura en los recipientes, éstos fueron llevados a las cajas de incubación con las mismas condiciones ambientales de la caja de reproducción, permitiendo el conteo de huevos a los cinco días de postura.

El ensayo tuvo una duración efectiva de noventa días. Los resultados se analizaron mediante varianza de un diseño completamente al azar; en los casos que el valor de F fue significativo, se aplicó la prueba de recorrido múltiple de Duncan ($P \leq 0.05$) y se realizó un análisis de regresión para determinar el comportamiento de las variables en función de los porcentajes de HR.

En el cuadro 1, se presentan los resultados referentes a las variables evaluadas.

Cuadro 1
Postura, duración de la incubación y porcentaje de eclosión en *Helix aspersa*
con diferentes niveles de humedad relativa.

Variables	Humedad relativa (%)				EEM	P
	50	60	70	80		
Postura (número)	47.9 ^c	68.6 ^b	85.8 ^a	100.7 ^a	23.04	0.01
Incubación (días)	22.3 ^a	18.4 ^b	15.5 ^c	13.9 ^d	1.49	0.001
Eclosión (%)	38.4 ^d	62.6 ^c	68.9 ^b	76.2 ^a	23.74	0.001

^{a,b} Letras diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$, Duncan) entre tratamientos.

^{*EEM} = Error Estándar de la muestra.

Respectivamente, para 50, 60, 70 y 80% de HR se obtuvo, en promedio, 47.9, 68.6, 85.8 y 100.7 huevos por puesta; 22.3, 18.4, 15.5 y 13.9 días de incubación; y 38.4, 62.6, 68.9 y 76.2% de huevos eclosionados por puesta. En todas las variables, las diferencias entre tratamientos alcanzaron significación estadística ($P \leq 0.01$, 0.001). Si se hace al tratamiento 1 (50% de HR), como el referente se observa que los tratamientos 2, 3 y 4 lo superaron en 43.2, 79.1 y 110.2% en la cantidad de huevos puestos; disminuyeron en 17.5, 30.5 y 37.7% en incubación, e incrementaron en 24.2, 30.5 y 37.8% en eclosión.

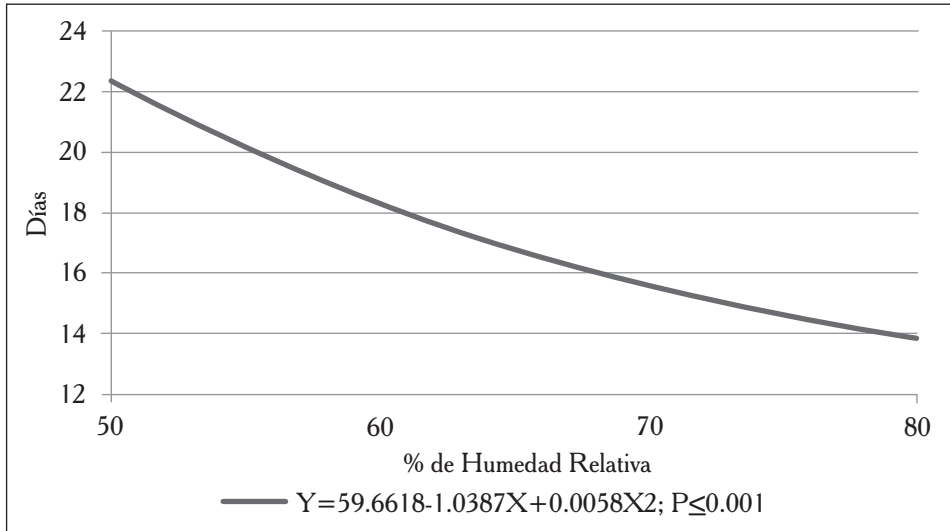
El análisis de regresión realizado con las tres variables mostró significación estadística; el componente lineal explicó la mayor parte de la variación en los tres casos. Sin embargo, la ecuación de mayor predicción correspondió a la longitud de la incubación (figura 1).

Los resultados muestran que es necesario asegurar tenores de humedad relativa de 80% en las cámaras de reproducción, para asegurar una mayor producción de huevos por puesta. Con valores relativamente bajos de humedad relativa se logran cantidades que están por debajo de los cincuenta y nueve a ciento ocho huevos por puesta, reportados por Daguzan (1981), Koene y Chase (1998), Wayne (2001), así como por Antkowiak y Chase (2003); sin embargo, Olivares (2008) reportó un rango más amplio, de 20 a 273 huevos por puesta. En el caso de estos investigadores, los factores de temperatura y humedad relativa fueron considerablemente variables, lo que podría explicar el mayor rango obtenido en su investigación.

En el presente experimento, conforme fue transcurriendo el tiempo, la cantidad de huevos por puesta se incrementó, lo que se puede deber a varios factores, como el acostumbramiento a las cámaras y al incremento en la temperatura en el mes de noviembre; que, junto con las humedades altas, habría permitido una mayor producción de huevos (Hand y Hardewig, 1996; Pedler *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1996; Brooks y Storey, 1997; Hand, 1998; Guppy y Withers, 1999; Bishop y Brand, 2000; Fraser *et al.*, 2001; Hochachka y Lutz, 2001; Storey, 2002).

Figura 1

Tendencia de la duración de la incubación según humedad relativa.



Desde el punto de vista de la helicultura, la duración del periodo de incubación es un factor de importancia, debido a que cuanto más corto es, permite la reutilización de las instalaciones la mayor cantidad de veces por periodo de tiempo; además de que se puede conseguir una mayor cantidad de especímenes en ese mismo periodo. Cuéllar *et al.* (1987), al utilizar cámaras (cajas) de reproducción en las que la HR fue de 90% y la temperatura entre 18 y 19.3°C, determinaron duraciones del periodo de incubación entre seis a 17 días, con un promedio de nueve días. En el caso de Olivares (2008), el promedio fue de 18.97 días y el rango más amplio (de ocho a 32 días).

Los caracoles de tierra, en un hábitat con 80% humedad relativa, tienden a aparearse más por encontrarlo más ideal que en un hábitat con menor humedad relativa; por lo tanto, en un hábitat con 80% de humedad relativa habrá mayor número de puestas.

Para días de incubación, la desviación estándar es inversa; debido a que se va reduciendo conforme se va incrementado el porcentaje de HR; siendo en 80% de HR la menor desviación estándar; por lo tanto, la distancia entre la media y los datos de días de incubación es 1.16. El porcentaje de eclosión va aumentando conforme lo hace la HR, debido a que el porcentaje de eclosión guarda relación con la cantidad de huevos puestos por caracol.

Los datos de eclosión indican que la HR es un factor importante para lograr mejor respuesta en el proceso reproductivo. Esto es reforzado por el escaso porcentaje de eclosión, logrado dentro del tratamiento con 50% de HR. Olivares (2008), al trabajar con condiciones muy variables de HR (2-98%) en Chile, reporta tasas de natalidad

también variables, de 2.33 a 100%, con un promedio de 68.40%, y el coeficiente promedio de eclosión fue de 32 juveniles por puesta.

Las variaciones extremas en la natalidad, como en otras características, son atribuidas a las variaciones en las condiciones de humedad relativa. En el presente experimento, sólo el tratamiento que recibió 80% de HR estuvo muy próximo al promedio de eclosión reportado por Olivares (2008). Como ha sido mencionado por Aguilar (2004), en Perú, la zona ideal de crianza es la costa central, debido a que es más fácil disponer de HR, temperatura y horas luz que requieren los caracoles. Sin embargo, en la costa norte en la que la HR es considerablemente menor, debe generarse la tecnología necesaria para hacer posible su adecuado rendimiento; para ellos, una estrategia es el empleo de cámaras de postura e incubación —como las empleadas en el presente experimento— para garantizar permanentemente las condiciones óptimas que requieren los caracoles, sobre todo si se consideran explotaciones de tipo extensivo (Galloti, 2001).

Por lo tanto, en el nivel de 80% de HR se logran los mejores resultados por el incremento de la postura y del porcentaje de eclosión, por medio de este sistema de cajas. Se podría sugerir un modelo de crianza por cajas, donde se aproximen la cantidad de caracoles que se obtendrían en forma anual y mensual, debido a que estos incrementos ayudarían a tener un número aproximado de puestas y eclosiones por caracol y tener un cálculo más preciso para la crianza de esta especie; así como por disminuir los días de incubación. Esto nos ayudaría enormemente a producir mayor cantidad de caracoles en menor tiempo y con el mismo costo, implicando una mayor eficiencia de las operaciones y de las instalaciones del criadero de caracoles.

Agradecimientos

A la Asociación de Promotores Agrarios de Lambayeque (APROAL), Perú. Al Programa de Ciencia y Tecnología: Financiamiento para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCYT), BID-Gob. Perú, y al Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos.

Literatura citada

- Aguilar, A. (2004). *Demanda de caracoles de tierra*. Tesis de licenciatura. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú.
- Antkowiak, T. y Chase, R. (2003). Sensory innervation of the ovotestis in the snail *Helix aspersa*. *The Journal of Experimental Biology*, 206: 3913-3921.
- Bishop, T. y Brand, M. D. (2000). Processes contributing to metabolic depression in hepatopancreas cells from the snail *Helix aspersa*. *J. Exp. Biol.*, 203: 3603-3612.
- Brooks, S. y Storey, K. B. (1997). Glycolytic controls in estivation and anoxia: a comparison of metabolic arrest in land and marine mollusks. *Comp. Biochem. Physiol.*, 118: 1103-1114.
- Cuéllar, L.; Pérez-García, T.; Fontanillas, J. C. y Sotillo, J. L. (1987). Estadísticos reproductivos de *Helix aspersa* L. Var. Máxima en ambiente controlado. *An. Vet. (Murcia)*, 3: 99-102. Disponible en: www.google.com.pe/search?q=Estadísticos+reproductivos+de+Helix+aspersa+en+ambiente+controlado&rlz=1C1GGGE_esPE478&sugexp=chrome,mod=1&sourceid=chrome&ie=UTF_8 (Consultado en agosto de 2012).
- Daguzan, J. (1981). Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-Gris: *Helix aspersa* Müller. *Ann. Zootech.*, 30:249-272.

- Fraser, K.; Houlihan, D. F.; Lutz, P. L.; Leone-Kabler, S.; Mauel, L. y Brechin, J. G. (2001). Complete suppression of protein synthesis during anoxia with no post-anoxia protein synthesis debt in the red-eared slider turtle *Trachemys scripta elegans*. *J. Exp. Biol.*, 204: 4353-4360.
- Galloti, L. (2001). *Proyecto cría de caracoles*. Disponible en línea en: <http://www.E-campo.com> (Consultado el 20 de junio de 2012).
- Guppy, M. y Withers, P. (1999). Metabolic depression in animals: Physiological perspectives and biochemical generalizations. *Biol. Rev. Camb. Phil. Soc.*, 74: 1-40.
- Hand, S. C. (1998). Quiescence in *Artemia franciscana* embryos: reversible arrest of metabolism and gene expression at low oxygen levels. *J. Exp. Biol.*, 210: 1233-1242.
- Hand, S. C. y Hardewig, I. (1996). Down regulation of cellular metabolism during environmental stress: mechanisms and implications. *Annu. Rev. Physiol.*, 58: 539-563.
- Hochachka, P. W. y Lutz, P. L. (2001). Mechanism, origin, and evolution of anoxia tolerance in animals. *Comp. Biochem. Physiol.*, 130: 435-459.
- Koene, J. M. y Chase, R. (1998). Changes in the reproductive system of the snail *Helix aspersa* caused by mucus from the love dart. *J. Exp. Bio.*, 201:2313-2319.
- Olivares, C. (2008). Caracterización de algunos aspectos biológicos básicos del caracol de tierra *Helix aspersa* (Mollusca gastropoda stylommatophora) en la IV región de Chile: Parámetros reproductivos. Disponible en: <http://www.cuencarural.com/granja/helicicultura/47816> (consultado en agosto de 2012).
- Pedler, S.; Fuery, C. J.; Withers, P. C.; Flanigan, J. y Guppy, M. (1996). Effectors of metabolic depression in an estivating pulmonate snail (*Helix aspersa*): whole animal and *in vitro* tissue studies. *J. Comp. Physiol.*, 166: 375-381.
- Smith, R. W.; Houlihan, D. F.; Nilsson, G. E. y Brechin, J. G. (1996). Tissue-specific changes in protein synthesis rates *in vivo* during anoxia in crucian carp. *Am. J. Physiol.*, 271: 897-904.
- Storey, K. B. (2002). Life in the slow lane: molecular mechanisms of estivation. *Comp. Biochem. Physiol.*, 408: 279-285.
- Wayne, N. L. (2001). Regulation of seasonal reproduction in mollusks. *J. Biol. Rhythms*, 16: 391-402.

Recibido: Septiembre 20, 2012

Aceptado: Marzo 20, 2013



Título: *Globalo*
Técnica: Grafito sobre papel
Autor: Adoración Palma García (2manos)
Año: 2013