Sumario

Producción Animal

Características de la canal y de la carne del lechal de raza Ansontana: efecto del sexo
Carcass and meat characteristics of suckling lambs from Ansontana breed: sex effect
B. Panea, M. Joy, G. Ripoll, J. Boscolo y P. Alberti 229

Relación entre los sistemas de clasificación de canales bovinas de Venezuela y de la Unión Europea para machos Brahman castrados criados en condiciones tropicales. Efecto de la época de nacimiento
Relationship between the Venezuela and EU classification systems bovine carcasses for Brahman castrated male tropical conditions-bred. Effect of the time of birth
J.A. Miguel, S.J. Meléndez, B. Asenjo, J.L. Calvo, J. de la Fuente y J. Ciria 245

Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (lam.) y *Leucaena leucocephala* (jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles
Estimations of aerial biomass and secuestred carbon in Gliricidia sepium *(lam.) and* Leucaena leucocephala *(jacq.) and its application in silvopastoral systems*
H. Gómez-Castro, R. Pinto-Ruiz, F. Guevara-Hernández y A. Gonzalez-Reyna 256

Producción Vegetal

Determinación de niveles críticos de fósforo, potasio y materia orgánica en sustratos de organopónicos
Determination of fosforous, potassium and organic matter critical levels in organoponics substrate
R. Caballero, M. Vento, P. Chaveli, L. Font y D. Rodríguez 271

Respuesta de la canola *(Brassica napus)* a diferentes sistemas de labranza de conservación en secano en la Meseta Purhépecha, Michoacán, México
Response of canola (Brassica napus) *al different conservation tillage in rainfed Purhepecha Plateau, Michoacan, Mexico*
M.A. Cepeda y B.L. Gómez 282

Micropropagación e injerto in vitro de pistacho
Micropropagation and in vitro grafting of pistachio
E. García, P. Lorente, J.A. Marín, A. Arbeloa y P. Andreu 294

Saneamiento in vitro de "Douce de Djerba", una variedad de manzano micropropagada
Elimination of bacteria from in vitro shoot cultures of "Douce de Djerba", a micropropagated apple cultivar
J.A. Marin, M. Boudabous, P. Lorente, E. García, P. Andreu y A. Arbeloa 303

Relación de artículos publicados en ITEA durante 2010

ITEA 106 (1)

Producción Animal

Análisis demográfico y genético de la raza ovina Mallorquina
Demographic and genetic analysis of the Mallorquina sheep flockbook
F. Goyache, I. Fernández, M.A. Espinosa, L. Payeras, L. Pérez-Pardal, J.P. Gutiérrez, L.J. Royo e I. Álvarez 3

Métodos de generación de cerdos transgénicos
Methodologies for generating transgenic pigs
J. Gadea y F.A. García-Vázquez 15

Aplicaciones de los cerdos transgénicos en biomedicina y producción animal
Applications of transgenic pigs in biomedicine and animal production
J. Gadea y F.A. García-Vázquez 30

Producción Vegetal

Citoquinina para modificar la arquitectura de planta de petunia
Plant architecture modification by cytokinin in Petunia
N. Francescangeli y A. Zagabria 46

Estudio de nutrientes lixiviados bajo cultivo de alstroemeria por aporte de estiércoles de porcino en un suelo arenoso
Leaching of nutrients from Alstroemeria cultures on sandy solis fertilized with pig manure
R. Miralles de Imperial, J.V. Martín, R. Calvo y M.M. Delgado 53

ITEA 106 (2)

Producción Animal

Efecto de la raza y temperatura interna de cocinado sobre algunas características de la textura de la carne bovina
Breed and endpoint temperature effects on some beef meat texture
B. Panea, A. Catalán y J.L. Olleta 77

Seroprevalencia de Rinotraqueítis Infecciosa Bovina en ganado lechero del sistema en transición orgánica de Tecpatan Chiapas
Seroprevalence of Infectious Bovine Rhinotracheitis in the dairy cattle system in transition to organics in Tecpatan Chiapas
B. Sánchez-Muñoz, J. Nahed-Toral, J.L. Ruiz-Rojas, E. Pérez-Vázquez y R. Solis-Zabaleta 89

Incidencia de alteraciones en el aparto reproductor de vacas sacrificadas en un matadero comercial de la Provincia de Lugo (Noroeste de España)
Incidence of alterations in the reproductive apparatus of sacrificed cows in a commercial slaughter house of the Province of Lugo (the Northwest of Spain)
J. Stephani de Souza, E. Costa Alexandre, L.A. Quintela, J.J. Becerra, J. Cainzos, F. Rivas, A. Prieto y P.G. Herradón 100

Producción Vegetal

La gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de Benchmarking
Water and energy management of irrigation systems by using Benchmarking techniques
J.I. Córcoles, J.A. de Juan, J.M. Tarjuelo, J.F. Ortega y M.A. Moreno 115

Evaluación de la tolerancia de las flores de almendro a las heladas por la fluorescencia de clorofila
Evaluation of almond flower tolerance to frosts by chlorophyll fluorescence
O. Kodad, F. Morales y R. Socias 142

ITEA 106 (3)

Producción Vegetal

Mecanismos de transducción de señales en plantas afectadas por salinidad y sequía
Signalling pathway in plants affected by salinity and drought
L. Chávez Suárez y R. Ramírez Fernández 157

Efecto de la fertilización química y organomineral sobre la producción de canola en secano bajo labranza reducida en Michoacán, México
Effect of the chemical and organomineral fertilization on the production of canola in dry land under tillage reduced in Michoacán, Mexico
B.L. Gómez y M.A. Cepeda 170

Producción Animal

Composición química de la carne de conejo silvestre (*Oryctolagus cuniculus*) y viabilidad de su predicción mediante espectroscopía de infrarrojo cercano
*Chemical composition of wild rabbit meat (*Oryctolagus cuniculus*) and viability of its prediction by near infrared spectroscopy*
P. González-Redondo, L. Velarde Gómez, L. Guerrero Herrero y V.M. Fernández-Cabanás 184

Aprovechamiento del estiércol de vacuno para la biorremediación *ex situ* de suelos contaminados por diésel en México
Use of bovine manure for ex situ *bioremediation of diesel contaminated soils in Mexico*
F. Manzano Agugliaro, Q.C. Hernández Escobedo y A. Zapata Sierra 197

Efecto del contenido en nitrógeno del medio de incubación sobre la producción de gas y la predicción de la digestibilidad aparente de la materia orgánica de ensilados de hierba
Effect on incubation medium nitrogen content on gas production and prediction of apparent organic matter digestibility of grass silage
A. García-Rodríguez, I. Goiri, G. Flores y L.M. Oregui 208

ITEA 106 (4)

Producción Animal

Características de la canal y de la carne del lechal de raza Ansontana: efecto del sexo
Carcass and meat characteristics of suckling lambs from Ansontana breed: sex effect
B. Panea, M. Joy, G. Ripoll, J. Boscolo y P. Alberti 229

Relación entre los sistemas de clasificación de canales bovinas de Venezuela y de la Unión Europea para machos Brahman castrados criados en condiciones tropicales. Efecto de la época de nacimiento
Relationship between the Venezuela and EU classification systems bovine carcasses for Brahman castrated male tropical conditions-bred. Effect of the time of birth
J.A. Miguel, S.J. Meléndez, B. Asenjo, J.L. Calvo, J. de la Fuente y J. Ciria 245

Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (lam.) y *Leucaena leucocephala* (jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles
Estimations of aerial biomass and secuestred carbon in Gliricidia sepium *(lam.) and* Leucaena leucocephala *(jacq.) and its application in silvopastoral systems*
H. Gómez-Castro, R. Pinto-Ruiz, F. Guevara-Hernández y A. Gonzalez-Reyna 256

Producción Vegetal

Determinación de niveles críticos de fósforo, potasio y materia orgánica en sustratos de organopónicos
Determination of fosforous, potassium and organic matter critical levels in organoponics substrate
R. Caballero, M. Vento, P. Chaveli, L. Font y D. Rodríguez 271

Respuesta de la canola *(Brassica napus)* a diferentes sistemas de labranza de conservación en secano en la Meseta Purhépecha, Michoacán, México
Response of canola (Brassica napus) *al different conservation tillage in rainfed Purhepecha Plateau, Michoacan, Mexico*
M.A. Cepeda y B.L. Gómez 282

Micropropagación e injerto in vitro de pistacho
Micropropagation and in vitro grafting of pistachio
E. García, P. Lorente, J.A. Marín, A. Arbeloa y P. Andreu 294

Saneamiento in vitro de "Douce de Djerba", una variedad de manzano micropropagada
Elimination of bacteria from in vitro shoot cultures of "Douce de Djerba", a micropropagated apple cultivar
J.A. Marin, M. Boudabous, P. Lorente, E. García, P. Andreu y A. Arbeloa 303

Características de la canal y de la carne del lechal de raza Ansontana: efecto del sexo

B. Panea*, M. Joy**, G. Ripoll*, J. Boscolo** y P. Alberti*

* Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Avenida de Montañana, 930. 50059 Zaragoza. E-mail: bpanea@aragon.es
** Asociación de criadores de Ovino Ansotano. C/ Estanés, 5. 22728 Ansó (Huesca)

Resumen

Se estudió el efecto del sexo sobre la calidad de la canal y de la carne de lechales de raza Ansotana. Para ello se tomaron las siguientes medidas: 1. en la canal, color de la grasa subcutánea, color del músculo Recto abdominal, longitud de la canal y perímetro de la grupa. Se calculó el índice de compacidad de la canal (Kg./cm). A partir de la disección de la espalda se determinó la composición tisular de la canal. 2. en la carne, pH, evolución de color del músculo *Longissimus thoracis* a lo largo del tiempo, composición química, perfil de ácidos grasos, textura instrumental y análisis sensorial. A partir de los resultados encontrados se ha concluido que el sexo tuvo un efecto moderado sobre las características de la canal y de la carne de lechales de raza Ansotana, aunque los machos presentaron canales mejor conformadas que las hembras y las hembras tendieron a presentar mayor cantidad de grasa subcutánea que los machos. La carne de las hembras presentó mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados y una mayor proporción de ácidos grasos de las series omega-3 y omega-6 que los machos, pero la relación omega-6/omega-3 fue mejor en los machos. No se detectaron diferencias importantes entre sexos en la calidad sensorial de la carne.

Palabras clave: color, perfil de ácidos grasos, composición química, textura instrumental, análisis sensorial.

Summary
Carcass and meat characteristics of suckling lambs from Ansontana breed: sex effect

Sex effect on carcass and meat characteristics of suckling lambs from Ansotana breed were investigated. Following carcass quality measures were determined: subcutaneous fat colour, colour of muscle *Rectus abdominis,* carcass length, and hind-limb roundness. The compacity index of the carcass (Kg/cm) was calculated. Tisular composition of the carcass was estimated from the dissection of the shoulder. Also, pH, colour of muscle *Longissimus thoracis* throughout time, chemical composition, fatty acids profile, instrumental texture and sensory characteristics were evaluated. From found results, following conclusions were completed: sex had a moderate effect on carcass and meat characteristics, although males presented better performed carcasses than females and females tended to present greater quantity of subcutaneous fat than males. Females presented a higher proportion of polyunsaturated fatty acids and a higher proportion of fatty acids from n-3 and n-6 series than males, but males presented a more favourable n6/n3 ratio than females. No differences between sexes were found on sensory analysis.

Key words: colour, fatty acids profile, chemical analysis, instrumental texture, sensory analysis.

Introducción

En España, la producción cárnica de algunas razas ovinas autóctonas se limita, casi exclusivamente, a un único producto, muchas veces avalado por una etiqueta oficial de calidad (I.G.P.). Sin embargo, las nuevas tendencias del mercado fomentan la diversificación de los productos como medio para aumentar la cuota de mercado y las rentas. Por otra parte, el creciente precio de los costes de alimentación para el cebo de corderos hace que el beneficio de la cría de los animales hasta peso de ternasco sea cada vez menos rentable. Parece pues conveniente conocer las características de la canal y de la carne de otras opciones productivas, tales como el lechal, en comparación con las de productos ya instaurados en el mercado. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la canal y estudiar la calidad instrumental y sensorial de lechales de raza Ansotana.

Material y métodos

Se utilizaron 16 animales de la raza Ansotana, 6 hembras y 10 machos. Los animales fueron criados por la Asociación de Criadores de la raza Ansotana en las condiciones habituales. Todos los animales fueron alimentados exclusivamente con leche materna. Los animales se pesaron en la granja semanalmente y al llegar al peso lechal (aproximadamente 13 Kg. de peso vivo, siendo siempre menores de 45 días) los animales fueron transportados a las instalaciones de Mercazaragoza y sacrificados. Las canales fueron colgadas por el tendón de Aquiles y refrigeradas 24 horas a 4ºC. A las 24 horas tras el sacrificio se tomó el peso de canal fría y se calculó el rendimiento a la canal. Las canales fueron trasladadas al Laboratorio de la Carne del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (en adelante, CITA). Una vez en el CITA, se procedió a realizar los siguientes controles:

- Clasificación según Reglamentación Europea (Reglamento (CE) nº 22/2008).
- Color instrumental de la grasa subcutánea. Se registraron las coordenadas cromáticas L*a*b* mediante un espectrofotómetro Minolta 2600d.
- Color instrumental del músculo recto abdominal, con el mismo espectrofotómetro.
- Morfometría de la canal: circunferencia de la grupa y longitud de la canal. Se calculó el índice de compacidad de la canal (peso de la canal/longitud de la canal).
- Despiece normalizado (Colomer-Rocher *et al*., 1988) y disección de la espalda, a partir de la cual se estimó la composición tisular de la canal.

A las 24 horas tras el sacrificio se extrajeron los músculos *Longissimus dorsi* de ambas medias canales. La parte torácica de la media canal derecha se utilizó para medir el pH, el color del músculo y determinar la composición química de la carne. La parte lumbar de la media canal derecha se utilizó para los análisis sensoriales. La parte lumbar de la media canal izquierda se utilizó para realizar los análisis de textura y la parte torácica de la media canal izquierda, para la cuantificación de ácidos grasos.

pH

El pH se tomó a las 24 tras el sacrificio en la parte craneal del músculo *Longissimus thoracis* de la media canal derecha. Para ello se utilizó un pHmetro Crison provisto de un electrodo de penetración.

Color del músculo

A las 24 horas tras el sacrificio se extrajo el músculo *Rectus abdominis* de cada media

canal izquierda, se eliminó la fascia que lo cubre y se midió el color del músculo sobre una placa blanca estándar con ayuda de un espectrofotómetro Minolta CM2600d. Se registraron las variables Luminosidad (L*), índice de rojo (a*) e índice de amarillo (b*). A partir de ellas se calcularon el tono (Hº) y el croma o saturación de color (C*) (CIE L*a*b*, 1976). Igualmente, a las 24 horas tras el sacrifico se cortó una porción de la parte craneal del músculo *Longissimus thoracis* de la media canal izquierda. Esta porción fue a su vez subdividida en 6 trozos. Uno de ellos se utilizó para medir el color en el momento del corte (tiempo 0) y el resto se colocaron en una bandeja de poliexpán cubierta con un film permeable al oxígeno, evitando el contacto del plástico con la carne. Las muestras así preparadas se dejaron en oscuridad a 4ºC y se utilizaron para medir la evolución del color, midiéndose éste 1 hora, 24 horas y 3, 4, 5, 6 y 7 días tras el corte. Para todas las submuestras se registraron los valores de L*, a* y b* y se calcularon los índices Hº y C*.

Composición química

Las muestras destinadas al análisis químico fueron picadas y liofilizadas en un liofilizador Virtis. La materia seca se determinó a 60ºC hasta peso constante. La proteína se cuantificó siguiendo el método de Dumas, de acuerdo con la AOAC (1999). Para la extracción de la grasa se utilizó un equipo ANKOM-XT10, usando éter de petróleo como disolvente (AOCS, 2004).

Perfil de ácidos grasos

El perfil de ácidos grasos de las muestras de carne se determinó mediante el procedimiento descrito por Elmore *et al*. (1990), validado por Aldai *et al*. (2007). Resumidamente, el proceso consiste en la saponificación de la muestra con KOH e hidroquinona, ruptura del proceso con ácido acético glacial, extracción de la fase orgánica con éter de petróleo y etanol y metilación con trimetilsilil-diazometano y metanol:tolueno. La separación y cuantificación de los ésteres de los ácidos grasos fueron llevadas a cabo usando un cromatógrafo de gases Agilent 6890N provisto de detector de ionización de llama (FID) y usando una columna HP-88 J&W de 100m (0,25 mm de diámetro interno y 0,2µl de espesor de la capa de relleno).

Análisis de textura

Las muestras destinadas al análisis se textura se envasaron al vacío y se maduraron durante 2 y 4 días a 4ºC. Posteriormente, las muestras se cocinaron en baño maría a 75ºC hasta alcanzar una temperatura interna de 70ºC. Las muestras se cortaron para obtener paralelepípedos de 1 cm^2 de sección utilizando la configuración longitudinal (Lepetit y Culioli, 1994), que fueron entonces analizados utilizando una máquina de ensayo universal Instron modelo 5543, provista de una célula de Warner-Bratzler. Se registraron los valores de esfuerzo máximo en kg/cm^2.

Análisis sensorial

La raza Ansotana pertenece al mismo tronco que la raza Rasa Aragonesa. Tanto por esta circunstancia como por su localización geográfica, el lechal Ansotano tendría que competir en el mercado con el de la raza Rasa Aragonesa. Por lo tanto, se diseñó una prueba sensorial en la que se compararon machos y hembras de ambas razas, así como las razas entre sí. Las muestras se probaron en dos sesiones de tres platos cada una, con 4 muestras por plato, una de cada tratamiento, considerando como tratamiento cada una de las combinaciones raza-sexo. Las muestras se envolvieron en papel de aluminio previamente codificado y se cocinaron en un grill de doble

placa precalentado a 200ºC hasta alcanzar una temperatura interna de 70ºC, la cual fue controlada por medio de un termopar Jenway. Las muestras fueron probadas por un grupo de 9 miembros debidamente entrenado. Los catadores debían valorar los siguientes atributos: intensidad de olor a cordero, intensidad de olor a grasa, intensidad de olor a lana, terneza, fibrosidad, intensidad de flavor a cordero, intensidad de flavor a grasa, intensidad de flavor metálico, intensidad de flavor ácido, intensidad de flavor amargo y apreciación global. Para ello utilizaron una escala de 10 puntos en la que 1 correspondía al valor más bajo y 10 al valor más alto para el atributo en cuestión.

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico SAS 9.0. El efecto del sexo sobre las variables estudiadas se estimó mediante un análisis de la varianza (GLM). Las variables de la canal, excepto los rendimientos de la canal y el índice de compacidad, se covariaron por el peso vivo, ajustando los valores de las variables a un peso vivo de 12,6 Kg. En el caso del color del músculo *Longissimus dorsi*, se incluyó también el tiempo de oxigenación como efecto fijo. En el estudio de la textura, se incluyó también el tiempo de maduración como efecto fijo y en el análisis sensorial, la raza.

Resultados y discusión

Calidad de la canal

En la tabla 1 se muestra el efecto del sexo sobre las características de la canal y en la tabla 2, el efecto del sexo sobre el color de la grasa subcutánea. Se encontraron diferencias entre sexos para el peso de la canal oreada, que fue mayor en los machos. Estos datos coinciden con los ofrecidos por otros autores en lechales de otras razas (Suffolk y Merino precoz, en Pérez *et al*., 2007). Sin embargo, esta diferencia dejó de ser significativa al considerar el peso de la canal oreada sin la cabeza y las asaduras. No se encontraron diferencias en la nota de engrasamiento, lo cual puede deberse quizá a que son animales muy jóvenes y los tejidos grasos más precoces son los internos, que no afectan a la calificación visual. De acuerdo con ello y también en corderos lechales, Revilla *et al*. (2005) no encontraron efecto del sexo sobre el estado de engrasamiento de la canal.

El sexo no afectó a la longitud de la canal, pero como el perímetro de la grupa fue mayor en los machos, las canales de los machos tenían un aspecto más redondeado que el de las hembras. Estas pequeñas diferencias entre sexos se reflejan en el índice de compacidad, que fue ligeramente mayor en los machos. Aunque Revilla *et al*. (2005) en un trabajo con lechales de tres razas distintas (Castellana, Churra y Assaf) estudiaron 6 medidas de la canal y no encontraron diferencias debidas al sexo para ninguna de ellas, Pérez *et al*. (2007) señalan que todas las medidas de la canal se incrementan con el peso al sacrificio, lo cual puede originar la aparición de diferencias debidas al sexo. Sin embargo, en el presente trabajo se han encontrado diferencias entre sexos para el perímetro de la grupa para un peso de canal constante.

Los valores obtenidos para el rendimiento de la canal y para el índice de compacidad son superiores a los registrados por otros autores para lechales de otras razas (Sañudo *et al*., 1997, en lechales de las razas Churra, Castellana y Manchega; Lauzurica *et al*., 1999 en la raza Manchega; Cañeque *et al*., 2004 en la raza Merina; Martínez-Cerezo, 2005 en la Rasa Aragonesa). Los resultados obtenidos en la medida de la longitud de la canal y del perímetro de la grupa son similares a los encontrados por Sañudo *et al*. (1997).

Tabla 1. Características de la canal de lechales de raza Ansotana.
Medias, error estándar y significación del efecto sexo
Table 1. Carcass characteristics of suckling lambs from Ansotana breed.
Means, standard error and sex effect signification

	Macho	Hembra	e.e.	Sig.
Peso vivo (kg)	12,9	12,0	0,290	ns[1]
Peso de la canal oreada (kg)	7,39	7,04	0,051	*
Peso de la cabeza (kg)	0,69	0,61	0,050	*
Peso asaduras (kg)	0,55	0,51	0,079	ns
Peso de la canal oreada sin cabeza y sin asaduras (kg)	6,15	5,92	0,308	ns
Engrasamiento (escala de 4 puntos, subdividida en 12)	4,4 (2-)	4,5 (2)	0,19	ns
Longitud de la canal (cm)	44,5	44,7	0,42	ns
Perímetro de la grupa (cm)	43,4	42,1	0,24	*
Rendimiento canal (con cabeza y asaduras, %)	58,23	57,04	0,859	ns
Rendimiento canal (sin cabeza y sin asaduras, %)	48,30	48,21	0,054	ns
Índice de compacidad (kg/cm)	0,17	0,16	0,005	*

[1] *Por haber diferencias casi significativas en el peso vivo entre sexos se han covariado las demás variables por el mismo y se han ajustado los valores a un peso vivo de 12,6 kg, excepto los rendimientos de la canal y el índice de compacidad de la canal.*

* p<0.05; ns.- no significativo; no significant.

[1] Because there were differences nearly significant on live weight between sex, the rest of the variables were covaried by live weight and all values, except those or carcass yield, were adjusted to a live weight of 12.6 Kg.

Tabla 2. Color de la grasa subcutánea de lechales de raza Ansotana.
Medias, error estándar y significación del efecto sexo
Table 2. Subcutaneous fat colour of suckling lambs from Ansotana breed.
Means, standard error and sex effect signification

Color de la grasa subcutánea	Macho	Hembra	e.e.	Sig.
L*	71,73	73,94	0,639	*
a*	3,84	4,29	0,635	ns
b*	10,45	11,08	0,336	ns
Hº	70,17	69,65	2,542	ns
C*	11,12	12,00	0,498	ns

* p < 0.05; ns.- no significativo; no significant.

En cuanto al color de la grasa, en la tabla 2 puede verse que sólo existieron diferencias para la claridad (L*), siendo más clara la grasa de las hembras que la de los machos, aunque son diferencias poco marcadas. Los valores son comparables a los observados en la raza Churra Tensina (Carrasco *et al*. 2009).

Composición tisular

En la tabla 3 se presenta la composición tisular de la canal, expresada como porcentaje sobre el peso de la espalda. Los resultados obtenidos para el músculo son ligeramente superiores a los descritos por Sañudo *et al*. (1997) en lechales de las razas Churra, Castellana o Manchega de pesos similares (entre 54 y 58%). Asimismo, los resultados obtenidos para músculo y hueso son similares a los descritos por Martínez-Cerezo (2005) en lechales de Rasa Aragonesa. Los dos trabajos citados describen porcentajes de grasa subcutánea superiores (entre 4 y 6%) a los encontrados en el presente trabajo, lo cual indica claramente que la raza tiene una gran influencia sobre la cobertura grasa de la canal. En consecuencia, la relación músculo/hueso es algo mejor en las canales de raza Ansotana que en las del trabajo de Sañudo *et al*. (1997), mientras que las relaciones músculo/grasa son muy similares en ambos trabajos. Podría apuntarse que las canales de raza Ansotana presentan la ventaja comparativa de tener menos hueso que algunas de sus potenciales competidoras.

Tabla 3. *Composición tisular de la espalda de lechales de raza Ansotana. Medias, error estándar y significación del efecto sexo*
Table 3. Tisular composition of the shoulder of suckling lambs from Ansotana breed. Means, standard error and sex effect signification

	Macho	Hembra	e.e.	Sig.
Músculo (%)	63,19	60,96	0,807	ns
Grasa Subcutánea (%)	3,21	3,85	0,315	ns
Grasa Intermuscular (%)	10,28	11,78	0,545	ns
Hueso y desechos[1] (%)	23,32	23,41	0,439	ns
Relación Músculo/hueso	2,71	2,60	0,078	ns
Relación Músculo/grasa	4,68	3,90	0,341	*

[1] desechos: vasos sanguíneos, ganglios, fascias, tendones, …* $p < 0.05$; ns.- no significativo.

[1] others: blood vessels, nodes, fascias, tendons, …* $p < 0.05$; ns.- no significativo; no significant.

No se han encontrado diferencias entre sexos para la composición tisular de la canal, lo cual está de acuerdo con los resultados de otros autores (Blázquez *et al*., 2003, Teixeira *et al*., 2003, Pérez *et al*., 2007), si bien las hembras tendieron a presentar mayor porcentaje de grasa que los machos, no llegando a ser significativo debido al peso ligero de sacrificio.

pH y color del músculo

En la tabla 4 se presentan los valores de pH y el color del recto abdominal. En la tabla 5 se presenta el color del músculo *Longissimus thoracis* y su evolución a lo largo del tiempo.

Tabla 4. Valores de pH y color del músculo recto abdominal de lechales de raza Ansotana. Medias, error estándar y significación del efecto sexo
Table 4. pH values and colour of muscle rectus abdominis of suckling lambs from Ansotana breed. Means, standard error and sex effect signification

	Macho	Hembra	e.e.	Sig.
pH	5,7	5,7	0,18	ns
Color del músculo *Rectus abdominis*				
L*	49,44	49,24	1,071	ns
a*	14,69	14,77	0,423	ns
b*	13,37	13,42	0,566	ns
H	42,36	42,14	1,492	ns
C*	19,89	20,00	0,482	ns

ns.- no significativo; no significant.

Tabla 5. Color del músculo Longissimus thoracis en lechales de raza Ansotana. Medias, error estándar y significación de los efectos sexo y tiempo de maduración
Table 5. Colour of muscle Longissimus thoracis of suckling lambs from Ansotana breed. Means, standard error and sex effect signification

Tiempo (horas/días)	L*		a*		b*		H°		C*	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
0 horas	41,17^{a}	40,80^{a}	8,48^{a}	8,61^{a}	5,18^{a}	5,58^{a}	31,14^{ab}	33,45^{ab}	10,05^{a}	10,36^{a}
1 hora	42,38^{b}	41,91^{b}	10,02^{bc}	9,80^{bc}	5,91^{b}	6,32^{b}	30,34^{a}	32,95^{a}	11,73^{b}	11,70^{b}
1 día	45,16^{d}	45,52^{d}	10,49^{cd}	10,75^{cd}	8,22^{c}	8,43^{c}	38,18^{bc}	38,14^{bc}	13,38^{c}	13,69^{c}
3 días	42,90^{bc}	43,09^{bc}	10,65^{d}	10,87^{d}	8,82^{c}	8,66^{c}	39,45^{bc}	38,58^{bc}	13,94^{c}	13,93^{c}
4 días	43,79^{bc}	43,20^{bc}	10,67^{d}	11,33^{d}	8,36^{c}	8,00^{c}	38,14^{b}	35,38^{b}	13,60^{c}	13,90^{c}
5 días	43,92^{bc}	43,28^{bc}	10,30^{d}	10,88^{d}	8,81^{c}	7,85^{c}	40,59^{bc}	35,95^{bc}	13,64^{c}	13,44^{c}
6 días	44,11^{bc}	43,06^{bc}	10,35^{d}	10,94^{d}	8,38^{c}	8,22^{c}	39,01^{bc}	36,97^{bc}	13,34^{c}	13,69^{c}
7 días	43,96^{c}	43,69^{c}	10,69^{d}	10,60^{d}	8,90^{c}	8,41^{c}	39,89^{c}	38,51^{c}	13,94^{c}	13,54^{c}
e.e	1,002		0,466		0,341		2,08		0,328	
Sexo (S)	ns		ns		ns		ns		ns	
Tiempo (horas)	***		***		***		***		***	
SxT	ns		ns		ns		ns		ns	

*** p < 0,001; ns.- no significativo. a, b, c.- superíndices en la misma columna indican diferencias significativas entre tiempos de maduración.

*** p < 0,001; ns.- no significant. a, b, c.- different superscripts in the same column implies significant differences between ageing times.

Los datos de pH del presente trabajo se encuentran dentro del rango normal para el ganado ovino, tal como citan otros autores (Sañudo *et al*., 1997; Horcada *et al*., 1997). No se han encontrado diferencias entre sexos para los valores de pH, lo cual coincide con los resultados de Sañudo *et al*. (1980), Vergara *et al*. (1999) o Teixeira *et al*. (2003). Según Sañudo *et al*. (1980), este hecho sugiere que a edades tempranas, ambos sexos responden de la misma manera al estrés del sacrificio.

El color del músculo recto abdominal está directamente correlacionado con el del músculo *Longissimus dorsi* (Ripoll *et al*., 2008), por lo que su medida puede utilizarse para predecir o estimar el color de la carne del lomo, con la ventaja de que es una medida no destructiva, que se realiza sobre una pieza de poco valor comercial y que puede realizarse en línea en el matadero. La carne de los lechales del presente trabajo presentó valores de L* y Hº similares y valores de a* y C* superiores a los descritos por Ripoll *et al*. (2008) en corderos de raza Rasa Aragonesa criados en varios sistemas de alimentación. Según Colomer-Rocher *et al*. (1988) el color del músculo recto abdominal depende de la dieta y de la edad del animal. Esto podría explicar las diferencias entre el trabajo de Ripoll *et al*. (2008) y el presente trabajo. Sin embargo, los resultados encontrados en los lechales Ansotanos son también algo más altos, para todas la variables estudiadas excepto para Hº, que los descritos por Lanza *et al*. (2006) en lechales de raza Barbaresca alimentados con lactancia natural, lo cual parece indicar que los lechales de raza Ansotana presentan una carne con un color vívido e intenso.

No se han encontrado diferencias entre sexos para el color del músculo recto abdominal. Vergara *et al*. (1999), señalan que las hembras de raza Manchega tienen una L* ligeramente más alta que los machos y valores de a* ligeramente inferiores, aunque sin llegar a la significación. Renerre (1986) sugiere que la carne de las hembras podría ser algo más oscura que la de los machos debido a su mayor precocidad, pero que no es evidente a pesos tan ligeros. Otros autores no encuentran diferencias entre sexos para los parámetros de color (Peña *et al*., 2005).

En cuanto al color del músculo *Longissimus dorsi* (tabla 5), la carne de los animales de la presente experiencia presentó valores de L* inferiores y valores de a* superiores a los registrados por Sañudo *et al*. (1997) en varias razas españolas. A efectos prácticos esto significa que la carne de raza Ansotana resultaría más oscura que la de las razas Churra, Castellana o Manchega. Según Sañudo *et al*. (1997), la sensibilidad a la oxidación de los pigmentos depende de la raza.

El sexo no influyó sobre ninguna de las variables de color estudiadas, pero el tiempo de maduración tuvo una gran influencia. No se encontraron interacciones entre sexo y tiempo de maduración, lo que significa que el color evoluciona de la misma forma en todas las canales, independientemente del sexo.

Los valores de L*, a* y b* aumentaron progresivamente desde el momento del corte hasta las 24-48 horas. Esta evolución coincide con la descrita por diferentes autores (Albertí, *et al*., 1999, Ripoll *et al*., 2006). La evolución del parámetro Hº puede utilizarse como una medida indirecta de la vida útil de la carne. El tono va aumentando con el tiempo de maduración, dando a la carne un aspecto pardo y descolorido (Ripoll *et al*., 2007, 2008). En nuestros datos puede observarse que desde el primer día hasta el 4º, la evolución de Hº va aumentando progresivamente, pero a partir del día 4 esta evolución es errática, indicando el fin de su vida útil.

A efectos prácticos, los resultados estudiados señalan que no hay diferencias de color en función del sexo, lo cual permitiría incluir ambos sexos en la misma marca de

calidad. Por otra parte, como el color evoluciona en ambos sexos de la misma manera a lo largo del tiempo, cabe esperar la misma vida útil cualquiera que sea la canal empleada, lo cual permite unificar los criterios de envasado y comercialización.

Composición química y perfil de ácidos grasos

En la tabla 6 se presenta la composición química y en la tabla 7, el perfil de ácidos grasos.

Ácidos grasos saturados (SFA) y monoinsaturados (MUFA)

Los resultados encontrados coinciden con los descritos por diferentes autores en lechales de distintas razas (Lanza *et al*., 2006, Tejeda *et al*., 2008, Rodríguez *et al*., 2008), excepto para el porcentaje de grasa, que es elevado en la raza Ansotana en comparación con los resultados ofrecidos por otros autores para otras razas (Lanza *et al*., 2006, Tejeda *et al*., 2008).

No se ha encontrado efecto del sexo en el porcentaje de materia seca ni en la cantidad

Tabla 6. Composición química de la carne de lechales de raza Ansotana. Medias, error estándar y significación del efecto sexo
Table 6. Chemical composition of meat of suckling lambs from Ansotana breed. Means, standard error and sex effect signification

	Macho	Hembra	e.e.	Sig.
Composición química (materia fresca)				
Materia seca (%)	25,4	26,1	0,57	ns
Grasa intramuscular (%)	5,5	5,3	0,14	ns
Proteína (%)	20,4	20,2	0,44	ns

ns.- no significativo; no significant.

Tabla 7. Perfil de ácidos grasos (porcentajes) de la grasa intramuscular de lechales de raza Ansotana. Medias, error estándar y significación del efecto sexo
Table 7. Fatty acids profile (percentages) of intramuscular fat of suckling lambs from Ansotana breed. Means, standard error and sex effect signification

	Macho	Hembra	e.e.	Sig.
Ácidos grasos saturados (SFA)				
Caprílico (C8:0)	0,0642	0,0435	0,01037	ns
Cáprico (C10:0)	0,8476	0,8144	0,05121	ns
C11:0	0,0275	0,0272	0,00266	ns
Láurico (C12:0)	1,0920	0,9090	0,09111	ns
C13:0	0,0458	0,0533	0,00494	ns
Mirístico (C14:0)	7,0773	6,2747	0,44397	ns
Pentadecílico (C15:0)	0,6533	0,5731	0,04106	ns

	Macho	Hembra	e.e.	Sig.
Palmítico (C16:0)	23,7691	22,6291	0,35368	0,054
Margárico (C17:0)	1,0013	0,9415	0,03159	ns
Esteárico (C18:0)	13,1524	12,6241	0,47165	ns
Total de ácidos grasos saturados	**47,7306**	**44,8901**	**0,80981**	*
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)				
Miristoléico (C14:1)	0,4408	0,4435	0,03670	ns
Pentadecílico (C15:1)	0,2526	0,2798	0,02629	ns
Palmitoleico (C16:1)	2,0553	2,3395	0,12529	ns
Heptadecenoico (C17:1)	0,7280	0,8137	0,03988	ns
Elaidico (C18:1n9t)	0,7673	0,7751	0,08438	*
Trans Vaccénico (C18:1n11t)	0,9654	0,8480	0,06693	ns
Oleico (C18:1n9c)	33,4384	33,4934	0,99947	ns
Gadoléico (C20:1n9)	0,3854	0,3095	0,03482	ns
Erúcico (C22:1n-9c)	0,0839	0,1190	0,02180	ns
Total ácidos monoinsaturados	**39,1172**	**39,4215**	**1,13843**	**ns**
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)				
C18:2n6t	0,5519	0,7509	0,05966	ns
Linoleico (C18:2, 9c, 12c; n6; ω6)	5,6776	6,6713	0,55023	ns
gamma-linolenico (C18:3, 6c, 9c, 12c; n6; ω6)	0,1466	0,1378	0,02200	ns
C18:2, 9c-11t, (CLA)	0,7798	0,8575	0,05440	ns
alfa-linolenico (ALA) (C18:3, 9c, 12c, 15c; n3; ω3)	1,0420	1,0499	0,09515	ns
C18:2, 10t12c (CLA)	0,3046	0,2568	0,02179	ns
C20:2	0,1625	0,2009	0,01354	ns
C20:3n6	0,0962	0,1429	0,02270	ns
Araquidónico (C20:4 n6c)	2,1882	2,5182	0,37766	ns
C20:3n3	0,4263	0,5168	0,06516	ns
EPA	0,5586	0,8013	0,11716	ns
DPA	0,7566	1,0181	0,10214	ns
DHA	0,4614	0,7660	0,08056	*
Total ácidos grasos poliinsaturados	**13,1523**	**15,6884**	**1,29459**	**ns**
SFA/MUFA	1,0991	1,2331	0,03722	*
Total CLA (ácido linoléico conjugado)	1,0844	1,1143	0,06137	ns
Total serie omega-3	3,2449	4,1522	0,39630	ns
Total serie omega-6	8,6605	10,2211	0,95608	ns
n6/n3	2,7211	2,4708	0,14670	ns (t)

* $p < 0.05$; ns.- no significativo; no significant. t = tendencia; tendency ($p < 0.10$).

de grasa, lo que estaría de acuerdo con el trabajo de Tejeda *et al*. (2008). Contrariamente, Rodríguez *et al*. (2008) describen que no hay diferencias entre sexos para el porcentaje de proteína o de cenizas, pero sí para la materia seca (menor en los machos) y, sobre todo, para la cantidad de grasa del músculo, mucho mayor en las hembras.

Los ácidos grasos saturados más abundantes fueron el palmítico y esteárico, como era de esperar. Los resultados encontrados para ambos fueron ligeramente superiores a los descritos por otros autores (Priolo *et al*., 2004; Lanza *et al*., 2006) en lechales de distintas razas, lo cual origina que la suma total de ácidos grasos saturados sea también mayor en nuestro trabajo. Estos resultados parecen apuntar que la dieta de las madres y la raza afectan al perfil de ácidos grasos de la carne de los lechales (Carrasco *et al*., 2008). Según Lanza *et al*. (2006) o Carrasco *et al*. (2008), el perfil de ácidos grasos de los lechales depende de la composición de la leche de la madre. Los animales que se han criado con leche natural presentan una mayor proporción de ácidos grasos saturados que los criados con otras dietas, porque el perfil de ácidos grasos de la leche natural es más saturado que el de la leche artificial Desde un punto de vista nutricional, el ácido graso de mayor importancia es el C16:0, ya que es potencialmente aterogénico (Vorster *et al*., 1997). La pequeña diferencia encontrada para el porcentaje de este ácido graso entre ambos sexos parecería indicar que la carne de las hembras sería más recomendable desde este punto de vista. Sin embargo, el C18:0 no tiene repercusión en los niveles de colesterol, por lo que no supone un riesgo para la salud (Williams, 2000).

El ácido graso monoinsaturado más abundante fue el oleico, que representó el 85% del total de ácidos grasos monoinsaturados. Los resultados encontrados coinciden con los descritos por otros autores (Lanza *et al*. (2006). Los ácidos monoinsaturados cis (como el oleico) son beneficiosos para la salud porque mejoran la relación colesterol total/HDL colesterol. Los humanos pueden sintetizar ácidos grasos monoinsaturados, por lo que no son esenciales en la dieta (EFSA, 2005).

La suma de los ácidos grasos saturados y monoinsaturados supone el 86,82% del total, lo cual implica que la grasa de esta carne es muy saturada. El perfil de ácidos grasos en animales pre-rumiantes, como son los lechales, es un reflejo del perfil de ácidos grasos de la leche de la madre, que suele ser rica en ácidos grasos saturados o monoinsaturados de cadena corta (Velasco *et al*., 2001).

Ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados más abundantes fueron el linoleico, el araquidónico y el linolénico, coincidiendo con los resultados obtenidos por la mayoría de los autores (Lanza *et al*., 2006; Carrasco *et al*., 2008). El ácido linoleico y el gamma-linolénico son ácidos omega-6, mientras que el alfa-linolénico, EPA, DPA y DHA pertenecen a la serie omega-3. Los ácidos de la serie omega-3 tienen efectos beneficiosos para la salud, ya que reducen el nivel de triglicéridos en sangre y, por lo tanto, el riesgo de enfermedad cardiovascular. Desde un punto de vista nutricional, lo importante es la relación omega6/omega3, que debe ser lo más baja posible, aunque no existe consenso en cuál es la relación adecuada ya que, en función de la fuente consultada, esta ratio puede variar desde 2:1 hasta 10:1 (EFSA 2005). Los valores cercanos a 2 encontrados en el presente trabajo para dicha relación son similares a los descritos para otras carnes que se consideran tradicionalmente saludables (como la de conejo) e incluso, inferiores a la de pollo (del orden de 5) (Moreiras *et al*., 2007). La ternera presenta valores cercanos a 6 y el cerdo, superiores a 9. Por lo tanto, los resultados del presente trabajo indican

que la carne de los lechales de raza Ansotana presenta una grasa muy saturada pero con una relación omega-6/omega-3 aceptable desde el punto de vista nutricional.

En el presente trabajo, la relación omega-6/omega-3 se vio afectada por el sexo. Aunque las hembras presentaron mayor porcentaje de ácidos grasos omega-3 (4,15 en hembras y 3,24 en machos), también presentaron mayor porcentaje de ácidos omega-6 (10,22 en hembras y 8,66 en machos), por lo que el balance es favorable a los machos (2,47 en hembras y 2,72 en machos). En cualquier caso, estas diferencias son muy pequeñas y, a efectos prácticos, puede considerarse que el sexo no afectó de manera general al perfil de ácidos grasos de la carne.

Textura

Los valores obtenidos en el ensayo de textura se presentan en la tabla 8. No se encontraron diferencias entre sexos para la textura, coincidiendo con las conclusiones de Sañudo *et al*. (1986), Vergara *et al*. (1999) o Teixeira *et al*. (2003).

Los valores encontrados fueron ligeramente superiores a los descritos por Rodríguez *et al*. (2008) en lechales de raza Assaf, o a los encontrados por Sañudo *et al*. (1997) en lechales de las razas Churra, Castellana, o Manchega, pero menores que los descritos por Teixeria *et al*. (2005) en lechales de las razas Bragançana o Mirandesa, lo cual demuestra el efecto de la raza sobre la textura de la carne.

Es bien conocido que la maduración produce un ablandamiento progresivo de la carne. En la raza Rasa Aragonesa se ha observado cómo la carne experimenta un ablandamiento casi lineal en todas las temperaturas a lo largo de la maduración (Beltrán *et al*. 1992). Sin embargo, en el presente trabajo no se encontraron diferencias debidas al tiempo de maduración, coincidiendo con los resultados encontrados por Martínez-Cerezo (2005) también en lechales de raza Rasa Aragonesa. Según Sañudo *et al*. (2003), en los animales jóvenes, el equipo enzimático responsable de la maduración no es totalmente operativo, lo cual podría explicar los resultados encontrados. En base a estos resultados no se hace necesaria una distinción entre machos y hembras en el tratamiento de conservación de la carne.

Tabla 8. Valores de esfuerzo máximo de la carne de lechales de raza Ansotana. Medias, error estándar y significación de los efectos sexo y tiempo de maduración
Table 8. Maximum stress values of meat of suckling lambs from Ansotana breed. Means, standard error and sex effect signification

		Macho	Hembra	e.e.	Sexo	Tiempo
Esfuerzo máximo (Kg./cm^2)	2 días	5,35	6,00	0.312	ns	ns
	4 días	5,36	5,10			

ns.- no significativo; no significant.

Análisis sensorial

En la tabla 9 se presentan las medias de cada atributo en función de la raza y el sexo. Puede verse que la raza sólo influyó sobre la terneza y la jugosidad, siendo la carne de los animales de la raza Rasa Aragonesa más tierna y menos jugosa que la de los lechales de raza Ansotana. El efecto de la raza sobre la terneza de la carne ha sido ampliamente estudiado y en general, se acepta que se debe a diferencias en la madurez del animal y al estado de engrasamiento. En lechales se ha descrito que las razas más precoces y más engrasadas tienen una carne más tierna (Martínez-Cerezo, 2005).

Por su parte, el sexo sólo afectó a la intensidad de olor a lana, que fue mayor en las hembras que en los machos. Teixeria *et al*. (2005), en un estudio con lechales cuyas madres pastoreaban, no encontraron diferencias entre sexos para ninguno de los atributos sensoriales estudiados, aunque las hembras tendieron a presentar valores más altos para los atributos de flavor y olor. Tejeda *et al*. (2008), en un trabajo con corderos de raza Merina, tampoco encontraron diferencias entre sexos, aunque concluyeron que el flavor parece ser el atributo más influenciado por el sexo. Según Channon *et al*. (1997), las diferencias sensoriales entre sexos son más evidentes en adultos que en animales jóvenes.

Tabla 9. Análisis sensorial de la carne de lechales de raza Ansotana, en comparación con la carne de lechales de raza Rasa Aragonesa. Medias, error estándar y significación de los efectos sexo y raza
Table 9. Meat sensory analysis of suckling lambs from Ansotana breed. Means, standard error and sex and breed effects signification

Atributo	Ansotana		Rasa Aragonesa		Significación		
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Raza (R)	Sexo (S)	RxS
Olor a cordero (1-10)	4,8	5,1	4,9	5,1	ns	ns	ns
Olor a grasa (1-10)	2,6	3,1	2,5	2,7	ns	ns	ns
Olor a lana (1-10)	1,2	1,8	1,3	1,6	ns	*	ns
Terneza (1-10)	5,7	5,8	6,4	6,9	***	ns	ns
Jugosidad (1-10)	5,6	5,1	5,3	5,1	**	ns	ns
Fibrosidad (1-10)	4,5	4,7	4,2	3,8	ns	ns	ns
Flavor a cordero (1-10)	5,9	6,2	6,1	6,1	ns	ns	ns
Flavor a grasa (1-10)	4,7	4,6	4,8	4,5	ns	ns	ns
Flavor a metálico (1-10)	3,8	3,6	3,5	3,9	ns	ns	ns
Flavor ácido (1-10)	3,8	3,5	3,5	3,8	ns	ns	ns
Flavor amargo (1-10)	2,3	2,3	2,3	2,4	ns	ns	ns
Apreciación global (1-10)	4,6	4,8	4,9	4,4	ns	ns	ns

ns.- no significativo, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

ns.- no significant, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

En las condiciones del experimento, puede llegarse a las siguientes conclusiones:

- El sexo tuvo un efecto moderado sobre las características de la canal y de la carne de lechales de raza Ansotana.
- Los machos presentaron canales más pesadas que las hembras, mayores rendimientos de canal, mayores perímetros de grupa y mayores índices de compacidad. Por lo tanto, los machos presentaron canales mejor conformadas que las hembras.
- Las hembras tendieron a presentar mayor cantidad de grasa subcutánea que los machos. Además, esta grasa era más clara en las hembras que en los machos.
- La carne de las hembras presentó mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados que los machos. También presentaron mayor proporción de ácidos grasos de las series omega-3 y omega-6, pero la relación omega6/omega3 fue mejor en los machos.
- A excepción de una ligera diferencia en el olor a lana, que fue mayor en las hembras que en los machos, no se detectaron diferencias importantes entre sexos en la calida sensorial de la carne.

Bibliografía

Albertí P, Sañudo C, Olleta JL, Campo MM, Panea B, Franco J and Lahoz F, 1999. Color del músculo y de la grasa subcutánea de terneros de siete razas españolas. ITEA Vol. extra 20: 80-82.

Aldai N, Osoro K, Barron LJR and Najera AI, 2006. Gas-liquid chromatographic method for analysing complex mixtures of fatty acids including conjugated linoleic acids (cis9-trans11 and trans10-cis12 isomers) and long-chain (n-3 or n-6) polyunsaturated fatty acids - Application to the intramuscular fat of beef meat. J. Chrom. A. 1110: 133-139.

AOAC, 1999. Association of Official Analytical Chemist. Official method of analysis, 16th edition. AOAC International, Gaithersburg, MD, (USA).

AOCS, 2004. Official method Am 5-04. Oil Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Additions and revisions to the official methods and recommended practices of the AOCS.

Beltrán JA, Bonnet M and Ouali A, 1992. Comparative action of cathpesins B and L on intramuscular collagen as assessed by differential scanning calorimetry. Meat Sci. 32: 299-306.

Blázquez B, Ruiz de Huidobro F, Miguel E and Onega E, 2003. Caracterización de dos corderos lechales madrileños (Colmenareño y Rubio de El Molar). I. Calidad de las canales. ITEA Vol. extra 24: 100-102.

Cañeque V, Perez C, Velasco S, Diaz MT, Lauzurica S, Álvarez I, de Huidobro FR, Onega E and De la Fuente J, 2004. Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. Meat Sci. 67: 595-605.

Carrasco S, Joy M, Ripoll G and Panea B, 2008. Diversification of feeding systems for light lambs: evaluation of the nutritive value and of the sensorial characteristics of meat. Enviado a Spanish J. Agric. Res. En proceso de decisión.

Carrasco S, Panea B, Ripoll G, Sanz A and Joy M, 2009. Influence of feeding systems on cortisol levels fat colour and instrumental meat quality in light lambs. Meat Sci. 83: 50-56.

Channon HA, Tatcher LP and Leury BJ, 1997. Effect of age and nutrition on meat flavour of lean heavy weight cryptorchid and wether lambs. In 43th Int. Congress of Meat Sci. Tech. (pp 268-269) 27 July-1 August 1997, Auckland, New Zeeland.

Colomer-Rocher F, Delfa R and Sierra I, 1988. Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea según los sistemas de producción. Programa AGRIMED-CIHEAM: "Les carcasses d'agneaux et des chevreaux méditerréens". 9-10 December. Zaragoza. Published in French: EEC (1988) Rapport EUR 11479 FR Published in Spanish: Cuadernos INIA (1988) 17 19-41.

EFSA, 2005. Request nº EFSA-Q-2004-107. Opinion of the scientific panel on dietetic products nutrition and allergies on a request from the Commission related to nutrition claims concerning omega-3 fatty acids monounsaturated fat polyunsaturated fat an unsaturated fat. EFSA Journal 253 1-29. Disponible en *wwwefaseuint/science/nda/nda_opinions/catindex_enhtml.*

Elmore JS, Mottram DS, Enser M and Wood JD, 1999. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. J. Agric. Food Chem. 47: 1619-1625.

Horcada A, Purroy A, Beriain MJ, Chasco J, Gorraiz C, Alzueta M and Mendizábal JA, 1997. Efecto del peso de sacrificio sobre la calidad de la carne de los corderos de las razas lacha y Rasa Aragonesa. ITEA Vol extra 18: 715-717.

Lanza M, Bella M, Priolo A, Barbagallo D, Galofaro V, Landi C and Pennisi P, 2006. Lamb meat quality as affected by a natural or artificial milk feeding regime. Meat Sci. 73: 313-318.

Lauzurica S, Pérez C, Cañeque V, Ruiz de Huidobro F, Velasco S, Díaz MT and Gayán J, 1999. Parámetros productivos del lechal manchego I. Características al sacrificio ITEA Vol. Extra 20: 104-106.

Lepetit J and Culioli J, 1994. Mechanical-Properties of Meat. Meat Sci 36: 203-237.

Martínez-Cerezo S 2005. Calidad instrumental y sensorial de la carne ovina Influencia de la raza del peso al sacrificio y del tiempo de maduración. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, 290 pp.

Moreiras O, Varela G, Ávila JM, Beltrán B, Cuadrado C, el Pozo S, Rodríguez MV and Ruiz E, 2007. La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Ed Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. ISBN: 978-84-491-0805-1, 632 pp.

Peña F, Cano T, Domenech V, Alcalde MJ and Martos J, 2005. Influence of sex slaughter weight and carcass weight on "non-carcass" and carcass quality in Segureña lambs. Small Rum. Res. 60: 247-254.

Pérez P, Maino M, Morales MS, Köbrich C, Bardon C and Pokniak J. 2007. Gender and slaughter weight effects on carcass quality traits of suckling lambs from four different genotypes. Small Rum. Res. 70: 124-130.

Priolo A, Bella M, Biondi L, Fasone V, Galofaro V, Scerra M, Valvo MA and Lanza M, 2004. Suckling lamb fatty acids as affected by ewes feeding system. 50th Int. Congress of Meat Sci. Tech. Helsinky Finland.

Renerre M, 1986. Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. Bull. Tech. CRZV Theix INRA 65: 41-45.

Revilla I, García-Martín MA and Vivar-Quintana AM, 2005. Efecto del peso y edad sobre las características de engrasamiento y conformación de canales de lechazo para distintas razas. ITEA Vol. extra 26: 673-675.

Ripoll G, Delfa R, Joy M, Sanz A, Panea B, Carrasco S and Albertí P, 2006. Evolución del color y de la dureza de la carne de tres tipos de cordero de raza Churra Tensina. XXXI Jornadas Científicas y X Jornadas Internacionales de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Pp. 73-75.

Ripoll G, Joy M and Muñoz F, 2007. Influencia de la vitamina E y del Selenio sobre la calidad de la carne de corderos. XXXII Jornadas Científicas y XI Jornadas Internacionales de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Pp. 85-88.

Ripoll G, Joy M, Muñoz F and Alberti P, 2008 Meat and fat colour as a tool to trace grass-feeding systems in light lamb production. Meat Sci.: 80 239-248.

Rodríguez AB, Landa R, Bodas R, Prieto N, Mantecón AR and Giráldez FJ, 2008. Carcass and meat quality of Assaf milked fed lambs: effect of rearing system and sex. Meat Sci. 80: 225-230.

Sañudo C, 1980. Calidad de la canal y de la carne en el Ternasco aragonés. Tesis doctoral Universidad de Zaragoza

Sañudo C, Sierra I, López M and Forcada F, 1986. La qualité commerciale de la viande ovine. Étude des différents facteurs qui la conditionnent. Commission des Communautés Européennes, 11479: 67-81.

Sañudo C, Campo MM, Sierra I, María G, Olleta JL and Santolaria P, 1997. Breed effect on carcasse and meat quality of suckling lambs. Meat Sci. 46: 357-365.

Sañudo C, Alfonso M, Sánchez A, Berge P, Dransfield E, Zygoyianis D, Stamataris C, Thorkelsson G, Valdmimarsdottir T, Piasentier E, Mills C, Nute GR and Fisher AV, 2003. Meat texture of lambs from different European production systems. Aust. J. Agric. Res. 54: 551-560.

Teixeira A, Cádavez V, Bueno MS, Pereira E, Batista S, Rodrigues S, Matos S and Delfa R, 200. Efecto del peso y del sexo sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos de la raza Churra Galega Mirandesa. ITEA Vol. extra 24: 106-108.

Teixeira A, Batista S, Delfa R and Cadavez V, 2005. Lamb meat quality if two breeds with protected origin designation. Influence of breed sex and live weight. Meat Sci. 71: 530-536.

Tejeda JF, Peña RE and Andrés AI, 2008. Effect of live weight and sex on physico-chemical and sensorial characteristics of merino lamb meat. Meat Sci. 80: 1061-1067.

Velasco S, Cañeque V, Pérez C, Lauzurica S, Pérez C, Díaz MT, Huidobro F, Manzanares C and Gonzales J, 2001. Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production Systems. Meat Sci. 59: 325-333.

Vergara H and Gallego L, 1999. Efecto del peso de sacrificio y el sexo en la calidad de la carne de corderos de raza Manchega. ITEA Vol. extra 20: 140-142.

Vorster HH, Cummings JH and Jerling JC, 1997. Diet and haemostatic processes Nutr. Res. Rev. 10: 115-135.

Williams CH, 2000. Dietary fatty acids and human health. Ann. Zootech. 49: 165-180.

Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR and Enser M, 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Sci. 66: 21-32.

(Aceptado para publicación el 17 de mayo de 2010)

Relación entre los sistemas de clasificación de canales bovinas de Venezuela y de la Unión Europea para machos Brahman castrados criados en condiciones tropicales. Efecto de la época de nacimiento

J.A. Miguel*, S.J. Meléndez**, B. Asenjo*, J.L. Calvo*, J. de la Fuente* y J. Ciria*

* Área de Producción Animal, Escuela de Ingenierías Agrarias de Soria, Universidad de Valladolid, Campus Universitario s/n, 42004-Soria, España. Tel: +34975129404. E-mail: jangel@agro.uva.e

** Decanato de Ciencias Veterinarias, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela

Resumen

Se presenta en este trabajo la relación existente entre algunos parámetros productivos y los sistemas de clasificación de canales bovinas de Venezuela y de la Unión Europea, para machos de raza Brahman castrados al nacimiento, criados en su propio ambiente en sistema intensivo en el Llano Venezolano, en función de su época de nacimiento (seca o lluviosa), así como la relación entre ambos sistemas de clasificación. Se controló el peso al nacimiento, el peso y la edad al destete, el peso y la edad al sacrificio, la ganancia de peso durante el cebo y el rendimiento canal, de 1478 machos castrados al nacimiento de raza Brahman, 750 nacidos entre los meses de junio y julio (época de lluvia) y 728 nacidos entre los meses de enero y febrero (época de sequía). Todas las canales fueron clasificadas según el sistema Venezolano y de la Unión Europea para bovinos pesados. El efecto de la época de nacimiento influyó de manera significativa en el crecimiento de los animales, así aunque no hubo diferencias en el peso al nacimiento, sí se encontraron en el peso al destete (194,14 *vs*. 177,55) y al sacrificio (503,17 *vs*. 493,01), a favor de los nacidos en época seca. La época de nacimiento no influyó en la clasificación de las canales, encontrándose canales de clase AA-óptima según el sistema Venezolano, entre E-excelente y U-muy buena para el sistema de la UE de acuerdo a la conformación, y con un buen estado de engrasamiento (3-cubierto) según el sistema de la UE. Independientemente de la época de nacimiento, se encontró que tanto para la clasificación Venezolana como las de la UE, mayores pesos al sacrifico, así como superiores ganancias de peso y rendimiento canal, estaban relacionadas de manera positiva con clasificaciones de canal superiores. Se encontró una elevada correlación entre el sistema Venezolano y el del UE (0,92 para conformación y 0,94 para engrasamiento, en ambas épocas de nacimiento), de tal manera que a canales mejor clasificadas según el sistema de Venezuela les corresponden también mejores clasificaciones según el sistema de la UE.

Palabras clave: *Bos indicus*, conformación, correlación Spearman, engrasamiento.

Summary

Relationship between the Venezuela and EU classification systems bovine carcasses for Brahman castrated male tropical conditions-bred. Effect of the time of birth

In this work occurs the relationship between some productive parameters and classification of bovine carcasses of Venezuela and the European Union, for Brahman males castrated to birth, their own environment in intensive system in the Llano Venezuelan, depending on your time of birth (dry or wet), as

well as the relationship between the two systems. It was controlled weight at birth, weight and age at weaning, weight and age to slaughter, weight during the fattening and the performance gain carcass, 1478 castrated to the birth of Brahman, 750 males born between the months of June and July (rainy season) and 728 born between the months of January and February (time of drought). All the carcasses were classified according to the Venezuelan system and the European Union for bovine animals. The effect of the time of birth influenced significantly the growth of animals, although there was no difference in the weight at birth, if there was at weaning weight (194.14 *vs*. 177.55) and the slaughter (503.17 *vs.* 493.01), for those born in dry season. The time of birth did not influence the classification of carcasses, finding AA-optimal class according to the Venezuelan system, E-excellent and U-very well for the EU to the conformation and good fat content (3-covered) according to the system of the EU system carcass. Regardless of the time of birth, it was found for both, the Venezuelan and EU classification, greater slaughter weight as well as higher gain weight and killing out percentage involved positively with superior carcasses ratings. Found a high correlation between the Venezuelan system and the EU (0.92 for conformation and 0.94 for fat content), in both times of birth, so that better classified carcasses as Venezuela system they are also best classifications according to the EU system.

Key words: *Bos indicus*, conformation, Spearman correlation, fat content

Introducción

La producción de carne bovina en Venezuela se basa en el máximo aprovechamiento de los pastos tropicales y se caracteriza por su baja productividad y nivel tecnológico, lo que supone que gran parte de la carne consumida sea importada. La mayor parte de la producción se localiza en los Llanos Venezolanos, los cuales constituyen áreas de sabanas bajas que comprenden las cuencas de los ríos Apure y Orinoco, y representan el 29% de la superficie total de Venezuela. La vegetación se caracterizada por ser de bosque seco tropical, en suelos con limitaciones de fertilidad natural. En lo que a la climatología se refiere, existen dos épocas bien diferenciadas; la lluviosa (mayo-noviembre), cuando se concentra la mayor parte de la precipitación anual (1700 mm), con una elevada temperatura media (27ºC) y humedad relativa (80%), y la época seca (diciembre-abril) cuando tanto las precipitaciones como la humedad relativa es inferior (65%). Existen importantes diferencias en el crecimiento de los animales nacidos en época seca o lluviosa, debido fundamentalmente a la mayor incidencia de enfermedades relacionadas con la elevada humedad (fundamentalmente en los animales más jóvenes), y a la diferente producción de pasto (cantidad y calidad), en función de los diferentes regímenes de lluvia.

Estas grandes superficies de pastos se encuentran ocupadas por rebaños ganaderos de diversos tamaños, que utilizan el Brahman y sus cruces con otras razas de origen *bos indicus,* como Nelore, Gyr y Guzerá principalmente, siendo el Brahman quien aporta la mayor proporción genética a la producción de carne de bovino en Venezuela. En 2008 se sacrificaron un total de 1.732.493 cabezas de ganado bovino en Venezuela, siendo el 30% de las mismas importadas de Brasil y Colombia. El consumo de carne de vacuno se situó en 2008 en 19,3 kg por habitante (FEDENAGA, 2009).

Una práctica común en los sistemas de producción de carne venezolanos consiste en la castración de los machos al nacimiento, con lo que adoptan un temperamento más tranquilo y se facilita el establecimiento de un control reproductivo en los rebaños, además de eliminar algunos atributos indeseables en la carne, dado que el sacrificio se realiza

a edades muy elevadas (31-33 meses). En los sistemas intensivos de producción de carne, los terneros permanecen con sus madres hasta los 6-8 meses cuando son destetados para ser alimentados en la fase de cría a base de pasto (durante 16 meses), y pasar posteriormente al cebo (12 meses) basado en los abundantes pastos producidos en estas zonas tropicales, con una pequeña suplementación de alimento concentrado en forma de pienso compuesto. Los animales son sacrificados cuando alcanzan un peso vivo aproximado de 480-500 kg, a una edad que puede situarse en torno a los 3 años de vida.

Un importante problema para los productores de carne en Venezuela es la elección del momento óptimo de sacrificio, el cual es determinado en función del peso vivo de cada animal independientemente de su edad. Esta situación, trae consigo un importante problema a la hora de clasificar y comercializar unas canales muy poco homogéneas por parte del matadero, lo que conlleva que algunas de estas canales sean rechazadas por el comercio minorista por ser excesivamente engrasadas y con bajo rendimiento de partes nobles. Ante esta situación se hace necesario conocer los parámetros que determinan y condicionan el proceso productivo, con el fin de aplicar aquellas tecnologías que permitan aprovechar el gran potencial existente, de manera que se minimice el alto coste que supone adquirir carne de fuera del país.

En Venezuela tradicionalmente, no se han clasificado las canales de manera adecuada. Huerta *et al.* (1993a, 1993b) demostraron que la clasificación comercial con el sistema utilizado hasta 1994 no era satisfactoria y clasificar según el actual sistema (Decreto Presidencial n.181, 1994), por rendimiento y calidad al mismo tiempo, no es fácil. Así, este sistema recoge que la clasificación Venezolana de canales bovinas comprende seis categorías (Categoría Ternera; AA-óptima; A-excelente; B-selecta; C-superior; D-estándar). Más sencillo es el sistema utilizado en la Unión Europea (DOUE, 2006 y BOE, 2008), según el cual se valora sucesivamente: a) La Conformación en seis clases (S-superior; E-excelente; U-muy buena; R-buena; O-menos buena; P-mediocre) y b) El Engrasamiento en cinco clases (1-no graso; 2-poco cubierto; 3-cubierto; 4-graso; 5-muy graso).

Las diferentes cualidades de la canal para ser clasificada en una determinada clase (para ambos sistemas de clasificación), están relacionadas con algunos parámetros productivos que el ganadero debe conocer con el fin de tomar las mejores decisiones que le permitan obtener el mayor beneficio posible desde el punto de vista económico. Así pues, el objetivo del presente trabajo fue determinar la relación existente entre algunos parámetros productivos y la clasificación de canales bovinas de Venezuela y la de la Unión Europea, así como la relación entre ambos sistemas de clasificación, para machos de raza Brahman castrados al nacimiento, criados en su propio ambiente en sistema intensivo en el Llano Venezolano, en función de su época de nacimiento (seca o lluviosa).

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en la Hacienda Campo Alegre, ubicada en el Estado Barinas, Municipio Pedraza (Venezuela), en la región del piedemonte andino de los Llanos Venezolanos.

Material animal y manejo

Entre los años 2003 y 2008 se controlaron, desde el nacimiento hasta los 33 meses de edad, 1478 machos castrados al nacimiento de raza Brahman; 750 nacidos entre los meses de junio y julio (época de lluvia) y 728 nacidos entre los meses de enero y febrero (época de sequía).

La castración de realizó mediante la colocación en el momento del nacimiento, de una banda de caucho en la parte superior de los testículos, produciéndose la eliminación de la bolsa escrotal necrosada al mes de vida, aproximadamente.

Hasta el momento del destete (8 meses, aproximadamente), los terneros permanecían con sus madres en pastoreo libre utilizando pastos naturales. Durante la fase de cría (de los 8 a los 24 meses de vida), los animales fueron alimentados en pastoreo rotacional a base de forraje fresco compuesto por *Brachiaria decumbens y Brachiaria humidicola* al 50% (tabla 1) y libre acceso a bloques de urea y corrector mineral, en parcelas de 5 hectáreas (2 animales/ha), con un período de permanencia en cada parcela de 2 días y 28 días de descanso. Todas las parcelas disponían de tanques para el suministro de agua *ad libitum* y zona de descanso bajo cubierta. En el cebo, hasta los 33 meses cuando alcanzaban los 500 kg de peso aproximadamente y eran enviados al matadero, se utilizó como suplemento al mismo pasto de la fase de cría, un complemento nutritivo en forma de pienso compuesto (tabla 2), a razón del 1 kg de pienso por cada kg de peso vivo.

Los animales fueron sacrificados en matadero industrial situado a 12 km de la explotación, donde previamente al sacrificio se realizó una inspección sanitaria en busca de lesiones aparentes. Tras un periodo de reposo de tres horas en los corrales correspondientes donde

Tabla 1. Composición química (%) y digestibilidad (%) del pasto utilizado en la fase de cría y cebo (50% *Brachiaria decumbens* y 50% *Brachiaria humidicola*), según la época del año (lluvia o sequía)
Table 1. Chemical composition (%) and digestibility (%) of the grass used during the breeding and bait (50% Brachiaria decumbens and 50% Brachiaria humidicola), according to the time of the year (rain or drought)

Época seca (diciembre-abril)							
Edad (días)	MS	PB	FB	P	Ca	DMS	DMO
30	24,4^{d}	9,45^{a}	29,6^{b}	0,27^{a}	0,33^{d}	58,1^{a}	63,8^{a}
45	26,8^{b}	8,65^{b}	31,3^{b}	0,25^{a}	0,37^{c}	56,3^{b}	60,1^{b}
60	27,2^{b}	7,33^{c}	32,7^{b}	0,19^{b}	0,40^{b}	54,5^{c}	57,6^{c}
75	29,2^{a}	6,43^{c}	33,9^{a}	0,15^{b}	0,42^{a}	52,7^{d}	55,8^{d}
± se	0,42	0,36	0,26	0,01	0,01	0,58	0,74
Época lluviosa (mayo-noviembre)							
Edad (días)	MS	PB	FB	P	Ca	DMS	DMO
30	21,9^{d}	9,35^{a}	29,8^{c}	0,31^{a}	0,28^{d}	57,4^{a}	60,3^{a}
45	24,3^{b}	8,09^{b}	31,5^{c}	0,19^{b}	0,35^{c}	52,6^{b}	59,7^{a}
60	25,8^{b}	7,46^{c}	34,2^{a}	0,17^{b}	0,42^{b}	51,8^{c}	54,3^{b}
75	26,9^{a}	6,72^{d}	33,7^{b}	0,12^{c}	0,51^{a}	49,2^{d}	52,9^{c}
± se	0,62	0,27	0,29	0,01	0,01	0,72	0,64

MS (materia seca); PB (proteína bruta); FB (fibra bruta); DMS (digestibilidad de la materia seca); DMO (digestibilidad de la materia orgánica).

Letras diferentes en la misma columna son diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Tabla 2. Composición del pienso compuesto utilizado como suplemento nutritivo durante la fase de cebo
Table 2. Feed used as a nutritional supplement during bait

Materias primas	(%)
Torta de soja	29
Maíz en grano	35
Harina de maíz	10
Melaza de caña	10
Yacija (1)	15
Corrector vitamínico-mineral (2)	1
Composición química	**g/kg MS**
PB (proteína bruta)	146,76
FB (fibra bruta)	48,74
EE (extracto etéreo)	71,29
Composición nutritiva (3)	**g/kg MS**
UFC	1,00
PDI	88,63

(1) Subproducto de la industria avícola, utilizado en la alimentación animal en Venezuela.

(2) Corrector vitamínico-mineral (por kg de corrector): Zn, 5000 mg; Mn, 5000 mg; Fe, 1750 mg; Co, 100 mg; I, 70 mg; Se, 25 mg; vitamina A, 600.000 UI; vitamina D3, 120.000 UI; vitamina E, 2000 mg.

(3) UFC, PDI: estimados según INRA (2007).

disponían de agua a libre disposición, los animales eran sacrificados utilizando pistola de perno cautivo o bala neumática a nivel del hueso frontal (técnica habitualmente utilizada en todos los mataderos de ganado bovino venezolanos).

Parámetros estudiados y clasificación de las canales

Al nacer, se registraron los pesos y fechas correspondientes, con el fin de controlar el peso al nacimiento (PN), así como la época de nacimiento (época de sequía ó época de lluvia). Se registró en peso vivo en el momento del destete (PD) y la fecha en la que se realizaba (ED), en torno a los 8 meses. El día que los animales eran transportados al matadero, se registró la fecha para controlar la edad al sacrificio (ES) y el peso al sacrificio (PS). Se calculó la ganancia media diaria de peso durante la fase de cebo (GDP), realizando controles de peso mensuales.

Una vez sacrificados los animales y obtenidas las canales, eran asignadas a cada uno de los grupos experimentales en función de la época de nacimiento, inmediatamente se registraba el peso de la canal caliente (PCC) y el rendimiento canal (RC) como la relación entre el peso de la canal caliente y el peso al sacrificio. La clasificación de cada canal era realizada por el mismo veterinario legalmente autorizado para ello, según la clasificación de canales bovinas de Venezuela (CCV), y

Tabla 3. Equivalencias numéricas de los sistemas de clasificación de canales
Table 3. Numerical carcasses classification system equivalence

CCV	CT+	CT	CT-	AA+	AA	AA-	A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	D+	D	D-
	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
UEC	S+	S	S-	E+	E	E-	U+	U	U-	R+	R	R-	O+	O	O-	P+	P	P-
	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
UEG				5+	5	5-	4+	4	4-	3+	3	3-	2+	2	2-	1+	1	1-
				15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

CCV (clasificación de canales Venezolana); CT-Categoría Ternera. AA-óptima. A-excelente. B-selecta. C-superior. D-estándar.
UEC (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo a la conformación); S-superior. E-excelente. U-muy buena. R-buena. O-optima. P-mediocre.
UEG (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo al engrasamiento); 1-no graso. 2-poco cubierto. 3-cubierto. 4-graso. 5-muy graso.

según la clasificación de canales bovinas de la Unión Europea de acuerdo a la conformación (UEC) y al engrasamiento (UEG).

Análisis estadístico

Los parámetros productivos estudiados (PN, ED, PD, ES, PS, GDP y RC), así como las clasificaciones de las canales (CCV, UEC, UEG), en función de la época de nacimiento, se analizaron mediante modelo lineal general de análisis de varianza del programa informático SPSS 10.0 (1999). El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + e_{ij}$$

Y_{ij}: observaciones (ED, PD, ES, PS, GDP, RC, CCV, UEC y UEG)

μ: media

B_i: efecto fijo de la época de nacimiento "i" (i = 1, época seca; i = 2, época lluviosa)

e_{ij}: error residual experimental

Para poder realizar los correspondientes tratamientos estadísticos tras la clasificación de las canales, las diferentes clases de los sistemas de clasificación, se adaptaron a una escala numérica según se recoge en la tabla 3. La transformación a valores numéricos de las clasificaciones de la Unión Europea (UEC y UEG) fue la que suele utilizarse en las publicaciones científicas (García-Torres *et al.,* 2005), y para la clasificación Venezolana (CCV) dado que también consta de 6 clases igual que la UEC, se asumió la misma transformación.

La correlación entre los parámetros estudiados y los sistemas de clasificación de canales bovinas, así como la correlación entre los sistemas de clasificación, se realizó mediante el coeficiente de correlación múltiple de Spearman, utilizando el programa informático SPSS 10.0 (1999).

Resultados y discusión

Como puede observarse en la tabla 4, no se encontraron diferencias en el peso al nacimiento en función de la época (seca o lluviosa), pero aunque los animales fueron destetados y sacrificados a la misma edad en ambos grupos, se encontraron diferencias en el peso a favor de los animales nacidos en época de seca. Los nacidos en época seca tuvieron una mayor GDP durante el cebo que los nacidos en época lluviosa, y también el rendimiento canal fue superior.

El que los animales nacidos en época seca alcanzaran mayores pesos al destete, puede ser debido a que se ven afectados por una menor incidencia de enfermedades asociadas a los altos contenidos de humedad, y a que coincide el pico de la lactación durante su fase de amamantamiento con la época de mayor producción de pasto (época de lluvias). El destete de estos, se produce al comienzo de la época seca, con lo que el crecimiento al principio de la fase cría en inferior al de los terneros nacidos en época de lluvia, que si bien su crecimiento hasta el destete es inferior, son destetados al comienzo de la época lluvias cuando la producción de pasto es superior, alcanzando mayor crecimiento en esta segunda fase y recuperando parte del terreno perdido con los nacidos en época de sequía, aunque al sacrificio siguen presentando mayor peso los nacidos en época seca.

Tabla 4. Parámetros productivos en función de la época de nacimiento
Table 4. Productive parameters depending on the time of birth

	Época seca (diciembre-abril)	Época lluviosa (mayo-noviembre)	Sig.
PN (kg)	33,16 ± 3,60	33,28 ± 3,86	NS
ED (meses)	8,46 ± 0,82	8,47 ± 0,63	NS
PD (kg)	194,14 ± 24,76	177,55 ± 25,12	**
ES (meses)	33,05 ± 3,88	33,53 ± 2,91	NS
PS (kg)	503,17 ± 27,91	493,01 ± 28,51	*
GDP (kg)	0,48 ± 0,04	0,46 ± 0,05	*
RC (%)	57,92 ± 2,49	56,37 ± 1,92	**

PN (peso al nacimiento); ED (edad al destete); PD (peso al destete); ES (edad al sacrificio); PS (peso al sacrifico), GDP (ganancia diaria de peso en la fase de cebo); RC (rendimiento canal).

Esta diferente forma en que se produce el crecimiento de los terneros en función de la época de nacimiento es ampliamente conocida por los productores de carne del Llano Venezolano y ha sido estudiada por gran número de investigadores entre los que destacamos a Plasse *et al.* (2000) y Romero *et al.* (2001), los cuales trabajando con diferentes razas de origen *bos indicus* en condiciones tropicales encontraron mayor peso al destete y al sacrificio en el caso de nacimientos en época seca.

En la tabla 5 se recogen las categorías en las que fueron clasificadas las canales en función de la época de nacimiento, según el sistema Venezolana y el de la Unión Europea. Se puede observar que no se encontraron diferencias en función de la época de nacimiento, siendo la media de las canales clasificadas según el sistema de clasificación de

Tabla 5. Clasificación de las canales en función de la época de nacimiento
Table 5. Classification of carcasses depending on the time of birth

	Época seca (diciembre-abril)	Época lluviosa (mayo-noviembre)	Sig.
CCV (1 a 18)	13,96 ± 0,41 (AA)	13,73 ± 0,46 (AA)	NS
UEC (1 a 18)	13,15 ± 0,87 (E-)	12,23 ± 0,93 (U+)	NS
UEG (1 a 15)	6,97 ± 0,56 (3-)	6,94 ± 0,48 (3-)	NS

CCV (clasificación de canales Venezolana); CT-Categoría Ternera. AA-óptima. A-excelente. B-selecta. C-superior. D-estándar.

UEC (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo a la conformación); S-superior. E-excelente. U-muy buena. R-buena. O-optima. P-mediocre.

UEG (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo al engrasamiento); 1-no graso. 2-poco cubierto. 3-cubierto. 4-graso. 5-muy graso.

Venezuela como clase AA-óptima, y según el sistema de la Unión Europea de acuerdo a la conformación, entre las clases E-excelente y U-muy buena, presentando un buen estado de engrasamiento (3-cubierto). Esta clasificación sitúa a estas canales a la altura de razas especializadas en la producción de carne (clasificadas como S y E), y por encima de algunas razas autóctonas españolas como la Asturiana de los Valles, Retinta, Avileña Negra y Morucha (Piedrafita, 2000).

La relación entre los parámetros estudiados y los sistemas de clasificación de canales según la época de nacimiento, calculada por el coeficiente de correlación de Spearman, se presentan el tabla 6. Para las dos épocas, en el sistema de clasificación de canales Venezolano, se encontró una correlación altamente significativa y positiva con la edad y el peso al sacrificio, con la ganancia media diaria durante el cebo y con el rendimiento canal, de manera que según aumentan estos tres parámetros, la clase de canal mejora.

Según el sistema de clasificación de la Unión Europea de acuerdo a la conformación de las canales, se encontró algo parecido, con la diferencia de que se obtuvo mayor correlación positiva con el peso al destete que con el peso al sacrificio, esto es, a mayor peso al destete, mejor será la clasificación de la canal.

Diferentes autores (Albertí *et al.,* 2001; Park *et al.,* 2002) han encontrado que el sacrificar a los animales con más peso, influye positivamente en la conformación de las canales, pero también otros investigadores como Cerdeño *et al.* (2001), no encontraron esta relación trabajando con terneros de raza Parda. También López y Rubio (1998) trabajando con animales en el trópico encontraron que a las canales de mayor rendimiento les correspondían mejor conformación.

Respecto a la clasificación de la Unión Europeo para el engrasamiento, se encontró la mayor correlación positiva con la ganancia media diaria durante el cebo, por lo que como corroboran diferentes investigadores como Byers (1996), al aumentar la velocidad de crecimiento al final del cebo, se consigue canales mas engrasadas. También se obtuvo correlación positiva con el peso al sacrifico y la edad al sacrificio. En ningún caso se encontró relación con la edad al destete, independientemente de la época de nacimiento de los terneros.

Tanto para las canales de los animales nacidos en época seca como lluviosa (tabla 7), se

Tabla 6. Coeficientes de correlación de Spearman entre los parámetros productivos y los sistemas de clasificación
Table 6. Spearman correlation coefficients between productive parameters and classification systems

Época seca (diciembre-abril)						
	ED	PD	ES	PS	GDP	RC
CCV	-0,060	0,143	0,147	0,303	0,311	0,259
	p = 0,535	*p = 0,065*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*
UEC	-0,050	0,290	0,227	0,058	0,276	0,279
	p = 0,561	*p < 0,001*	*p = 0,006*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*
UEG	0,007	0,083	0,286	0,204	0,415	-0,026
	p = 0,873	*p = 0,323*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p = 0,752*
Época lluviosa (mayo-noviembre)						
	ED	PD	ES	PS	GDP	RC
CCV	-0,062	0,155	0,142	0,311	0,327	0,287
	p = 0,475	*p = 0,085*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*
UEC	-0,073	0,301	0,236	0,056	0,241	0,285
	p = 0,549	*p < 0,001*	*p = 0,006*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*
UEG	0,012	0,090	0,294	0,212	0,452	-0,031
	p = 0,929	*p = 0,401*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p < 0,001*	*p = 0,823*

ED (edad al destete); PD (peso al destete); ES (edad al sacrificio); PS (peso al sacrifico), GDP (ganancia diaria de peso en la fase de cebo); RC (rendimiento canal); CCV (clasificación de canales Venezolana); UEC (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo a la conformación); UEG (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo al engrasamiento).

encontró una elevada correlación entre el sistema de clasificación Venezolano y el de la Unión Europea de acuerdo a la conformación (0,92), siendo la correlación de este con la clasificación de acuerdo al engrasamiento incluso algo superior (0,94), y también altamente significativa. Así pues, y como cabía ser esperado, a canales mejor clasificadas según el sistema de Venezuela les corresponden también mejores clasificaciones según el sistema de la UE de acuerdo a la conformación y al engrasamiento.

Tabla 7. Coeficientes de correlación de Spearman entre los sistemas de clasificación de canales en función de la época de nacimiento
Table 7. Spearman correlation coefficients between classification systems carcasses depending on the time of birth

Época seca (diciembre-abril)		
	UEC	UEG
CCV	0,922	0,940
	p < 0,001	*p < 0,001*
Época lluviosa (mayo-noviembre)		
	UEC	UEG
CCV	0,927	0,942
	p < 0,001	*p < 0,001*

CCV (clasificación de canales Venezolana); UEC (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo a la conformación); UEG (clasificación de canales de la Unión Europea de acuerdo al engrasamiento).

Dada la dificultad que supone clasificar por rendimiento y calidad al mismo tiempo, como propone el sistema de clasificación Venezolano, algunos autores como Huerta y Morón (1996) ya trabajaron con otros sistemas, como es el norteamericano (USDA, 1990), con el objetivo de facilitar esta tarea. En el presenta trabajo se propone la posibilidad de utilizar el sistema de la Unión Europea, el cual presentó un elevado grado de correlación con el Venezolano.

Conclusiones

El nacer en época seca (diciembre-abril) o en época de lluviosa (mayo-noviembre), aunque no influyó en la clasificación de las canales de los terneros Brahman criados en régimen intensivo en el Llano Venezolano, si lo hizo en el crecimiento, así, aunque no se encontraron diferencias en el peso al nacimiento, los que nacieron en época seca pesaron más al destete y también en el momento del sacrifico, que los nacidos en época de lluvia. También presentaron mayor ganancia de peso diaria en la fase de cebo y mayor rendimiento canal. Independientemente de la época de nacimiento, se encontró una relación importante entre algunos parámetros productivos fácilmente medibles y controlables por el productor, con las diferentes clases de los sistemas de clasificación de canales bovinas utilizados en Venezuela y en la Unión Europea. Así pues, conociendo en qué sentido se deben modificar estos parámetros, se puede mejorar la clasificación de esas canales con el fin de obtener un mayor beneficio económico.

Bibliografía

Albertí P, Sañudo C, Olleta JL, Panea B, Lahoz F, 2001. Efecto del peso de sacrificio en el rendimiento cárnico de terneros de siete razas bovinas españolas. Actas de las IX Jornadas de Producción Animal. Volumen Extra. 22. Tomo II: 510-512. Zaragoza. España.

BOE, 2008. Real Decreto 225/2008, de 5 de marzo, por el que se completa la aplicación del modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado y se regula el registro de los precios de mercado. Boletín Oficial del Estado (56): 13309-13319.

Byers F, 1996. Manejo de la nutrición y le crecimiento de ganado Bos indicus vs. Bos taurus: Retos en la nutrición y el crecimiento. VII Congreso Mundial de raza Brahman: 76-84. Maracaibo. Venezuela.

Decreto Presidencial n.181, 1994. Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela 4737. Extraordinario. Caracas. Venezuela.

DOUE, 2006. Reglamento (CE) 1183/2006 del Consejo, de 24 de julio de 2006, sobre el modelo comunitario de clasificación de las canales de vacuno pesado. Diario Oficial de la Unión Europea. L 214, 4 de agosto de 2006, p 1-6.

FEDENAGA, 2009. Federación Nacional de Ganaderos de Venezuela. Dependencia Alimentaria. Retrieved January 12, 2010, from www.fedenada.org

García-Torres S, Espejo M, López MM, Izquierdo M, Mendizábal JA, Purroy A, 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal bovina. En: Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ed: INIA: 105-119.

Huerta N, Morón O, Jerez N, 1993a. Efecto de la clasificación de canales bovinas sobre el rendimiento al desposte en cortes de carnicería. Revista de la Facultad de Agronomía. 10 (3): 453-474.

Huerta N, Morón O, Jerez N, 1993b. Influencia de la clasificación y la categorización sobre el rendimiento al desposte de canales bovinas. Revista de la Facultad de Agronomía. 10 (3): 475-489.

Huerta N, Morón O, 1996. Variación de características en pie y en canal de bovinos en Venezuela y su relación con el rendimiento de cortes valiosos. Revista Científica de la Facultad de Veterinaria. VI (1): 53-57.

INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux-valeurs des aliments. Éditions Quae, Versalles Cedex. 310 pp

López M, Rubio M, 1998. Texcnologías para La evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. Revista Veterinaria. México. 29 (3): 279-287.

Park GB, Moon SS, Ko YD, Ha JK, Lee JK, Chang HH, Joo ST, 2002. Influence of slaughter weight and sex on yield and quality grades of Hamwoo (Korean native cattle) carcasses. Journal of Animal Science. 80 (1): 129-136.

Piedrafita J, 2000. Characterization and assessment of genetic aptitudes of European local beef cattle breeds for producing quality meat. Final Report.

Plasse D, Fossi H, Hoogesteijn R, Verde O, Rodríguez C, Rodríguez R, 2000. Producción de vacas F1 *Bos taurus* x Brahman, apareadas con toros Brahman y de vacas Brahman con toros F1 *Bos taurus* x Brahman *vs.* Brahman. Ed. Universidad Central de Venezuela, Venezuela. 125 pp.

Romero R, Plasse D, Verde O, Hoogesteijn R, Bastidas P, Rodriguez R, 2001. Absorción de Brahman a Guzerá y Nelore en pasto mejorado. Livestock Research for Rural Development. 13 (1): 138-154.

SPSS base 10.0 for windows user's guide, 1999. SPSS Inc., Chicago IL.

USDA, 1990. United States Department of Agriculture. Composition of Foods: Beef products. Raw-Processed-Prepared. Agriculture Handbook nº 8-13. Human Nutrition Information Service. Washington D.C. 421 pp.

(Aceptado para publicación el 2 de agosto de 2010)

Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en *Gliricidia sepium* (lam.) y *Leucaena leucocephala* (jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles

H. Gómez-Castro*, R. Pinto-Ruiz*, F. Guevara-Hernández* y A. Gonzalez-Reyna**

* Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas, Cuerpo Académico Agroforestería Pecuaria. Carretera Ocozocoautla –Villaflores km. 84.5, Apdo. Postal 78, C.P. 30470 Villaflores, Chiapas, México. Tel +965 655 32 72. E-mail: hgomezc@yahoo.com

** UAM Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria, Cuerpo Académico Mejoramiento y Biotecnología y Sistemas de Alimentación. Apartado Postal No. 149, C. P. 87149, Cd. Victoria, Tamps., México. Tel 834 3181800, Ext. 2116.

Resumen

Los objetivos del presente trabajo fueron 1° determinar y comparar el almacenamiento de carbono atmosférico que tienen *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, cuantificando la producción de biomasa y el contenido de carbono en tallo, ramas y follaje mediante una serie de muestras obtenidas de cada especie, y 2º, a partir de las muestras obtenidas establecer ecuaciones de predicción para estimar la biomasa y el almacenamiento de carbono de dichas especies en sistemas silvopastoriles. De esta forma ofrecer servicios ambientales e incentivar su establecimiento en la región. La metodología incluyó muestreos destructivos de 30 árboles de dos especies de importancia forrajera en el Centro de Chiapas, integrando información sobre el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total del árbol y los pesos de tronco, ramas y follaje. Se estimó la materia seca de cada una de las muestras secando las mismas con aire forzado durante 48 horas a 60 °C, en horno de secado, determinando el contenido de carbono de las mismas por medio de un autoanalizador para determinar carbono. Con los datos obtenidos se ajustaron una serie de modelos exponenciales y logarítmicos con el uso de un software para análisis estadísticos (SAS, 1990). Para el caso de *L. leucocephala* el modelo de mejor ajuste fue LN (BA) = -1,46+1,69 LN (DAP) y para *G. sepium* el modelo BA = $3{,}27e^{0{,}075(DAP)}$. Con base en los resultados del presente estudio, se determinó que *L. leucocephala* tiene mayor producción de biomasa aérea y por consecuencia mayor potencial para almacenar carbono atmosférico que *Gliricidia sepium,* lo que favorece su elección en el establecimiento de prácticas silvopastoriles así como de futuras investigaciones orientadas a la innovación tecnológica para una ganadería sostenible en Chiapas.

Palabras clave: sistemas silvopastoriles, leñosas forrajeras, ecuaciones de predicción, biomasa, secuestro de carbono, servicios ambientales, innovación tecnológica.

Summary
Estimations of aerial biomass and secuestred carbon in *Gliricidia sepium* (lam.) and *Leucaena leucocephala* (jacq.) and its application in silvopastoral systems

The purpose of this study was to determine and compare the potential of atmospheric carbon storage by *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*, through the quantification of biomass production and carbon content in stem, branches and foliage. This was done to estimate the potential it has to be included in the program whose central axis are silvopastoral systems and supply of environmental services in the study region. This was done –by using allometric equations- to estimate the potential of

being included in a local technology innovation program, whose centerpiece is the silvopastoral systems and supply of environmental services in the region of study. The destructive sampling methodology included 30 trees of two forage-potentially species in central Chiapas, by integrating information on the diameter at breast height (DBH), total tree height and weights independent of stem, branches and foliage. We estimated the dry matter of each of the samples by drying them with forced air for 48 hours at 60 °C in a drying oven. We also determined the carbon content with the analizer CHN. With the obtained data, a series of exponential and logarithmic models were adjusted by using statistical software. In the case of *L. leucocephala* best-fit model was ln (ba) = -1,46 +1,69 ln (DBH) and *G. sepium* model ba = 3,27e0,075 (DAP). The results indicate that *L. leucocephala* has a higher aboveground biomass production and consequently greater potential to store atmospheric carbon than *Gliricidia sepium*. This choice favors the establishment of silvopastoral practices and future research aimed at technological innovation to address sustainable farming in Chiapas, Mexico.

Key words: Silvopastoral systems, alometric equations, biomass, carbon stored, environmental services, technological innovation.

Introducción

El cambio climático global es un tema de alta prioridad a nivel internacional y que frecuentemente se asocia con las actividades antropogénicas que influyen sobre la cantidad de gases de invernadero presentes en la atmósfera, dentro de los cuales el dióxido de carbono (CO_2) juega un papel preponderante ya que, junto a otros gases absorben y emiten radiación en la atmósfera. Estos gases determinan la proporción de energía solar que se absorbe o se devuelve reflejada al espacio. El creciente uso de material fósil parar la combustión, la liberación de químicos a las fuentes acuáticas, la actividad agrícola, pecuaria y forestal, la quema de bosques, pastizales y la demforestación han incrementado en un 30 % el CO_2 presente en la atmósfera en los últimos 150 años (De Jong *et al*., 2007). Muchas observaciones constatan el aumento de la temperatura atmosférica y oceánica, el derretimiento generalizado de la nieve y el hielo, y el aumento del nivel del mar (World Resources Institute, 1998). Por lo que implica este fenómeno, surge la necesidad de buscar alternativas para adaptarse y recuperar el equilibrio, en donde una amplia adopción de sistemas agroforestales puede contribuir a mitigar los efectos de la concentración de gases de invernadero en la atmósfera, particularmente sobre el CO_2.

Generalmente se considera que aproximadamente la mitad del peso de un árbol maduro es carbono elemental y que mientras el árbol está vivo y productivo extrae más carbono que el que devuelve a la atmósfera (Campbell *et al*., 1999). Por tal motivo, la reforestación de áreas boscosas como un mecanismo para fijar carbono ha adquirido un nuevo significado. Además, la aparición de permisos de emisiones y compensaciones negociables de carbono estimula la retribución financiera de los beneficios por reducción en las emisiones de carbono y actividades que contrarrestan la acumulación del mismo. En el Protocolo de Kyoto (Grubb *et al*., 1999) se fundamenta la creación de un mercado internacional sobre esquemas de secuestro de carbono, en el cual los países desarrollados pueden comprar a los países en desarrollo reducciones externamente certificadas de emisiones y usarlas para cumplir los propios límites nacionales. En este sentido, los sistemas agroforestales tropicales, entre los cuales se encuentran los silvopastoriles, pueden considerarse opciones tecnológicas apropiadas para la actividad

ganadera, asumiendo que tienen la ventaja de capturar carbono atmosférico, y que este servicio ambiental tiene la posibilidad de proveer una retribución económica. El pago por servicios ambientales es el resultado de las funciones ecológicas de los ecosistemas para el bienestar de la humanidad, de esta forma estas prácticas pueden ser un factor mitigante para la contaminación ambiental y para el calentamiento global del planeta (Streck, *et al*., 2008).

La incorporación de árboles en la producción pecuaria mejora el almacenamiento y captura de carbono atmosférico brindando de esta forma servicios ambientales (Andrade e Ibrahim, 2003). Por otra parte, el adoptar prácticas silvopastoriles provee de fuentes de alimentos de mayor valor nutritivo y de fácil adquisición para el ganado; fertilización constante del suelo y una gran variedad de usos alternativos. Hay evidencias de que la incorporación de leñosas forrajeras puede reducir los efectos ambientales del crecimiento de la actividad ganadera en ambientes tropicales, diversificar las unidades ganaderas y promover la intensificación de sistemas extensivos (Locker, 1994).

Existen estudios en la región norte del estado de Chiapas que muestran la viabilidad del uso de ecuaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera en algunas especies (López, *et al.,* 2003), no obstante se requiere obtener información de otras regiones del estado y comparar la capacidad que tienen otras especies para fijar carbono atmosférico, como un elemento fundamental para el monitoreo de carbono y determinar posibles servicios ambientales (Andrade e Ibrahim, 2003). En estudios previos en el centro de Chiapas, se menciona a *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* entre las especies con mayor potencial forrajero en la región, debido entre otras cosas a que presentan valores de degradabilidad ruminal del 74,85 y 45,58%, respectivamente. Así también, se señala que estas especies fueron las más consumidas en una prueba de cafetería (Pinto *et al.*, 2003). Por lo tanto, la evaluación de estas especies para almacenar carbono puede resaltar la importancia de incluirlas en sistemas ganaderos silvopastoriles en el centro de Chiapas.

En este sentido, el objetivo de este trabajo consistió en determinar y comparar el almacenamiento de carbono atmosférico que tienen *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala,* cuantificando la producción de biomasa y el contenido de carbono en tronco, ramas y follaje, y, a partir de las muestras obtenidas establecer ecuaciones de predicción para estimar la biomasa y almacenamiento de carbono de dichas especies en sistemas silvopastoriles, y de esta forma, ofrecer servicios ambientales e incentivar su establecimiento en la región.

Materiales y métodos

Localización geográfica del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en parcelas de vegetación secundaria con una extensión aproximada de 10 ha, ubicadas en el ejido Cristóbal Obregón del municipio de Villaflores, Chiapas, localizado entre los 16º 14' Latitud Norte y 93º 16' Longitud Oeste, con una altitud de 610 m.s.n.m. (INEGI, 2001). El clima que predomina en esta zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano y que está clasificado como (Aw1) (w) (i')g, la precipitación media anual es de 1200 mm y la temperatura media anual de 24,6º C (García, 1987). El suelo en el área de estudio presenta una textura predominantemente areno-arcillosa.

Selección de árboles

Los árboles muestreados para el experimento se tomaron de parcelas de pastoreo con áreas

de vegetación secundaria del ejido Cristóbal Obregón. Se muestrearon árboles mayores de un año de edad, eligiendo 30 árboles por especie con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 5 cm (Mc Dicken, 1997), lo cual hizo un total de 60 muestras cuyo rango de DAP estuvo entre 5 y 23 cm, rango en el cual se encontraban la mayoría de los arboles presentes en el sitio experimental.

Una vez seleccionado el árbol en cuestión, se procedió a tomar el diámetro a la altura del pecho por medio de una cinta diamétrica y después se registró en una base de datos. La altura de los árboles en pie se determinó con la ayuda de un dendrómetro de medición de ángulos, calibrándose a una distancia de 15 m del árbol y verificándose los datos de altura con el uso de cinta métrica. Ya derribado el árbol se pesó por separado en verde el tronco, las ramas y el follaje con la ayuda de una báscula de reloj, colectándose las muestras por componente y por árbol, para posteriormente determinar la materia seca.

Análisis de laboratorio

Para la determinación de materia seca se tomaron muestras de 250 g para cada componente del árbol, para secarlas en un deshidratador durante 48 h, a una temperatura de 60 °C y ser pesadas hasta alcanzar un peso constante. (A.O.A.C., 1980).

Posteriormente para la determinación de carbono, las muestras fueron enviadas al Laboratorio de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en San Cristóbal de las Casas, en donde para determinar el carbono se utilizó un autoanalizador elemental para carbono, hidrogeno y nitrógeno, equipado con sensor de conductividad térmica e infrarojo. El procedimiento para el análisis incluye la deshidratación y molido de muestras, pesaje de muestras, combustión de muestras por duplicado en el autoanalizador, separación de óxidos nitrosos y CO_2 y determinación de carbono.

Análisis estadístico

La biomasa de los distintos componentes de las dos especies de plantas estudiadas se analizaron mediante la comparación de medias de efectos simples utilizando la prueba de Tukey (Steel and Torrie, 1980).

Los modelos que se utilizaron para ajustar los datos obtenidos en el muestreo, se presentan a continuación:

$BA = (a)(e^{b(DAP)})$

$Ln(BA) = a + b\ Ln(DAP)$

$Ln(BA) = a + b\ Ln(DAP) + c\ Ln(ALT)$

$Ln(BA) = a + b\ (DAP^2)$

$Ln(BA) = a + b\ Ln(DAP^2)$

$Ln(BA) = a + b\ (DAP) + c\ Ln(ALT^2)$

$Ln(BA) = a + b\ Ln(DAP*ALT)$

En donde,

Ln = logaritmo natural,

BA = biomasa aérea en base seca (Kg.),

DAP = diámetro a la altura del pecho,

ALT = altura del árbol,

a, b y c = parámetros del modelo, y

e = exponencial.

Todos los modelos se desarrollaron mediante un software para análisis estadísticos (SAS, 1990). Los modelos de mejor ajuste se seleccionaron con base en los siguientes criterios: coeficiente de variación (CV), cuadrado medio del error (CME), precisión (PRESS) y coeficiente de determinación (R^2). También se probaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad por medio del análisis gráfico de los residuales del modelo.

Resultados y discusión

Materia seca

En la tabla 1 se presentan los porcentajes medios de materia seca (MS) del tronco, rama y follaje de las plantas muestreadas de *G. sepium* y *L. leucocephala*. Se puede apreciar que el porcentaje medio de materia seca de *L. leucocephala* es significativamente superior que el de *G. sepium* para los tres componentes. Esta característica puede ser atribuida a que la *L. leucocephala* tiene una densidad excepcionalmente alta (NAS, 1997), lo cual redunda en una mayor cantidad de materia seca y peso del árbol. Se ha citado que la *L. leucocephala* tiene una densidad de 0,52 g/cm^3 (FACT, 1998), mientras que Arias *et al.,* (2001) encontraron valores de densidad de 0,43 g/cm^3 para *G. sepium*. También se menciona que las condiciones de humedad, afectan a la densidad de los árboles (Vales, 1999).

Con respecto a la materia seca del follaje, en el caso de la *G. sepium* se encontraron valores similares a los publicados por otros autores (Flores, 1992; Rodríguez *et al*., 1987), sin embargo para *L. leucocephala* se citan porcentajes máximos de 30% de MS (Olmos *et al.,* 2004; Zarate, 1987), mientras que en este estudio se obtuvo 35,19% de MS. Esto último puede explicarse por el hecho de que la mayoría de los árboles muestreados eran mayores a un año de edad, y se ha reportado que la materia seca del follaje se incrementa con la madurez de los árboles (Gómez *et al.*, 1990). Lo anterior se asocia con la formación de compuestos a partir de CO_2, que son cada vez más complejos y con mayor número de moléculas de carbono conforme el árbol crece, incrementándose de esta forma la densidad del árbol.

En la tabla 1 también se muestran los porcentajes de biomasa promedio del tronco, ramas y follaje de *G. sepium* y *L. leucocephala.* Se observa similitud en la proporción del peso de los componentes en las dos especies con respecto al peso total del árbol. Correspondiendo aproximadamente el 60% del peso seco total al tronco, mientras que las ramas y el follaje aportan alrededor del 30 y 10% del peso total respectivamente. Lo anterior muestra la capacidad que tienen ambas especies como almacenes de carbono, tomando en cuenta que el 90% de la biomasa aérea corresponde al tronco y ramas, componentes que no son consumidos por los animales.

Tabla 1. Porcentajes medios de materia seca y biomasa total de los diferentes componentes de *G. sepium* y *L. leucocephala*
Table 1. Average percentage of dry matter and total biomass of the different components of G. sepium and L. leucocephala

	% de materia seca		% de biomasa total	
	G. sepium	*L. leucocephala*	*G. sepium*	*L. leucocephala*
Tronco	44,09[a]	62,63[b]	60,9	58,3
Ramas	35,76[a]	51,81[b]	29,8	30,9
Follaje	26,37[a]	35,19[b]	9,3	10,8

Medias con diferentes letras en filas tienen diferencias altamente significativas (P < 0,01).

Costo Total por m^2. Referido en Tabla No. 4.

A: Comparación de dosis óptima con Testigo Absoluto. R: Comparación de dosis óptima con Testigo Relativo.

Biomasa aérea de las plantas y relación con parámetros dasométricos

La biomasa aérea de las plantas muestreadas de las especies estudiadas y su relación con el diámetro a la altura del pecho se presenta en la figura 1. Se aprecia un incremento directamente proporcional de la biomasa aérea con respecto al DAP, siendo el incremento mas acelerado en el caso de la *L. leucocephala*. Esto último puede asociarse a que, como se mencionó antes, esta especie tiene un alto porcentaje de materia seca y una alta densidad específica, lo cual redunda en una mayor cantidad de biomasa aérea (FACT, 1998).

El potencial de producción de biomasa que tiene la *L. leucocephala* ha sido discutido en otros estudios (Parrotta, 1992b y Torres *et. al.,* 2000), de tal forma que junto con otros atributos hacen que esta especie sea considerada una arbórea con excelente potencial forrajero. Se han reportado para la *L. leucocephala* rendimientos de hasta 20 ton ha^{-1} $año^{-1}$ de follaje seco (Zarate, 1987; FACT, 1998 y Hernández *et al.,* 1996), mientras que en el caso de la *G. sepium* se presentan producciones de alrededor de 11.9 ton ha^{-1} $año^{-1}$ de follaje seco (Vázquez, *et, al.,* 1999). La tabla 2 presenta la biomasa promedio de las distintas partes o componentes de las especies estudiadas encuadradas en cuatro

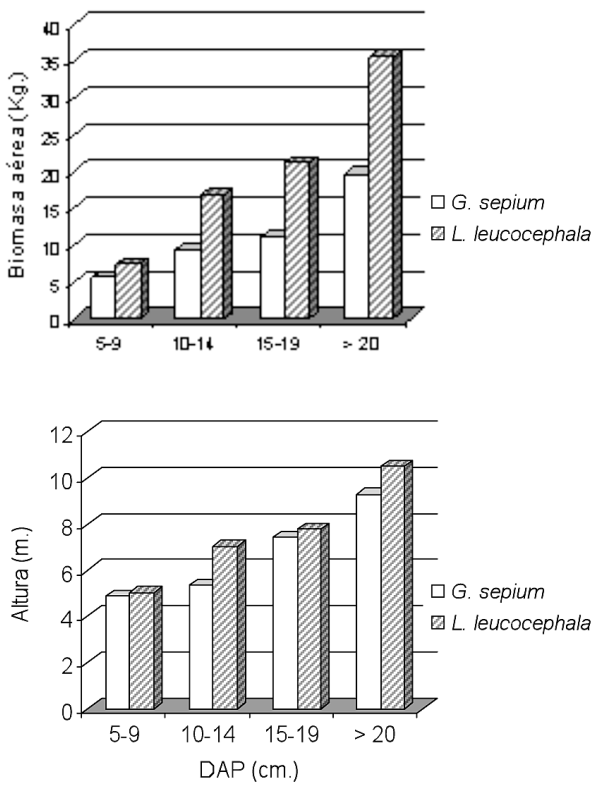


Figura 1. Clasificación de la altura y la biomasa de *G. sepium* y *L. leucocephala* en distintos rangos diámetricos (DAP).
Figure 1. Height and the biomass classification of G. sepium and L. leucocephala *in different diametrical standars (DHP).*

Tabla 2. Relación de los rangos del diámetro a la altura del pecho (DAP) y el peso seco por componente y por especie
Table 2. Relation of the diameter standing at the chest height (DHP) and the dry weight by component and species

G. sepium				*L. leucocephala*		
	Peso seco (Kg.)			Peso seco (Kg.)		
DAP (cm.)	Tronco	Rama	Follaje	Tronco	Rama	Follaje
5-9	3,2	1,5	0,5	4,4	2,1	0,9
10-14	5,3	2,7	0,7	9,7	5,4	1,7
15-19	7,0	3,0	1,0	12,9	6,0	2,4
> 20	10,9	6,8	2,0	19,1	12,5	4,0

distintos rangos diamétricos. Los rangos diamétricos fueron: de 5 a 9, de 10 a 14, de 15 a 19 y mayores de 20 cm de DAP. Se aprecian pesos ligeramente superiores de la *L. leucocephala* en el primer rango diamétrico (5 a 9 cm de DAP), mientras que la diferencia es más notoria en los demás rangos, siendo casi el doble del peso seco de los componentes de *L. leucocephala* en árboles con más de 20 cm. de DAP, esto se explica, como se ha mencionado antes, por la alta densidad que se refleja en un mayor peso de la biomasa aérea de la *L. leucocephala,* en comparación a la *G. sepium*. Esta mayor cantidad de biomasa aérea de la *L. leucocephala* se puede observar claramente en la figura 1, particularmente después de que los árboles alcanzan los 10 cm de DAP, lo cual demuestra una rapidez en el crecimiento en esta etapa que favorece su oferta de biomasa forrajera y su capacidad de almacenar carbono. Por otra parte, se clasificaron las alturas de las plantas de ambas especies por rangos diamétricos (figura 1). Se observa, que la altura de *L. leucocephala* es ligeramente superior en todos los rangos. Este comportamiento puede asociarse a una mayor tasa de crecimiento, como sostienen John y Lowe (2000), quienes mencionan una tasa de crecimiento de 3,3 m y 2,7 m de altura al año para *L. leucocephala* y *G. sepium* respectivamente. Asimismo, Parrotta (1992ab) menciona alturas promedio en árboles maduros de entre 8 y 20 m para *L. leucocephala* y entre 5 y 15 m para *G. sepium*.

Segovia *et. al.,* (2000), encontraron resultados semejantes a los del presente trabajo en cuanto a la altura con relación al DAP. Ellos reportan que árboles de *L. leucocephala* con DAP de 20 cm. alcanzan una altura promedio de 10,7 m, de la misma manera Aguilar *et al.,* (2001), indican que árboles de este mismo genero y con DAP de 12 cm alcanzan una altura aproximada de 6 m.

Contenido de carbono de las plantas analizadas

La cantidad de carbono almacenado por especie en función del DAP se presenta en la figura 2, aquí también se aprecia un incremento directamente proporcional en el contenido de carbono con relación al DAP. El contenido de carbono en *L. leucocephala* es mayor que en *G. sepium* para todos los rangos diamétricos, lo cual era de esperarse debido a la mayor cantidad de biomasa aérea, mayor porcentaje de materia seca y mayor densidad específica de la *L. leucoce-*

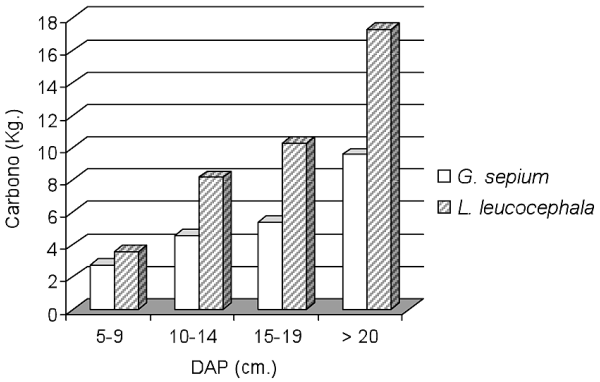


Figura 2. Comparación del carbono almacenado en *G. sepium* y *L. leucocephala* en cuatro rangos diámetricos (DAP).
Figure 2. Carbon's comparison stored in G. sepium *and* L. leucocephala *in four diametrical standars (DHP).*

phala, lo cual redunda en un almacenamiento más alto de carbono. Esto también puede estar asociado al hecho de que la *L. leucocephala* posee un metabolismo que la hace muy eficiente en la conversión de CO_2 en carbohidratos y compuestos carbonados (Sánchez, 1993).

En la tabla 3 se presentan los porcentajes de carbono total y por componente que contiene *L. leucocephala* y *G. sepium.* Estos datos son similares entre si, particularmente si se compara el promedio por especie y muy próximos a la constante del 50% que es recomendado por el IPCC (1996), para la estimación de carbono contenido en árboles. No obstante, en algunos estudios se han utilizado otros porcentajes para la estimación de carbono almacenado en áreas forestales. Así, Segura *et al.,* (1999) utilizaron valores de 43 a 45% de carbono en bosques de bajura en la zona atlántica de Costa Rica y Cubero y Rojas (1999) utilizaron valores del 32 al 40% para plantaciones de *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* en Costa Rica.

Ecuaciones de predicción para la estimación de biomasa aérea y carbono almacenado

En la tabla 4 se presentan los modelos ajustados a partir de las medidas de distintos parámetros dasométricos de las plantas con

Tabla 3. Contenido de carbono en los componentes de la *G. sepium* y *L. leucocephala*
Table 3. Carbon's content in the components of the G. sepium *and* L. leucocephala

	Contenido de carbono (%)			
	Follaje	Rama	Tronco	Promedio
L. leucocephala	49,45	47,33	48,91	48,56
G sepium	48,66	46,82	50,17	48,55

Tabla 4. Modelos utilizados para estimar biomasa aérea de la *G. sepium* y L. *leucocephala* en función al diámetro a la altura del pecho y la altura del árbol
Table 4. Model used to estimate aerial biomass of the G. sepium *and* L. leucocephala *in function to the diameter at the chest height and the height of the tree*

Modelos	CV %	CME	PRESS	R^2
Gliricidia sepium				
$BA = 3{,}27e^{0{,}075(DAP)}$	—	2,49*	—	0,84
$LN(BA) = -9{,}14 + 7{,}5LN(DAP)$	25,27	4,33	149	0,75
$LN(BA) = -0{,}36 + 0{,}67LN(DAP) + 0{,}47LN(ALT)$	8,6	0,02	0,99	0,86
$LN(BA) = 1{,}58 + 0{,}003(DAP^2)$	10,4	0,04	1,37	0,78
$LN(BA) = -0{,}002 + 0{,}44LN(DAP^2)$	9,04	0,03	1,06	0,84
$LN(BA) = 0{,}82 + 0{,}67DAP + 0{,}12LN(ALT^2)$	8,99	0,032	1,05	0,84
$LN(BA) = -0{,}44 + 0{,}61LN(DAP*ALT)$	8,5	0,03	0,94	0,86
Leucaena leucocephala				
$BA = 4{,}30e^{0{,}102(DAP)}$	—	14,1*	—	0,73
$LN(BA) = -1{,}46 + 1{,}69LN(DAP)$	13,65	0,10	3,53	0,83
$LN(BA) = -1{,}63 + 1{,}29LN(DAP) + 0{,}60LN(ALT)$	12,40	0,08	3,13	0,87
$LN(BA) = 1{,}67 + 0{,}005(DAP^2)$	21,05	0,25	8,37	0,61
$LN(BA) = -0{,}24 + 0{,}09DAP + 0{,}45LN(ALT^2)$	14,39	0,12	4,24	0,82
$LN(BA) = -1{,}58 + 0{,}97LN(DAP*ALT)$	12,83	0,09	3,16	0,85

LN = logaritmo natural. BA = Biomasa aérea. DAP = Diámetro a la altura del pecho. ALT = altura. CV = coeficiente de variación. CME = Cuadrado medio del error. PRESS = Precisión. R^2 = coeficiente de determinación. *Cuadrado medio de residuales.

el fin de estimar la biomasa aérea de *G. sepium* y *L. leucocephala* en bosques de trópico seco. Los modelos incluyen los parámetros o variables DAP y altura del árbol (ALT). La tabla también presenta para cada modelo el coeficiente de variación (CV), cuadrado medio del error (CME), la precisión (PRESS) y el coeficiente de determinación (R^2). Con base en los coeficientes de determinación (R^2), y los CV y CME, se seleccionaron dos modelos para cada una de las especies. Para *G. sepium* se seleccionó un modelo del tipo exponencial y otro logarítmico, mientras que para *L. leucocephala* los dos fueron del tipo logarítmico (en negritas en tabla 4). Se observó que al incorporar la variable altura total de la planta en el modelo, este mejoraba, ya que el R^2 era mayor. Sin embargo, por las dificultades de medir árboles en pie son más prácticos los modelos que incluyen solo la variable DAP.

La figura 3 presenta la grafica de residuales de los modelos que mejor se ajustaron a los datos de *G. sepium*, en donde para la mayoría de los puntos están cercanos al cero, lo que indica una buena precisión y un bajo error en la estimación. La mayoría de los puntos se encuentran dentro del rango promedio de los residuales (-2 a +2), lo cual demuestra que se cumple con el supuesto de normalidad en la distribución de los mismos.

Los residuales de los modelos elegidos para *L. leucocephala*, se encuentran un poco más

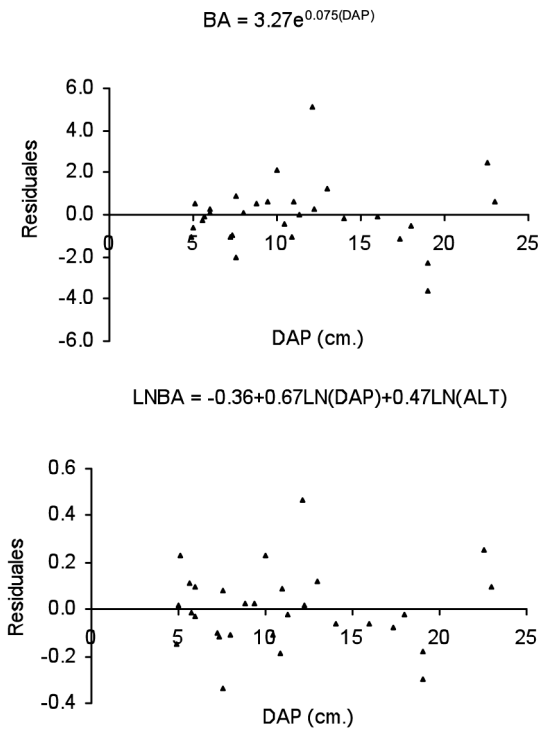


Figura 3. Distribución de los residuales (errores de estimación) para los modelos que mejor se ajustaron a los datos de *G. sepium*.

LN = logaritmo natural. BA = Biomasa aérea.
DAP = Diámetro a la altura del pecho. ALT = Altura total del árbol

Figure 3. Residue distributions (estimational errors) to the models were better adjusted to the data of G. sepium*.*

LN = natural logarithm. BA = Aerial Biomass DHP = Diameter at the chest height. ALT = Overall height of the tree

dispersos que en gráfica anterior, sin embargo también presentan una distribución normal (figura 4).

Por lo conveniente que resulta utilizar modelos simples y prácticos se utilizó al modelo $BA = 3{,}27e^{0{,}075(DAP)}$ para *G. sepium,* y al modelo LN(BA) = -1,46 + 1,69LN (DAP) para *L. leucocephala.* En la figura 5 se muestra la gráfica donde se compara los datos observados con los estimados por el modelo recomendado para *G. sepium.* En esta figura se aprecia una similitud en el comportamiento de los aglomerados, mostrando una tendencia de tipo exponencial.

Por otra parte para la *L. leucocephala,* la figura 6 también hace una comparación de los aglomerados observados y los datos estimados por el modelo recomendado para esta especie. En este caso también hay una tendencia similar en los dos aglomerados, apreciándose un comportamiento de tipo logarítmico. Los datos de la variable de respuesta (biomasa aérea) están transformados en su correspondiente logarítmico.

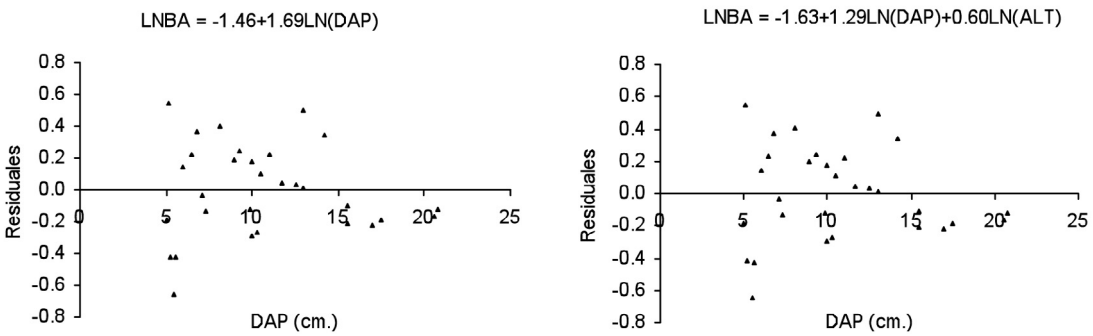


Figura 4. Distribución de los residuales (errores de estimación) para los modelos que mejor se ajustaron a los datos de *L. leucocephala*.

LN = logaritmo natural. BA = Biomasa aérea. DAP = Diámetro a la altura del pecho. ALT = Altura total del árbol

Figure 4. Residue distributions (estimational errors) to the models were better adjusted to the data of L. leucocephala.

LN = natural logarithm. BA = Aerial Biomass. DAP = Diameter at the chest height. ALT = Overall height of the tree

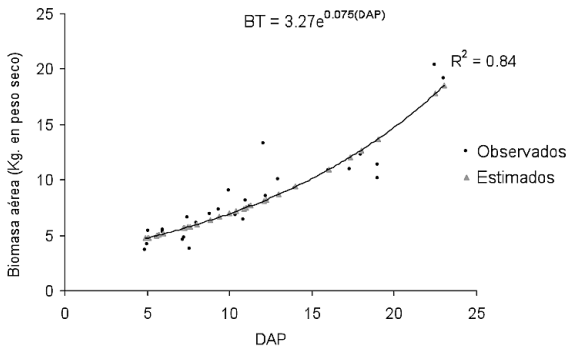


Figura 5. Datos observados y estimados de biomasa aérea de *G. sepium* por modelo exponencial en relación al diámetro a la altura del pecho (DAP).

Figure 5. Observed information and biomass aerial estimated of G. sepium *by exponential model in relation to the diameter at the chest height (DHP).*

La tabla 5 presenta las cantidades estimadas de biomasa aérea y carbono almacenado para distintos DAP. Se puede observar que un árbol de *L leucocephala* de 20 cm. de DAP puede almacenar 17,29 Kg de carbono en biomasa aérea mientras que un árbol de *G. sepium* del mismo DAP, solo alcanza 7,16 Kg de carbono. Lo que muestra el mayor potencial tanto de biomasa aérea y de almacenamiento de carbono que tiene la *L. leucocephala*.

Estos modelos fueron desarrollados a partir de datos tomados en la época de estiaje, debi-

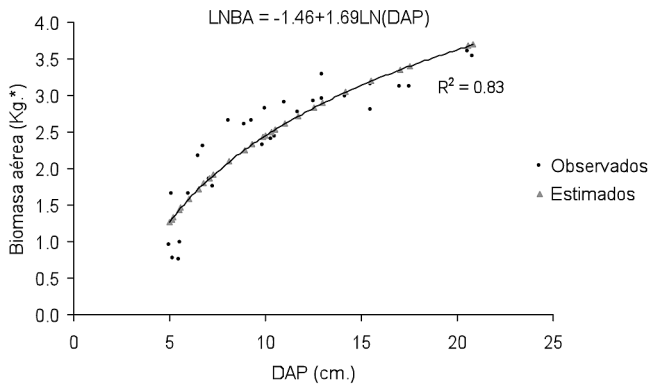


Figura 6. Datos observados y estimados de biomasa aérea de *L. leucocephala* por modelo logarítmico en relación al diámetro a la altura del pecho (DAP).

* Los datos corresponden al logaritmo natural del carbono almacenado en la biomasa aérea.

Figure 6. Observed information and biomass aerial estimated of L. leucocephala *by logarithmic model in relation to the diameter at the chest height (DHP)*

** This information corresponds to the natural logarithm of carbon stored in the aerial biomass.*

Tabla 5. Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado utilizando los modelos LN(BA) =-1,46+1,69LN(DAP) para *L. leucocephala* y BA = 3,27$e^{0,075(DAP)}$ para *G. sepium*

Table 5. Estimates of aerial biomass and storing carbon using models LN (BA) =-1,46+1,69LN (DHP) for L.leucocephala *and BA = 3,27e0,075 (DHP) for* G. sepium

	L. leucocephala		*G. sepium*	
DAP (cm.)	Biomasa aérea (Kg. de MS)	Carbono (Kg.)	Biomasa aérea (Kg. De MS)	Carbono (Kg.)
5	3,47	1,68	4,76	2,31
10	11,12	5,39	6,94	3,37
15	21,97	10,66	10,12	4,91
20	35,62	17,29	14,76	7,16

do a esto, las comparaciones con datos obtenidos en temporada de lluvia pueden variar, debido a diferencias en la cantidad de biomasa del follaje, esperándose mayor cantidad de follaje en época de lluvias. Al mismo tiempo, es importante considerar que las mejores estimaciones de carbono se obtendrán en áreas con árboles que se encuentren entre el rango de 5 a 20 cm de DAP. Las ecuaciones obtenidas permiten estimar la biomasa y fijación de carbono por las especies estudiadas en sistemas silvopastoriles en el trópico, y de esta manera fomentar innovaciones tecnológicas encaminadas a la mitigación del cambio climático.

Conclusiones

Es posible cuantificar con una precisión aceptable la producción de biomasa aérea y el almacenamiento de carbono de *Gliricidia sepium* y de *Leucaena leucocephala* por medio del uso de modelos alométricos de tipo exponencial o con transformación logarítmica. Se utilizarán como variables independientes el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura del árbol. Dichos modelos proporcionan una herramienta para el seguimiento en cuanto a la fijación de carbono en áreas silvopastoriles con fines de ofertar servicios ambientales

Los mejores modelos fueron: $BA = 3{,}27e^{0{,}075(DAP)}$ y $LN(BA) = -1{,}46 + 1{,}69LN\ (DAP)$ para *G. sepium* y *L. leucocephala* respectivamente.

De las dos especies estudiadas *L. leucocephala* es la que acumula mayor producción de biomasa aérea y por consecuencia la que tiene mayor potencial para almacenar carbono atmosférico en árboles dentro del rango del DAP estudiado (de 5 a 20 de DAP). Por lo mismo puede ser considerada una especie con potencial para ser incluida en prácticas silvopastoriles en la región Centro de Chiapas.

Los modelos generados en la presente investigación son herramientas útiles para el seguimiento y pago por servicios ambientales vía captura de carbono atmosférico en áreas ganaderas con sistemas silvopastoriles, con *L. leucocephala* y *G. sepium* en el trópico mexicano.

Bibliografía

Aguilar RS, Abundiz BL, Barajas J, 2001. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales de México. En: Anales del Instituto de Biología. UNAM. *Serie Botánica. 72*(2)171-185.

Andrade HJ, Ibrahim M, 2003 ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería de las Américas*. 10(39) 109-116.

AOAC, 1980. Official methods analysis. 15th ed. Washington, D.C. USA. 1018 p.

Arias SK, Ruiz SC, Milla, HM, Messa AF, Escobar A, 2001. Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela. Instituto Universitario de Tecnología. Yaracuy, San Felipe, Venezuela. *Livestock Research for Rural Development.* (13) 5. http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/5/ruiz135.htm

Campbell KLI, Hodgson NH, Gill M, 1999. Livestock and Environment Toolbox. En: Livestock, Environment and Development (LEAD) Initiative. Food and Agriculture Organisation of the United Nations FAO. Rome.

Cubero JA, Rojas S, 1999. Fijación de carbono en plantaciones de Melina *(Gmelina arbórea Roxb.), Teca (Tectonia grandis L. F.) y Pochote (Bambacopsis quinata Jacq.)* en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de grado. Universidad nacional. Heredia, Costa Rica. 93 p.

De Jong Ben HJ, Jímenez FG, Soto-Pinto L, 2007. Agroforesteria y secuestro de carbono. En: Jiménez FG, Nahed TJ, Soto- Pinto L. (Eds.) *Agroforestería pecuaria en Chiapas, México.* El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México, pp. 27-31.

FACT, 1998. Red de información sobre árboles para bosques, fincas y comunidades. *Winrock International. Morrilton, AR*, USA. http://www.winrock.org/forestry/factpub/Spleucaena.htm

Flores RO, 1992. Caracterización y evaluación de forrajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el departamento de Chiquimula, Guatemala. En: Benavides EJ (Ed) *Árboles y arbustos forrajeros de América Central*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.124 p.

García E, 1988. Modificación del sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 133-134.

Gómez ME, Molina EH, Molina J, Murgueitio E, 1990. Producción de biomasa de seis ecotipos de

matarraton (*Gliricidia sepium*) CIPAV. En: *Livestock Research for Rural Development*. Calli Colombia. 2(3) http//www.fao.org/ag/aga/agap/ frg/afris/español/document/lrrd/lrrd2/3/gomez.htm

Grubb M, Vrolijk C, Brack D, 1999. The Kyoto Protocol: A Guide to Assessment. *The Royal Institute of International Affairs and Earthscan Publications*.

Hernández I, Benavides J, Simón L, 1996. CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En: Rev. Año de publicación. 1996. Cuba, p. 4.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2001. Villaflores, estado de Chiapas. *Cuaderno Estadístico Municipal*. Edición 2001, 3 p.

IPCC, 1996. Intergovernmental panel on climate change. 1996. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. En: *Manual and workbook of the IPCC*. National Greenhause Gas Inventories. México. D.F.

John KF, Lowe CA, 2000. Bioecología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. *Gen. Tech. Rep. IITF-15*. Rio Piedras, Puerto Rico. 239 p.

Locker W, 1994. Where`s the beef ? Incorporating Cattle into sustainable agroforestry system in the Amazon Basin. Agroforestry Systems 25: 227-241.

López MD, Soto-Pinto L, Jiménez FG, Hernández DS, 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. Interciencia 28 (6) 334-339.

MacDicken K, 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry proyects. Winrock International. Arlington, USA. 87 p.

Montero G, Ruiz-Peinado R, Muñoz M, 2005. Producción de biomasa y fijación de carbono por parte de los bosques españoles. Monografías INIA, Serie Forestal. Nº 13. Madrid, España.

NAS, 1997. Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics. *National Academy of Sciences*. Washington, DC. 115 p.

Olmos MC, 2004. Variación del peso vivo de reproductoras ovinas suplementadas con *Leucaena leucocepala* antes y durante cubriciones. Revista Virtual *Vision Veterinaria*. 3(9) http//www.visionveterinaria.com

Parota JA, 1992a. Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. Gliricidia, Madre Cacao. New Orleans, LA. US. Department of Agriculture Forest Service, Southern Forest Experiment Station. En: Francis J, Carol AL (Eds). *Bioecologia de árboles natives y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*.

Parota JA, 1992b. *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Leucaena tantan. New Orleans, LA. US. Department of Agriculture Forest Service, Southern Forest Experiment Station. En: Francis J, Carol AL (Eds). *Bioecologia de árboles natives y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*.

Pinto RR, Gómez CH, Hernández LA, Medina JF, Martínez CB, Aguilar VH, Nahed TJ, Carmona J, 2003. Preferencia Ovina De Árboles Forrajeros Del Centro De Chiapas, México. Revista Pastos y forrajes. 26(2):181-190.

Rodríguez Z, Benavides J, Chavez C, Sanchez G, 1987. Producción de leche de cabras alimentadas con follaje de madero magro (*Gliricidia sepium*) y Poró (*Eritrina poeppiginiana*) y suplementados con fruto de patano Pelipita (*Musa sp* cv *Pelipita*) En: Benavides J, (Ed.). *Árboles y arbustos forrajeros en América Central*. CATIE, Turrrialba, Costa Rica. 1994. 298 p.

Sanchez GA, 1993 Potencialidad agronómica de *Leucaena leucocephala* en la zona de Aroa y Bajo Tocuyo. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Venezuela. FONAIAP DIVULGA Nº 42. http://www.ceniap.gob.ve/publica/divulga/fd42/texto/potencialidad.htm

SAS Institute Inc, 1990. SAS Procedures Guide Version C. Third Edition, CARY, N C, 205 p.

Segovia RS, Sedano R, Reina G, López G, Schoonhoven, 2000. Árboles, arbustos y aves en el agroecosistema del CIAT: Inventario de árboles, arbustos y la avifauna del CIAT. Valle del Cauca, Colombia. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 56 p.

Segura M, 1997. Construcción de modelos alométricos en la estimación de biomasa aérea. Proyecto Cambio de uso de la tierra y flujos de carbono para Centroamérica. U. Helsinki, Finlandia/ CATIE, Costa Rica. Curso internacional sobre ganadería y medio ambiente.

Steel RGD, Torrie JH, 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical aproach. 2 nd Ed. McGraw-Hill Book Co., New York, U.S.A.

Streck Ch, Sullivan R, Janson T, Tarasofsky R, 2008 Climate change and forest. Emerging Policy and Market Oportunities. 346 p.

Torres A, Chacón L, Arriojas y Armas S, 2000. Efecto de la poda y los patrones de siembra sobre la producción y arquitectura de la biomasa en bancos de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. *Universidad Central de Venezuela*. Trujillo, Venezuela. 18(2):145-161.

Vales MA, Clemente ME, García E. 1999. Especies maderables CITIES, versión 1.2000. *Universidad de Cordova*, España. http://www.uco.es/organiza/servicios/jardin/cd1/maderas%20CITES/peso.htm

Vázquez YC, Batis AI, Muñoz I, Alcocer SM, Gual D, Sanchez D, 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y reforestación. *Instituto de Ecología UNAM*/ CONABIO. México.

World Resources Institute, 1998. Climate, Biodiversity, and Forests: Issues and Opportunities Emerging from the Kyoto Protocol. 40 páginas. http://www.wri.org/ffi/climate/

Zarate RS, 1987. *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit Subs. Glabarata. Mimoceae. Phytologia. 63 (4): 304-306.

(Aceptado para publicación el 1 de septiembre de 2010)

Determinación de niveles críticos de fósforo, potasio y materia orgánica en sustratos de organopónicos

R. Caballero, M. Vento, P. Chaveli, L. Font y D. Rodríguez

Instituto de Suelos. Dirección Camagüey. Cacocúm #11, Reparto Puerto Príncipe, Camagüey.
E-mail: rcaballero@suelos.eimanet.co.cu

Resumen

Los sustratos de organopónicos son sometidos a una explotación intensiva, por lo que es importante lograr un buen manejo en su fertilización orgánica; con el objetivo de lograr mayor precisión a la hora de llevar a cabo esta fertilización y obtener a su vez incrementos sostenidos de los rendimientos, sin que se deterioren los sustratos; se llevó a cabo un estudio en tres organopónicos, donde se determinaron los niveles críticos externos de los contenidos de fósforo, potasio y materia orgánica; se evaluaron además los efectos combinados de dosis de compost de estiércol vacuno (0, 5, 10 y 15 kg.m^{-2}), aplicados en tres momentos (al inicio, alternamente y en cada cultivo) en una secuencia de hortaliza, durante tres años; mediante un diseño de bloque al azar con arreglo factorial y tres repeticiones. Se realizaron muestreos en el sustrato al inicio y al término de cada ciclo de cultivo, determinándose el pH (H_2O), fósforo, potasio y el % de materia orgánica. Del análisis de los resultados se obtuvieron los límites críticos: fósforo (10.00 mg.100g^{-1}), potasio (11.00 mg.100^{-1}) y materia orgánica (17.00 %); cuando estos valores estén por debajo, se debe aplicar 5 kg.m^{-2} de compost de estiércol vacuno cada dos cultivos, para lograr rendimientos por encima de 40.0 kg.m^{-2} de hortalizas. Ciclo^{-1}, si los valores fueran superiores, no se aplica.

Palabras clave: hortalizas, fertilización, estiércol.

Summary
Determination of fosforous, potassium and organic matter critical levels in organoponics substrate

Substrate of organoponics are subjected to an intensive exploitation, for what is important to achieve a good handling in their organic fertilization; with the objective of achieving more precision when to carry out this fertilization and to obtain sustained increments of the yields, without the substrate it was carried out a study was deteriorate in three organoponics, where the external critical levels of P_2O_5, K_2O and organic matter were determined; In the other hand they were also evaluated the combined effects of dose of compost of manure vacuno (0, 5, 10 and 15 kg.m^{-2}), applied in three moments (to the beginning, alternamente and in each cultivation) in a vegetable sequence, during three years; the experiments was realized of a block design at random with factorial arrangement and three repetitions. Taking samplings in the substrate, to the beginning and at the end, of each cultivation cycle, the pH (H_2O), P_2O_5, K_2O and the percent of organic matter were determined, and the critical limits were obtained: P_2O_5 (10.00 mg.100g^{-1}), K_2O (11.00 mg.100^{-1}) and M.O (17.00%); when these values are for under, it should be applied 5 kg.m^{-2} of bovine manure composted each two cultivations, to achieve yields above 40.0 kg.m^{-2} of vegetables. ciclo^{-1}, if the values were superior, it is not necessary applied.

Key words: vegetables, fertilization, manure.

Introducción

Las primeras manifestaciones de agricultura en la historia de la civilización debe haberse producido según Childe (1968), cuando el hombre, de recolector y cazador que era, comienza a sembrar, cultivar y mejorar algunas plantas y domesticar ciertas especies animales en dependencia de los forrajes que podía ofrecer. Esta etapa, denominada revolución agrícola, comenzó en opinión de Ribeiro (1992), hace 10 000 años entre los pueblos de Mesopotamia y Egipto, posteriormente se repitió en India, China, Europa, África Tropical y en las civilizaciones americanas, por orden cronológico.

De acuerdo con estos autores el aumento de la producción agrícola, a causa del desarrollo tecnológico que se alcanza, hace que se produzca la llamada revolución urbana, surgiendo así una serie de ciudades muy populosas con construcciones monumentales y simultáneamente la división del trabajo por clases sociales, lo que hace que finalmente aparezcan las comunidades rurales y el campesinado que en adelante garantizaría la producción de alimentos para esas enormes ciudades por lo que la producción agrícola urbana prácticamente deja de existir. No obstante, para Mougeot (1993) la agricultura no desaparece completamente del entorno urbano y con posterioridad alcanza un gran desarrollo en las ciudades asiáticas, pero no es hasta la década de los años 70 que cobra importancia en el ámbito mundial y se incrementa vertiginosamente en términos de número de personas involucradas, espacio utilizado y beneficios económicos recibidos, tal y como coinciden en afirmar Cruz (1995), FAO (1996) y Companioni *et al*. (1997).

Son varios los factores que han contribuido a despertar un interés creciente por la agricultura urbana en los últimos años; entre ellos figuran el aumento de la urbanización en los países en desarrollo, el deterioro de las condiciones de la población urbana pobre, la explosión de la migración desde zonas rurales empobrecidas en busca del mejoramiento de la vida, guerras y catástrofes naturales que limitan el suministro de alimentos procedentes de las áreas rurales (Guzmán, 1995).

Esto ha influido en que Agricultura Urbana se presente no ya como una posible solución actual a la crisis alimentaría, sino como una necesidad futura, ya que según la FAO (1996) y González (1998), en los próximos decenios se prevé un intenso crecimiento en las ciudades en el ámbito mundial, además de que representa una fuente de beneficios económicos, recreativos y para sus residentes, así como otros menos visibles, ya que al reducirse la distancia del productor al consumidor, hay menos necesidad de comercialización, transporte y envase, lo que constituye una ventaja desde el punto de vista de los costos.

En Cuba la agricultura urbana ha alcanzado un auge extraordinario a través de la producción de vegetales en la modalidad de organopónicos, la cual debe producir hortalizas todo el año; por lo que los sustratos son sometido a una explotación y manejo intensivo, donde la extracción de las distintas hortalizas, más el riego constante provocan deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, y por tanto disminución de la fertilidad y los rendimientos.

Es por ello que un gran número de investigadores como Carrión *et al.* (1995), Arias (1996), Abad (1997) Companioni *et al.* (1998), Heredia (1998), Pérez (1999) y Caballero *et al.* (2003), plantean que para lograr altos rendimientos en este sistema se hace necesario entre otras cosas el uso continuo de abonos orgánicos que garanticen incrementos altos y sostenidos de los rendimientos y que a su vez mantenga la fertilidad de los sustratos.

Por todo lo anteriormente planteado este trabajo tuvo como objetivo la determinación de los niveles críticos externos de fósforo, potasio y la materia orgánica, en sustratos de organopónicos, con vista a tener una opción más que nos permita recomendar la fertilización orgánica en este sistema de producción, de forma más precisa.

Materiales y métodos

Las investigaciones se condujeron en tres Organopónicos (Saratoga, Nitrógeno y Amalia Simoni), donde los sustratos se conformaron con mezclas al 50 % de capa vegetal y compost de estiércol vacuno. Los contenidos iniciales de los sustratos se presentan a continuación en la Tabla 1.

Los abonos orgánicos (compost de estiércol vacuno) utilizados en los estudios fueron analizados antes de ser aplicados y sus principales características químicas se exponen a continuación en la Tabla 2.

Donde se observa que los valores están dentro de los rangos permisibles para que el abono pueda ser utilizado.

Los factores estudiados fueron los siguientes: dosis de estiércol vacuno (0; 5; 10 y 15 $kg.m^{-2}$) aplicados en tres momentos de aplicación (al inicio solamente, cada dos cultivo durante la rotación de hortalizas y en cada cultivo) mediante un diseño de bloque al azar con arreglo factorial y tres repeticiones.

Las parcelas experimentales tenían 1 m^2, dejándose 0.50 m de áreas de borde entre cada parcela.

Tabla 1. Características químicas iniciales de los sustratos
Table 1. Initials chemical characteristic of the substrate

pH (H_2O)			mg.100 g^{-1} de sustrato						M.O (%)		
			P_2O_5			K_2O					
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7.4	7.3	7.4	5.20	8.80	10.76	2.30	13.43	7.60	11.23	15.07	12.56

(1). Organopónico Saratoga.

(2). Organopónico Nitrógeno.

(3). Organopónico Amalia Simoni.

Tabla 2. Características químicas del compost de estiércol vacuno
Table 2. Chemical characteristic of the bovine manure compost

	(%)			
Compost de Estiércol Vacuno	N	P	K	M.O
Organopónicos	1.86	0.72	1.02	49.20

N, P, K, y M.O- Metodología Circular 3/87 Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes.

El abono orgánico se aplicó en la superficie de cada parcela de acuerdo a la dosis y el momento de aplicación, se incorporó en los primeros 20 cm de profundidad, se mezclo con el sustrato y luego se procedió a la siembra.

Para la rotación de hortalizas, los productores tuvieron en cuenta la demanda de los consumidores, por ello se roto con las siguientes: Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Cebollino (*Allium fitulosum*), Remolacha (*Beta vulgaris* L.), Rabanito (*Rapahanus sativus* L.), Acelga (*Barisaca rapa*).

La eliminación de plantas indeseables, el riego y las atenciones fitosanitarias se hicieron de acuerdo a lo establecido por MINAG (1998).

Al finalizar cada investigación se hicieron muestreos finales en cada parcela, determinándose, pH (H_2O), P_2O_5, K_2O y M.O por la metodología de análisis de muestras de sustratos orgánicos (1992).

Para determinar el rendimiento en cada cosecha durante el ciclo de hortalizas se tomo el peso de las hortalizas por parcelas en $kg.m^{-2}$, evaluándose finalmente el acumulado total de cada ciclo, mediante análisis de varianza de clasificación doble y donde hubo significación se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan para un nivel de significación del 5 %. Para la determinación de los niveles críticos, se utilizó el rendimiento relativo de cada parcela contra el valor que le correspondía de P_2O_5, K_2O y M.O, esto se hizo utilizando los datos de los tres organopónicos (106 datos), según la metodología de Waugh, Cate y Nelson (1974).

Por último para el análisis económico se consideró el precio de venta de los productos (2,20 $\$.kg^{-1}$). En el caso del costo del estiércol vacuno ($\$.kg^{-1}$) de acuerdo a los precios vigentes en moneda nacional; para la transportación se estimó en base a $ 80.00 el viaje de 4 t por 10 km de radio y la aplicación 2.00 $.canteros de 50 m (Tabla 3).

Tabla 3. Costo total de materiales empleados
Table 3. Total cost of materials used

Abono Orgánico	Material ($\$.kg^{-1}$)	Transporte ($\$.kg^{-1}$)	Aplicación ($\$.kg^{-1}$)	Total ($\$.kg^{-1}.m^{-2}$)
Compost de Estiércol Vacuno	0.020	0.040	0.020	0.080

El beneficio económico se calculó teniendo en cuenta, en ambas modalidades, la comparación de la dosis óptima y el tratamiento testigo de la investigación, al cual no se le aplicó en ningún momento abono orgánico (Testigo Absoluto), además la aplicación orgánica que tiene establecido el productor para la producción de hortalizas (Testigo Relativo).

Resultados y discusión

El efecto ejercido por el compost de estiércol vacuno sobre el rendimiento y su momento de aplicación en el acumulado de cosechas en los tres organopónicos, se presenta en las Tablas 4 y 5 respectivamente. (Ver anexos).

Al no haber interacción de los dos factores en estudio, se observa como los mejores resultados se alcanzan, en todos los tratamientos donde se aplicó el abono contra la no aplicación (testigo), siendo el mejor momento de aplicarlo cada dos cultivos durante la rotación, económicamente la dosis de 5 $kg.m^{-2}$ alcanza rendimientos altos, en los tres organopónicos, a pesar que Saratoga duplica los valores porque tiene 13 cosechas, y el efecto residual del estiércol cubre dos cosechas según el momento de aplicarlo.

Este resultado obedece a la incidencia positiva que este abono causa en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos, pues como bien informan Pérez *et al*. (1998 y 2003) y Caballero *et al*. (2003), los abonos orgánicos mejoran las propiedades de los sustratos y los suelos, facilitando la nutrición de los cultivos.

Este efecto favorable que causa los abonos sobre el rendimiento de las hortalizas en organopónicos y huertos, ha sido reportado por Arias *et al*. (1996), Carrión *et al*. (1996), Companioni *et al*. (1996), Gandarilla *et al*. (1998) y Caballero *et al*. (1999 y 2005).

Esta respuesta guarda estrecha relación con el resultado que se obtiene cuando se analiza el contenido final de las principales características químicas de los sustratos al termino de las investigaciones en los tres Organopónicos donde se desarrollaron los estudios; por la incidencia positiva que el estiércol causa sobre las mismas figura 1; 2 y 3 (ver anexos), donde se aprecia que el testigo mostró los más bajos contenidos de fósforo, potasio y % de materia orgánica, aumentando significativamente a partir de la dosis de 5 $kg.m^{-2}$ de estiércol sin diferencia con las otras dos que portaban el abono; esta respuesta confirma lo obtenido en los rendimientos, estando en correspondencia con las dosis y momento de aplicación empleadas, pues el efecto residual del abono durante el ciclo de hortalizas suple la necesidad de los cultivos y no permite el deterioro del sustrato manteniendo altos rendimientos en estas explotaciones intensivas.

Resultados similares han sido reportados por Caballero *et al*. (2004 y 2008) y por Chaveli *et al*. (2006), utilizando otros residuales orgánicos también en Organopónicos y Huertos Intensivos.

La determinación de los límites críticos de fósforo, potasio y materia orgánica para los sustratos de Organopónicos, donde intervino toda la población de datos de los tres Organopónicos, se exponen en la Tabla 6. Observándose que para el fósforo se encontró un nivel crítico externo de 10.00 $mg.100g^{-1}$ de sustrato con un R^2 significativo de 0.81; en potasio el nivel crítico encontrado fue de 11.00 $mg.100g^{-1}$ de sustrato con un R^2 significativo 0.73, con respecto a la materia orgánica 17.00 % fue el límite crítico determinado con un R^2 significativo de 0.77; hasta el momento no se tiene ninguna información o al menos no se ha encontrado en el país, alguna referencia que trate sobre la determinación de niveles críticos en los sustratos de organopónicos.

Teniendo en cuenta la respuesta obtenida en los rendimientos y el valor de los niveles críticos determinados se recomienda lo siguiente:

En organopónicos donde la mezcla del sustrato este compuesta por capa vegetal y compost de estiércol vacuno, y sus contenidos de fósforo, potasio y materia orgánica, se encuentren por debajo de 10.00 $mg.100g^{-1}$ de sustrato, 11.00$mg.100g^{-1}$ de sustrato y 17.00 % respectivamente; se debe aplicar la dosis de 5 $kg.m^{-2}$ de compost de estiércol vacuno, cada dos cultivos durante la rotación de las hortalizas; por lo que se hace necesario muestrear periódicamente los sustratos para poder predecir la fertilización y mantener rendimientos altos y estables.

El análisis económico derivado de los resultados, se muestra en la Tabla 7, donde se comparan la dosis del tratamiento que se recomienda y las dosis de los testigos absoluto y relativo, siendo los beneficios económicos en cada organopónico como sigue: Saratoga, el testigo absoluto fue de 39.82 y el relativo de 28.82 $.m^{-2}.ciclo^{-1}$, Nitrógeno fue de 46.81 y 35.81 $.m^{-2}.ciclo^{-1}$ para el testigo absoluto y relativo respectivamente; así también en Amalia Simoni fue de 38.05 y 27.05 $.m^{-2}.ciclo^{-1}$, como se aprecia el beneficio económico es alto, pero se justifica porque los costos del compost de estiércol vacuno y su aplicación son baratos, sin embargo los rendimientos se elevan considerablemente.

Conclusiones

- Los niveles críticos determinados en sustratos de organopónicos fueron: 10.00 $mg.100g^{-1}$ de fósforo, 11.00 $mg.100g^{-1}$ de potasio y 17.00 % de materia orgánica.
- La aplicación de 5 $kg.m^{-2}$ de compost de estiércol vacuno, aplicado cada dos cultivos durante un ciclo rotativo de hortalizas en sustratos de organopónicos, incrementa los rendimientos por encima de 50 $kg.m^{-2}.ciclo^{-1}$, duplicándose prácticamente la producción hortícola.
- El incremento de los rendimientos producto de la dosis y el momento de aplicación empleadas, alcanzó beneficios económicos por encima de 30.00 $.m^{-2}.ciclo^{-1}$.

Anexos

Tabla 4. Efecto de la aplicación de compost de estiércol vacuno sobre el rendimiento acumulado en tres organopónicos
Table 4. Effect of the bovine manure compost application on the accumulated yield in three organoponics

Dosis ($kg.m^{-2}$)	Rendimiento acumulado ($kg.m^{-2}$)		
Compost de estiércol vacuno	Saratoga (13 cosechas)	Nitrógeno (9 cosechas)	Amalia Simoni (8 cosechas)
0	65.90[b]	25.08[b]	33.29[b]
5	87.82[a]	49.45[a]	52.86[a]
10	89.79[a]	50.43[a]	53.36[a]
15	89.41[a]	50.07[a]	52.90[a]
Sig.	1.6456*	1.0857*	0.8196*

a, b… Medias con letras iguales no difieren a $p \leq 0.05$, según Duncan.

Tabla 5. Comportamiento del momento de aplicación del compost de estiércol vacuno en el rendimiento de la secuencia de hortaliza
Table 5. Application moment behavior of the bovine manure compost in the sequence vegetable yield

Momento de aplicación del Compost de estiércol vacuno	Rendimiento acumulado (kg.m^{-2})		
	Saratoga (13 cosechas)	Nitrógeno (9 cosechas)	Amalia Simoni (8 cosechas)
Inicio	80.38^{b}	40.75c	46.89^{b}
Cada dos cultivos	86.10^{a}	46.79^{a}	48.37^{a}
En cada cultivo	83.21^{a}	43.73^{b}	49.01^{a}
Sig.	1.4252*	0.9402*	0.7089*

a, b, c… Medias con letras iguales no difieren a p ≤ 0.05, según Duncan.

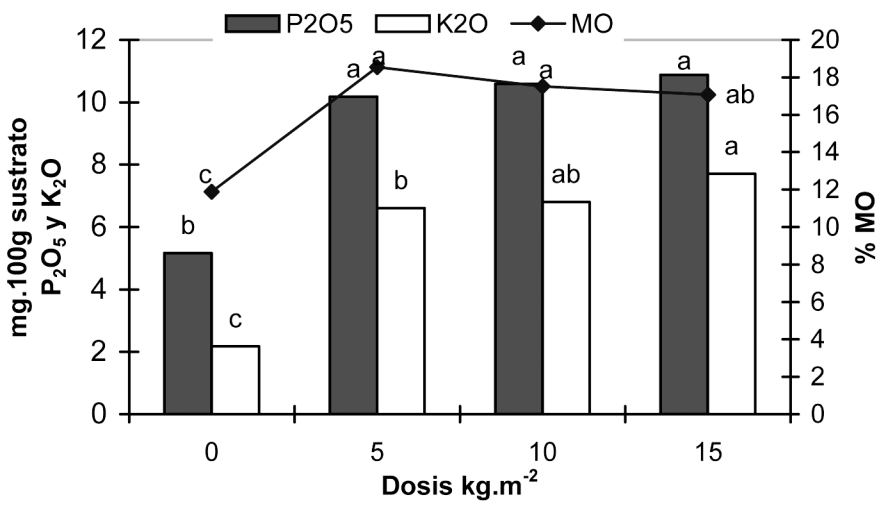


Figura 1. Influencia del compost de estiércol sobre las principales propiedades químicas del sustrato en el organopónico Saratoga.
Figure 1. Manure compost influences on the main chemical properties of the substrate in the Saratoga organoponic.

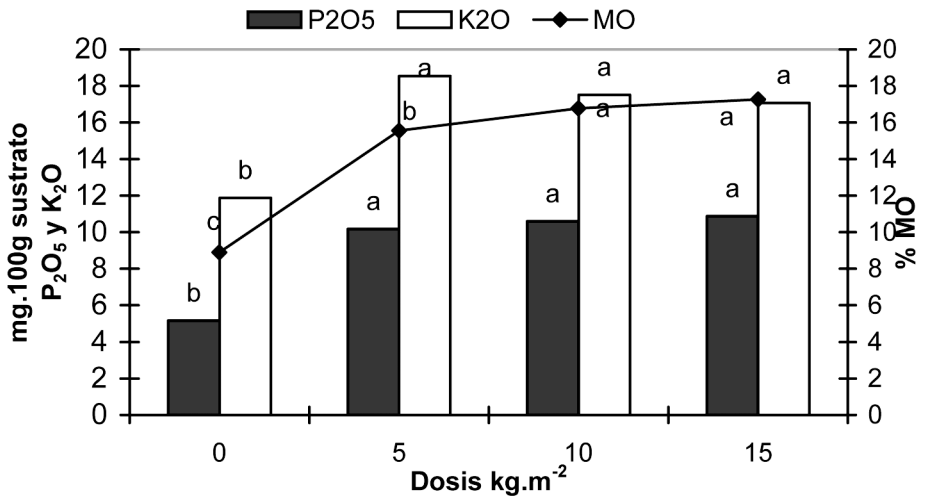


Figura 2. Influencia del compost de estiércol sobre las principales propiedades químicas del sustrato en el organopónico Nitrógeno.
Figure 2. Manure compost influences on the main chemical properties of the substrate in the Nitrogeno organoponic.

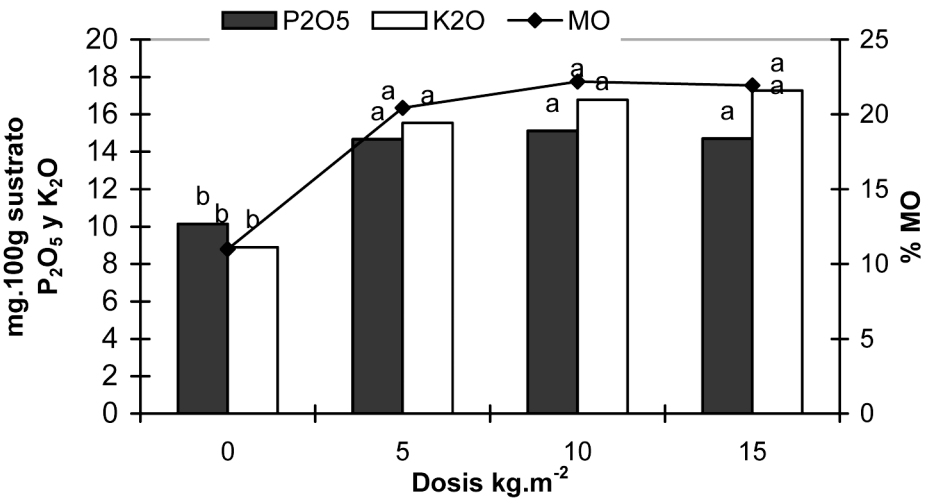


Figura 3. Influencia del compost de estiércol sobre las principales propiedades químicas del sustrato en el organopónico Amalia Simoni.
Figure 3. Manure compost influences on the main chemical properties of the substrate in the Amalia Simoni organoponic.

Tabla 6. Niveles críticos de P_2O_5, K_2O y materia orgánica en sustratos de organopónicos
Table 6. Critical levels of P_2O_5, K_2O and organic matter in organoponics substrate

Indicador	P_2O_5		K_2O		M.O	
	mg.100g^{-1} de sustrato		mg/100g^{-1} de sustrato		Método Incineración	
	N.C	R^2	N.C	R^2	N.C	R^2
Niveles Críticos y R^2	10.00	0.87*	11.00	0.73*	17.00	0.77*

Metodología de Waugh, Cate y Nelson (1974).

Tabla 7. Beneficio económico obtenido por la aplicación de la dosis óptima en organopónicos
Table 7. Economic benefit obtained by the application of the good dose in organoponics

Organop.	Tratamiento	Rdto (kg.m^{-2})	Valor de la prod. (kg.m^{-2})	Costo Total* ($.m^{-2})	Valor de prod. final ($.m^{-2})	Beneficio ($.m^{-2}.ciclo^{-1})
Saratoga	Testigo Absoluto	65.90	144.98	–	144.98	–
	Testigo Relativo	70.90	155.98	–	155.98	–
	Dosis óptima	87.82	193.20	8.40	184.80	**39.82 A**
						28.82 R
Nitrógeno	Testigo Absoluto	25.08	55.18	–	55.18	–
	Testigo Relativo	30.08	66.18	–	66.18	–
	Dosis óptima	49.45	108.79	6.80	101.99	**46.81 A**
						35.81 R
A. Simoni	Testigo Absoluto	33.29	73.24	–	73.24	–
	Testigo Relativo	38.29	84.24	–	84.24	–
	Dosis óptima	52.86	116.29	5.00	111.29	**38.05 A**
						27.05 R

Costo Total por m^2. Referido en Tabla No. 4.

A: Comparación de dosis óptima con Testigo Absoluto. R: Comparación de dosis óptima con Testigo Relativo.

Bibliografía

Abad M, 1997. Sustratos hortalizas. En: Curso de Agricultura Urbana. INIFAT- AECI. La Habana, Cuba: 13-18.

Arias E, López, N, Guerrero, A, 1996. Sustratos para sistemas de organopónicos, alternativas para el mantenimiento de sus propiedades, IV Jornada Científica del Instituto de Suelos y II Taller Nacional sobre desertificación. Resumen. p 36.

Caballero R, 1999. Efecto de los abonos orgánicos en la explotación de huertos intensivos. Tesis presentada en opción al grado de Master en Fertilidad del Suelo. 12 p.

Caballero R, Pérez D, Vento M, Font L, Chaveli P, Rodríguez D, Valenciano M, 2003. Generalización de la tecnología de fertilización orgánica en los huertos intensivos del Municipio Camagüey. Informe final del proyecto Territorial. 0908007. Instituto de Suelos, Dirección provincial, Camagüey. 25 p.

Caballero RJ, Gandarilla D, Pérez D, Rodríguez P, Chaveli M, Vento, González M, 2004. Mejoramiento de la disponibilidad de abonos orgánicos en la Granja Urbana del municipio de Camagüey. XIV Congreso Científico del INCA. Programa y Resúmenes.18 p.

Caballero RJ, Gandarilla D, Pérez D, Rodríguez P, Chaveli M, Vento, González, M, 2005. El residual de biogás: Una opción en la fertilización hortícola de Huertos y Organopónicos. VII Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana Cuba. p 6-8.

Caballero RJ, Gandarilla D, Pérez D, Rodríguez P, Chaveli M, Vento, González, M, 2008. El residual de biogás: Una opción en la fertilización hortícola de Huertos y Organopónicos. VII Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana Cuba. p 5-9.

Carrión M, Companioni N, Peña E, González R, Cruz A, Quiñónez, O, 1996. Sustratos para organopónicos. Resultados preliminares. VII jornada Científica. Talleres. INIFAT. MINAG. 55 p.

Carrión M, Companioni N, Peña E, González R, 1995. Evaluación de la calidad de los sustratos. En: Memorias del 1er Encuentro Internacional sobre Agricultura Urbana y su impacto en la alimentación de la comunidad. INIFAT. La Habana Cuba. p. 24-29.

Chaveli P, Caballero R, Corrales I, López P, Rodríguez D, 2006. Informe final de proyecto. Empleo del residual de biogás en la fertilización de algunos cultivos. Dirección provincial de Suelos, Camagüey. p 11-18.

Childe VG, 1968. Los orígenes de la civilización. Ed. Revolucionaria. Instituto del libro. La Habana, Cuba. p. 295.

Companioni N, Rodríguez A, Carrión M, Alonso RM, Ojeda Y, Peña E, Pozo JL, 1997. La agricultura urbana. INIFAT. Agencia Española de Cooperación Internacional. La Habana, p. 1-12.

Companioni N, Rodríguez A, Carrión M, Alonso RM, Ojeda Y, Peña E, Pozo JL, 1998. Agricultura Urbana. Su desarrollo y principales componentes. Compendio sobre Agricultura Urbana. Modalidad: Organopónicos y huertos intensivos. INIFAT- UNICA. Ciego de Ávila. Cuba. p 2-8.

Cruz MC, 1995. Medio ambiente humano agricultura. En: Primer Encuentro sobre Agricultura Urbana y su Impacto en Alimentación de la Comunidad. INIFAF. La Habana Cuba, p.12-17.

FAO, 1996. El Estado Mundial de la agricultura y la alimentación. Análisis Mundial. *III Cuestiones escogidas.* Roma, Italia. p. 43-57.

Gandarilla JE, Pérez D, Curbelo R, Vento RL, 1998. Uso del humus de lombriz en organopónico. IV Seminario Científico Técnico Est. Exp. de Suelos y Fertilizantes Escambray. Programas y resúmenes. p 32.

González M, Corrales I, Martínez R, Alonso R, Méndez V, Rodríguez N, 1998. Influencia de diferentes cepas nativas de *Azotobacter chroococcum* en secuencias de cultivos en organopónicos. Resúmenes. XI Seminario Científico INCA**.** p.83.

Guzmán T, 1995. La agricultura urbana. Algunos conceptos, consideraciones y perspectivas. En: Memorias del Primer Encuentro Internacional sobre Agricultura Urbana y su Impacto en la Alimentación de la Comunidad**.** INIFAT. La Habana, Cuba. p. 7-11.

Heredia C, Machado JM, Recompensa C, Álvarez D, 1998. Producción de hortalizas todo el año. II Vías alternativas para producir hortalizas en condiciones de Agricultura Urbana. XI Seminario Científico. INCA. Programas y Resúmenes. p 17-20 Nov: 85.

MINAG, 1998. Instructivo Técnico para Organopónicos MINAG-INIFAT. La Habana, Cuba. 78 pp.

Metodología de análisis de muestras de sustratos orgánicos, 1992. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes.

Mougeot L, 1993. Autosuficiencia Alimentaría. Significación y Retos, el CIID informa. Canadá. 21 (3):251-543.

Pérez D, Gandarilla JE, Curbelo R, 1995. El deterioro del sustrato en canteros de organopónicos por cosechas sucesivas. En: Resúmenes 1er Taller Nacional sobre Desertificación. Guantánamo, Febrero. p. 59.

Pérez D, Gandarilla JE, Vento M, Curbelo R, Guerra A, Caballero R, 1998. Alternativas para mantener la fertilidad de los sustratos en organopónicos. XI Seminario Científico. INCA. Resúmenes. p 17- 20 Nov: 209.

Pérez D, 1999. Alternativas bioorgánicas para mantener rendimientos estables en organopónicos. Tesis en opción al título de Máster en Fertilidad del Suelo. Camagüey. p 29-36.

Pérez D, Gandarilla JE, Curbelo R, Caballero R, Rodríguez D, 2003. Alternativas orgánicas para mantener rendimientos estables en organopónicos. Centro Agrícola. 2: 76-79.

Ribeiro D, 1992. El Proceso Civilizatorio. Etapas de la Evolución Sociocultural. Edit. Ciencias Sociales. La Habana. Cuba. p. 268.

Waugh DL, Cate RB, Nelson LA, 1974. Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelo y la respuesta a los fertilizantes. Boletín Técnico 7, North Carolina State University (traducción al español).

(Aceptado para publicación el 4 de junio de 2010)

Respuesta de la canola (*Brassica napus*) a diferentes sistemas de labranza de conservación en secano en la Meseta Purhépecha, Michoacán, México

M.A. Cepeda y B.L. Gómez

Manantial Cointzio #67 Fracc. Manantiales de Morelia, Morelia, Michoacán, México, CP. 58188,
E-mail: m_cepedav@yahoo.com.mx

Resumen

En la Meseta Purhépecha ubicada en Michoacán, México, los terrenos para la producción agrícola presentan pendientes de hasta 15% y por su origen volcánico presentan baja cohesión en sus partículas, lo que ocasiona elevados niveles de erosión. En esta región se utiliza el sistema de producción denominado "año y vez", que consiste en la siembra de maíz en humedad residual y labranza convencional, el cual ocupa el terreno 10 meses, después de la cosecha el terreno permanece en descanso por otros 10 meses. En el 2004, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, introdujo el cultivo de canola para incorporarlo en el período de desuso. La finalidad esta investigación consistió en determinar el comportamiento del cultivo de canola bajo diferentes sistemas de labranza de conservación que permitieran incrementar el rendimiento, disminuir los costos de producción e incrementar la rentabilidad, mediante la eliminación de diferentes prácticas culturales. En Nahuatzen, Mich., a 2.350 msnm, en un suelo con cuatro años sin trabajar, se evaluó el cultivo de canola en secano, bajo los sistemas de labranza reducida (L.R. más de una práctica), labranza mínima (L.M. una sola práctica) y labranza cero (L.0. ninguna práctica), con las prácticas culturales: rastreo (R), surcado (S) y escarda (E), se generaron los tratamientos LR: R-S-E., LR: R-S., LR: S-E., LM: S., LM: E y L0, con 20 % de residuos de maíz y como control la labranza convencional (barbecho, rastreo, surcado y escarda). La siembra fue mecanizada con 3,5 kg ha^{-1} de semilla de Hyola 401 y la fertilización 120-60-80 NPK. Por tratamiento se muestrearon 8 m^2, teniendo una disminución en el número de plantas de 42 a 17 en los tratamientos de labranza de conservación con respecto al de labranza convencional. En altura de planta no se detectaron diferencias estadísticas. En los parámetros número de silicuas y ramas por planta, los tratamientos de labranza de conservación mostraron incrementos desde 60 hasta 257 silicuas por planta y dos ramas por planta respecto a la labranza convencional; mientras que labranza cero presentó valores similares a labranza convencional. En rendimiento, todos los tratamientos de labranza de conservación superaron al de labranza convencional en por lo menos 273 kg ha^{-1}. Económicamente, el tratamiento con mejor relación beneficio – costo fue labranza mínima (E) con $ 0,73 por peso invertido, seguido por labranza reducida (R-S-E) con $ 0,60 por peso invertido.

Palabras clave: Rendimiento, rentabilidad, incremento silicuas por planta.

Summary
Response of canola (*Brassica napus*) al different conservation tillage in rainfed Purhepecha Plateau, Michoacan, Mexico

In the Plateau Purhépecha located in Michoacan, Mexico, the land for agricultural production have gradients of up to 15% and its volcanic origin exhibit low particle cohesion, resulting in high levels of erosion. In this region, using the production system called "year and time", which consists in planting corn in conventional tillage, residual moisture, which occupies the ground 10 months after the harvest site remains at rest for another 10 months. In 2004, the National Research Institute for Forestry, Agri-

culture and Livestock, introduced the cultivation of canola for incorporation into the period of disuse. The purpose of this investigation was to determine the canola crop performance under different conservation tillage systems that increase yield, reduce production costs and increase profitability through the elimination of different cultural practices. In Nahuatzen, Mich., At 2,350 meters, in a soil with four years without working, we evaluated the canola crop without irrigation, under reduced tillage systems (LR more than one practice), minimum tillage (LM a single practice) and zero tillage (l.0. no practice), with cultural practices: Scan (R), crossed (S) and weeding (E) LR treatments were generated: CSR., LR: RS., LR: SE., LM: S., LM: E and L0, with 20% of waste as a control corn and conventional tillage (plowing, disking, plowing and weeding). Mechanized planting was 3.5 kg ha-1 seed Hyola 401 and 120-60-80 NPK fertilization. Per treatment were sampled 8 m2, with a decrease in the number of plants from 42 to 17 in the conservation tillage treatments compared to conventional tillage. In plant height did not detect statistical differences. The parameters number of pods and branches per plant, the conservation tillage treatments showed increases from 60-257 pods per plant and two branches per plant with respect to conventional tillage, while similar values tillage to conventional tillage. In return, all conservation tillage treatments exceeded that of conventional tillage in at least 273 kg ha-1. Economically, treatment with best benefit - cost was minimal tillage (E) with $ 0.73 per peso invested, followed by reduced tillage (CSR) with $ 0.60 per peso invested.

Key words: Yield, profitability, pods per plant increased.

Introducción

En México, la mayor pérdida de suelo se produce por la lluvia que se presenta principalmente en las zonas de topografía irregular y con pendientes del terreno fuertes; como ambas situaciones predominan en el país, existe una tendencia a generarse esta degradación del suelo. La erosión comienza con el golpe de sus gotas sobre el suelo y continúa por el desgaste del terreno que ocasionan los flujos de agua que se generan tanto en las laderas de las montañas como en los cauces de los ríos. La erosión en las laderas se dice que es laminar y es donde se obtiene el mayor aporte de sedimento fino que transporta un cauce (www.cenapred.unam.mx)

México ocupa el primer lugar mundial en desgaste del suelo y se vive una situación de emergencia ecológica desde hace 20 años; la afectación es evidente, ya que el 93% del territorio nacional sufre algún grado de deterioro (Gallegos, 2006). Se estima que de las 196 millones de hectáreas del territorio nacional, del 15% al 20%, están erosionadas con daños que son irreversibles y 150 millones presentan algún grado de degradación. Hay cerros sin ninguna cobertura donde el panorama es desolador (Gallegos, 2006).

Los inevitables efectos negativos de la preparación del suelo, en regiones tropicales y subtropicales sobre la materia orgánica, erosión, estructura, temperatura, humedad, infiltración de agua, flora y fauna (biología del suelo), y pérdida de nutrientes, resultan en la degradación química, física y biológica del suelo. Esto lleva a través de los años a rendimientos decrecientes de los cultivos, a una disminución de la productividad y empobrecimiento del suelo y del hombre (Derpsch *et al.,* 2000). La rápida degradación de los suelos y el uso no sostenible de la tierra, particularmente en países en desarrollo, son al mismo tiempo la causa y la consecuencia de una pobreza generalizada (ISCO, 1996). La tasa máxima permisible de

pérdidas de suelo es de 10 t ha^{-1}*año; mayores pérdidas significan degradación (www.sagarpa.gob.mx).

En la Meseta Purhépecha, unos de los principales municipios son Cherán donde más del 67% de su territorio sufre algún grado de erosión, en Nahuatzen más del 71% de su área presenta algún grado de erosión, en tanto en Paracho el 69% de su territorio presenta este problema y en Charapan, el 62% sufre algún grado de deterioro. La degradación de los suelos en la Meseta se debe desde la deforestación hasta al cambio de uso de suelo, el periodo de descanso, el sobrepastoreo, los incendios forestales y la tira indiscriminada de desechos. (Martínez, 2005).

La aplicación de residuos de cultivos, se ha establecido como un valor tecnológico para reducir la erosión y mejorar el aprovechamiento del agua de lluvia en las tierras agrícolas (Mustaghimi *et al*., 1988, Schomberg and Steiner, 1994). Los residuos de cultivo influyen en la calidad de los suelos, en los ciclos de nutrientes y en los procesos microbiales, además contribuyen con significantes cantidades de nitrógeno para los principales cultivos (Vigil *et al*., 1991). Los residuos sobre la superficie del suelo se descomponen mas lentamente que cuando son incorporados (Douglas *et al*., 1980). La velocidad de descomposición de los residuos depende del contenido de nitrógeno orgánico o la relación C/N y han mostrado diferencias al variar el tipo de suelo (Ajwa and Tabatabi, 1994).

Los beneficios de una agricultura con alta cobertura del suelo, como los sistemas de labranza conservacionista y la siembra directa ofrecen numerosas ventajas que no pueden ser obtenidas con la labranza intensiva. Estas ventajas han sido resumidas de la siguiente forma: menores necesidades de mano de obra, economía de tiempo, menor desgaste de la maquinaria, economía de combustible, aumento de la productividad a largo plazo, mejoramiento de la calidad del agua superficial, disminución de la erosión, mayor retención de humedad, aumento de la infiltración de agua en el suelo, disminución de la compactación del suelo, mejoramiento de la estructura del suelo, aumento de la vida silvestre, menor emisión de gas carbónico a la atmósfera y reducción de la polución del aire (ISTRO, 1997).

En la región del Peace River en Canadá, los bajos rendimientos obtenidos en canola con cero labranza, fueron atribuidos a la pobre emergencia de plantas por una dura cama de siembra con terrones no desbaratados y la competencia de la reemergencia de festuca en el tercer año después de que ésta maleza había sido removida (Soon *et al.,* 2005). En Alberta, Canadá, la siembra directa y labranza reducida incrementaron los rendimientos en un 9 % y 8 % sobre el testigo de labranza convencional en los años 1999-2001 (Thomas, 2003).

El cultivo de canola (*Brassica napus* L. 'Legend') en cuatro años estudiados en el suroeste de Manitoba, Canadá, bajo labranza reducida y labranza convencional con diferentes fuentes, época y método de aplicación de nitrógeno, mostró que bajo labranza reducida el amonio anhidro en banda produjo mayor rendimiento de grano de canola que con urea o con nitrato de amonio; además el rendimiento fue menor cuando el fertilizante se aplicó sobre la superficie del suelo que cuando se incorporó y fue mas evidente en labranza reducida que en labranza convencional. Sin embargo el rendimiento de grano en los cuatro años tendió a ser mayor en labranza reducida que en labranza convencional (Grant *et al.,* 2002). La labranza mínima o cero, la cantidad del nitrógeno, la fuente de fertilizante o el lugar de la aplicación no tuvieron un efecto consistente sobre la productividad del canola (O'Donovan *et al.,* 2005).

En Kentucky la cobertura del suelo por la planta de canola es excelente. Si el cultivo es establecido a mediados de septiembre, se puede tener un 100 % de cobertura del suelo antes del invierno. Esta cobertura junto con un excelente sistema radical protege el suelo de la erosión tan bien o mejor que la cobertura de un cultivo de grano pequeño. El residuo de canola producido es igual al obtenido con cultivos de grano pequeño aunque los rendimientos de grano puede ser dos tercios o tres cuartos de lo obtenido en trigo, sin embargo el residuo de canola se descompone mas rápidamente que el los granos pequeños (Rasnake, 1998).

Por lo anterior el objetivo del trabajo fue determinar el comportamiento del cultivo de canola en secano bajo diferentes sistemas de labranza de conservación generados a través de la eliminación de prácticas culturales que normalmente efectúan los productores bajo labranza convencional, que permitieran disminuir los costos de producción y mejorar la rentabilidad del cultivo.

Materiales y métodos

En el municipio de Nahuatzen, Michoacán, México, que forma parte de la Meseta Purhépecha en el Eje Neovolcánico Transversal, ubicado a los 19° 38.293' de latitud Norte y a los 101° 55.812' de longitud Oeste, con una altura media sobre el nivel del mar de 2350 metros, en el ciclo primavera – verano (P.V.) del 2006, en un terreno con suelo tipo andosol que tenía cuatro años en descanso que presentó un pH de 5,9; en siembra en franjas se evaluaron seis tratamientos de labranza de conservación en diferentes niveles (Tabla 1) y se compararon con el control de labranza convencional. Las practicas culturales de barbecho, rastreo y surcado para los tratamientos correspondientes se realizaron el mismo día de la siembra. La separación entre surcos fue de 0,8 m. Anterior a la siembra se realizó la distribución de residuos de maíz como mantillo en una cobertura del 20 %. Para el establecimiento se utilizó una máquina sembradora neumática de maíz para labranza de conservación marca Dobladense, que anteriormente se había modificado y adecuado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Cepeda *et al.,* 2004), para la siembra de canola. El genotipo utilizado fue semilla certificada del híbrido Hyola 401, en una densidad de siembra de 3,5 kg ha^{-1} a una profundidad de siembra de 2 cm, con la fertilización 120-60-80 de NPK, aplicando 1/3 de nitrógeno, todo el fósforo y potasio al momento de la siembra y el complemento de nitrógeno al realizar la escarda en los tratamientos correspondientes a los 45 días después de la siembra (dds), con las fuentes de urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio. A los 22 dds, se realizó la aplicación dirigida del herbicida paraquat en dosis de 2 l ha^{-1} en todos los tratamientos. Se evaluaron las variables número de plantas por parcela de muestreo (8 m^2), altura de planta a madurez fisiológica, período de siembra a madurez de cosecha, número de ramas, número de silicuas por planta y rendimiento de grano. La cosecha se realizó el 28 y 29 de noviembre de 2006 y con los muestreos se determinó el rendimiento de grano ajustado al 8 % de humedad, asimismo se realizaron los análisis de varianza para las variables mencionadas con el paquete estadístico MSTAT y se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey al 0,05 por ser más estricta. Se determinó el costo de cultivo de cada tratamiento (Tabla 5) el cual se generó a partir de los costos que rigieron en la región de la Meseta Purhépecha en el ciclo P.V. 2006, y para el valor de los insumos utilizados se consideraron los precios vigentes en la ciudad de Morelia, Mich., con los cuales se realizó el análisis de rentabilidad por hectárea.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el cultivo de canola en Nahuatzen, Michoacán. México. P.V. 2006
Table 1. Treatments evaluated in growing canola in Nahuatzen, Michoacan. Mexico. P.V. 2006

N°	Tratamientos	Abreviación
1	Lab. Convencional (barbecho, rastra, surcado, 2a escarda)	LC: Conv
2	Lab. Reducida (rastreo, surcado y 2a escarda)	LR: (R.S.2aE)
3	Lab. Reducida (rastreo y surcado)	LR: (R y S)
4	Lab. Reducida (surcado y 2a escarda)	LR: (S.2aE)
5	Lab. Mínima (surcado)	LM: (S)
6	Lab. Mínima (2a escarda)	LM: (2aE)
7	Lab. Cero	LO: Cero

Resultados y discusión

Las condiciones climatológicas que prevalecieron durante el ciclo del cultivo estuvieron dentro de los rangos reportados de 1000 a 1600 mm de precipitación en la Meseta Purhépecha y el valor acumulado de junio a noviembre de 2006 fue de 1187 mm, en tanto la temperatura máxima no superó los 30 grados lo que permitió un adecuado desarrollo del cultivo, sin embargo se presento un fenómeno de granizo el día 9 de agosto cuando la planta estaba en la etapa reproductiva de formación de grano, que causó un daño estimado del 10 % (Figura 1).

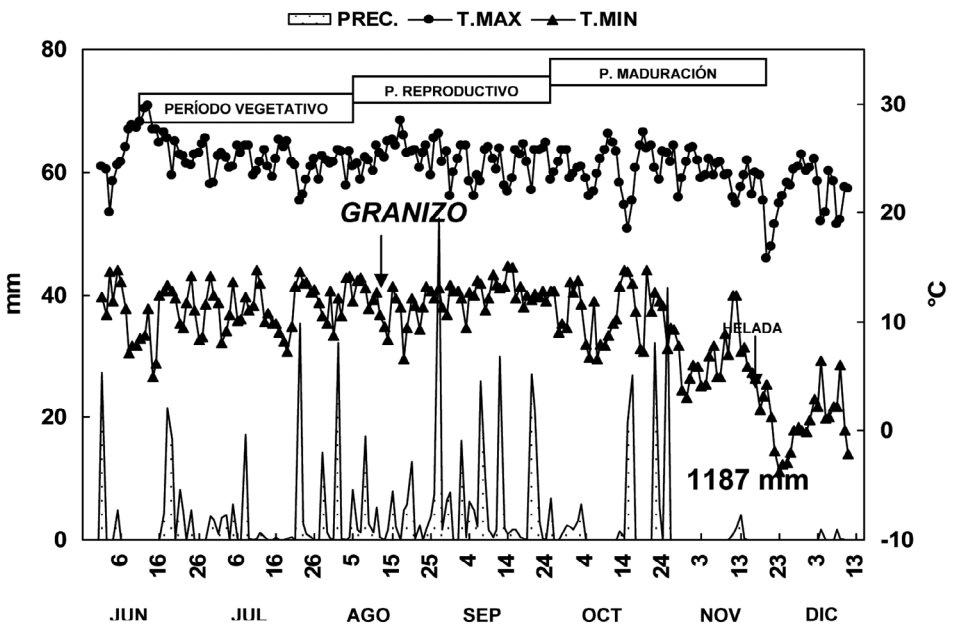


Figura 1. Datos climatológicos que prevalecieron en la localidad de Nahuatzen, Michoacán en el ciclo P.V. 2006.
Figure 1. Climatological data prevailing in the locality of Nahuatzen, Michoacán in the PV cycle 2006.

Para las variables ciclo vegetativo, número de plantas, altura de planta, número de silicuas por planta y rendimiento, su correspondiente análisis estadístico detectó diferencias significativas al 0,01 y para el número de ramas la significancia fue al 0,05

En la variable ciclo vegetativo, todos los tratamientos de labranza de conservación mostraron un incremento de entre cuatro y cinco días en el período de siembra a madurez de cosecha, debido a que con el mantillo permite una mayor retención de humedad y disminución de la evaporación lo que reduce las condiciones de estrés (Mustaghimi *et al*., 1988, Schomberg and Steiner, 1994; ISTRO, 1997), siendo estadísticamente diferentes al tratamiento de labranza convencional que presentó el ciclo más corto. En altura de planta, los mayores valores correspondieron a los tratamientos de labranza de conservación en los que se realizó movimiento de suelo (rastreo) con 143 y 142 cm seguido por labranza convencional con 141 cm los cuales fueron estadísticamente iguales, mientras que el menor desarrollo del cultivo fue en labranza cero con 135 cm (Tabla 2).

Tabla 2. Ciclo vegetativo y altura de planta del cultivo de canola en los tratamientos de labranza evaluados en Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan
Table 2. Growing season and plant height of the canola crop in tillage treatments evaluated Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan

N°	Tratamiento	Ciclo (dds)	Tukey (0.05)	Altura (cm)	Tukey (0.05)
4	LR: S-E	157	A	123	B
3	LR: R-S	157	A	142	A
5	LM: S	157	A	130	A B
6	LM: E	157	A	131	A B
2	LR: R-S-E	156	A	143	A
7	L0: cero	156	A	135	A B
1	LC: B-R-S-E	152	B	141	A
			CV: 0,85%		C.V: 5,81%
			Sx:0,66143		Sx: 3,92147

El tratamiento con mayor densidad de plantas por parcela al momento de la cosecha, fue el de labranza convencional con nueve plantas por metro lineal, seguido por los tratamientos de labranza mínima, como consecuencia de que en este tipo de suelo las practicas de barbecho, rastreo y surcado, dejan el terreno completamente mullido, mientras que en la labranza mínima como el terreno tenía cuatro años sin sufrir alguna perturbación al momento del surcado y la siembra, fue mínima la tierra que quedaba suelta lo que no permitió que la semilla de canola quedara bien cubierta, y en la labranza reducida con solo el rastreo se produjeron pequeños terrones que después de realizar la siembra rodaron al fondo de la línea donde quedo la semilla impidiendo

una mejor emergencia de plántulas, resultados que concuerdan con lo reportado por Soon *et al.,* (2005) quienes mencionan que la baja emergencia de plantas de canola se debió a ciertos terrones que impidieron una adecuada nacencia. El hecho de tener una menor densidad de plantas por metro cuadrado, permitió que las plantas mostraran un crecimiento más ramificado teniendo el mayor número de ramas el tratamiento de labranza reducida con rastreo y surcado con 6 ramas por planta (Tabla 3).

Tabla 3. Número promedio de plantas por parcela y ramas por planta de canola obtenidas en los tratamientos de labranza evaluados en Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan
Table 3. Average number of plants per plot and branches per plant obtained in the canola crop treatments evaluated Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan

Nº	Tratamiento	Plantas por parcela	Tukey (0.05)	Ramas por planta	Tukey (0.05)
1	LC: B-R-S-E	90	A	4,00	A B
5	LM: S	74	A B	4,50	A B
6	LM: E	74	A B	3,75	B
2	LR: R-S-E	63	A B	4,50	A B
7	L0: cero	55	B	4,25	A B
4	LR: S-E	44	B	4,50	A B
3	LR: R-S	42	B	6,00	A
			C.V: 23,29%		CV: 19,45%
			Sx: 7,319785		Sx: 0,43767

Respecto a las silicuas por planta se detectó una correlación inversa, a menor número de plantas mayor número de silicuas, este comportamiento se observó en el tratamiento de labranza reducida con rastreo y surcado con valores de 42 plantas (Tabla 3) y 571 silicuas por planta y fue estadísticamente superior a los demás tratamientos para esta variable (Tabla 4), comportamiento inverso lo presentó labranza convencional con el mayor número de plantas (90) y el menor número de silicuas (314).

Aún cuando en la literatura se reporta que en el primer ciclo donde se implementan trabajos de labranza de conservación generalmente el rendimiento se ve afectado negativamente, en esta investigación todos los tratamientos de labranza de conservación superaron al control de labranza convencional en por lo menos 272 kg ha^{-1}, y los mejores tratamientos (LR: R-S-E y LM: E) presentaron incrementos respecto al control de 717 y 583 kg ha^{-1} lo anterior concuerda con lo reportado por Grant *et al.,* (2002) que en cuatro años de trabajo con el cultivo de canola bajo labranza reducida obtuvo mejores rendimientos que en labranza convencional (Tabla 4).

Al comparar gráficamente (Figura 2) los resultados de número de planta por parcela y rendimiento de grano obtenido en cada tratamiento, se observó que al eliminar la practica del barbecho, se tuvo una disminución del 30 % en el número de plantas res-

Tabla 4. Número promedio de silicuas por planta y rendimiento de grano de canola obtenido en los tratamientos de labranza evaluados en Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan
Table 4. Average number of siliqua per plant and grain yield of canola treatments evaluated Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan

Nº	Tratamiento	Silicuas por planta	Tukey (0.05)	Rendimiento (t ha^{-1})	Tukey (0.05)
2	LR: R-S-E	487	A B C	2131	A
6	LM: E	534	A B	1997	A
4	LR: S-E	493	A B C	1945	A B
3	LR: R-S	571	A	1855	A B
5	LM: S	542	A B	1801	A B
7	L0: cero	346	B C	1687	A B
1	LC: B-R-S-E	314	C	1414	B
			CV: 19,97%		CV: 12,45%
			Sx: 45,17976		Sx: 114,0698

pecto al control y un incremento del 50% en el rendimiento de grano. Los tratamientos de labranza reducida con dos practicas culturales (LR: R-S y LR: S-E) presentaron un comportamiento similar en cuanto a estas dos variables, aún cuando presentaron los valores inferiores para el número de plantas. En labranza mínima el número de plantas y el rendimiento fue similar en ambos tratamientos (LM: S y LM: E) con solo 196 kg ha $^{-1}$ a favor del segundo. En base a este resultado del primer año se observa que en labranza reducida y mínima, el rango de población se encuentra entre 63 y 74 plantas por 10 metros lineales.

Al relacionar el número de silicuas con el rendimiento de grano se observó que el rango del número de silicuas para la obtención de los mayores rendimientos osciló entre 487 y 534 silicuas por planta, si este valor se prolonga hacia los extremos de la curva, el efecto sobre el rendimiento es negativo.

La variación en el costo total de cultivo por hectárea, fue debida al número y valor de las prácticas culturales involucradas en cada tratamiento, presentando decrementos del 8, 14, 19 y 26 % al eliminar una, dos, tres y cuatro prácticas respectivamente (Tabla 5).

Al realizar el análisis económico o rentabilidad de los tratamientos evaluados, el mayor rendimiento por hectárea no mostró el mejor ingreso neto el cual se obtuvo con el tratamiento de LM: E que presentó ingreso neto de $ 2.942 por hectárea y una relación beneficio - costo de $ 0,73 por peso invertido, mientras que con el tratamiento de labranza convencional se tuvieron pérdidas de $ 98 en el ingreso neto y de $ 0,02 por peso invertido (Tabla 6).

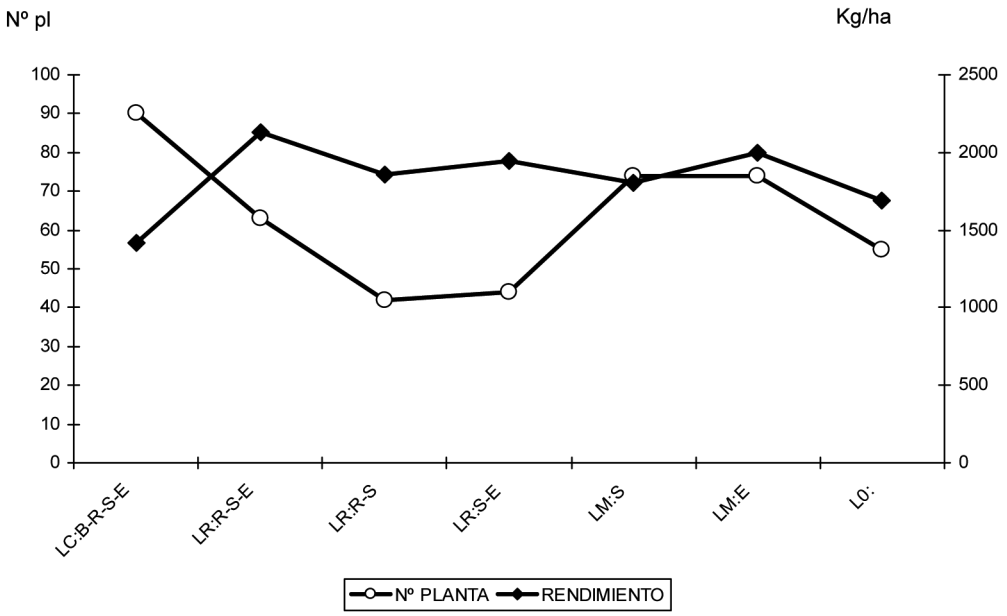


Figura 2. Comportamiento del número de plantas y rendimiento de grano de canola en los tratamientos de labranza de conservación vs labranza convencional. Nahuatzen, Mich. P.V. 2006.
Figure 2. Behavior of the number of plants and grain yield of canola in the treatment of conservation tillage versus conventional tillage. Nahuatzen, Mich. P.V. 2006.

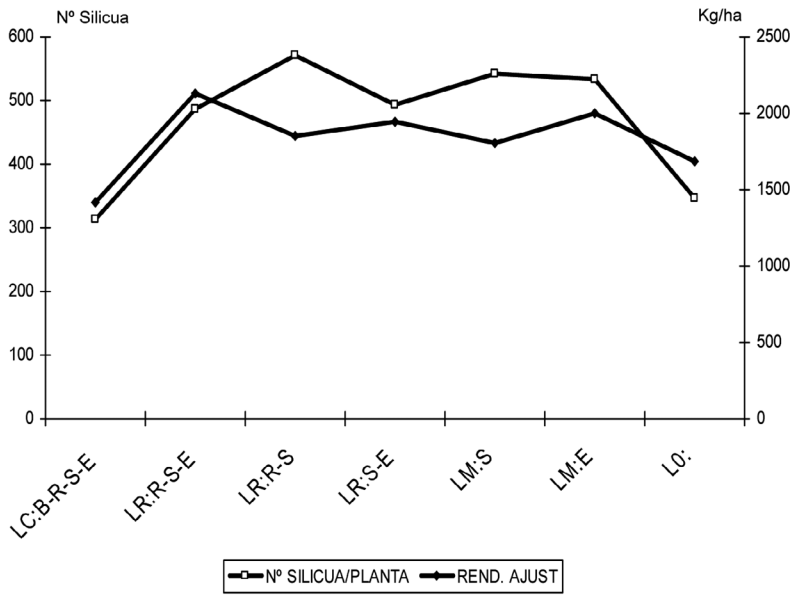


Figura 3. Comportamiento del número de silicuas y rendimiento de grano de canola en los tratamientos de labranza de conservación vs labranza convencional. Nahuatzen, Mich. P.V. 2006.
Figure 3. Behavior of the number of siliqua and grain yield of canola in the treatment of conservation tillage versus conventional tillage. Nahuatzen, Mich. P.V. 2006.

Tabla 5. Costo de cultivo por tratamiento de labranza evaluado en Nahuatzen, Mich. 2006
Table 5. Cost of treatment by crop tillage evaluated in Nahuatzen, Mich. 2006

Concepto	LC: B-R-S-E	LR: R-S-E	LR: R-S	LR: S-E	LR: S	LM: E	L0: cero
Barbecho	400	0	0	0	0	0	0
Rastra	300	300	300	0	0	0	0
Surcado	300	300	300	300	300	0	0
Tratamiento semilla	60	60	60	60	60	60	60
Siembra	300	300	300	300	300	300	300
Herbicida	213	213	213	213	213	213	213
Semilla	593	593	593	593	593	593	593
Fertilizante	1882	1882	1882	1882	1882	1882	1882
Escarda	300	300	0	300	0	300	0
Deshierbe	100	100	100	100	100	100	100
Cosecha	600	600	600	600	600	600	600
Total	5047	4647	4347	4347	4047	4047	3747

Tabla 6. Análisis económico del cultivo de canola bajo los diferentes tratamientos de labranza evaluados en Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan
Table 6. Economic analysis of the cultivation of canola under different tillage treatments evaluated Nahuatzen, Mich. 2006. INIFAP C.E. Uruapan

N°	Tratamiento	Rndto (t ha^{-1})	Valor producción ($ t^{-1})	Costo cultivo ($ ha^{-1})	Ingreso bruto ($ ha^{-1})	Ingreso neto ($ ha^{-1})	Relación B/C (%)
1	(LC: B-R-S-E)	1.414	3500	5047	4949	-98	-2
2	(LR: R-S-E)	2.131	3500	4647	7459	2811	60
3	(LR: R-S)	1.855	3500	4347	6493	2145	49
4	(LR: S-E)	1.946	3500	4347	6811	2464	57
5	(LR: S)	1.801	3500	4047	6304	2256	56
6	(LM: E)	1.997	3500	4047	6990	2942	73
7	(L0:)	1.687	3500	3747	5905	2157	58

B/C: beneficio/costo.

Conclusiones

- El cultivo de canola respondió en un primer año a los tratamientos de labranza reducida.
- Los tratamientos de labranza de conservación incrementaron el ciclo de cultivo en cuatro días.
- Con los tipos de labranza de conservación la densidad de población se vió disminuida entre un 18 a 53 % respecto a labranza convencional.
- El mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de labranza reducida con tres practicas culturales (rastreo, surcado y escarda) superando a la labranza convencional en 0,717 t ha^{-1}.
- Económicamente, el mejor tratamiento fue labranza mínima (solo escarda) con un ingreso neto de $ 2.942 ha^{-1}.

Bibliografía

Ajwa HA, Tabatabai MA. 1994. Decomposition of different organic materials in soils. Bull. Fertile Soils 18: 175-182.

Cepeda VMA, Gómez LBL, Venegas GE. 2004. Modificaciones a la sembradora neumática OL-U2N para la siembra de canola. Agenda técnica Nº 5. INIFAP- CENAPROS. Morelia, Michoacán, México.12 p.

Derpsch R, Florentín M, Moriya K. 2000. Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola. Proyecto Conservación de Suelos MAG - GTZ, DEAG, San Lorenzo, Paraguay, 40 p.

Douglas CL, Allmasas RR, Rasmissen PE, Ramig RE, Roader NC. 1980. Wheat straw composition and placement effects on the Pacific Northwest. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 833-837.

Gallegos TA. 2006. Alertan sobre climas extremos por erosión. Lunes 04 de diciembre de 2006. *http://www.eluniversal.com.mx/estados/vi_63183.html* (revisado18 enero 2007).

Grant CA, Brown KR, Racz GJ, Bailey LD. 2002. Influence of source, timing and placement of nitrogen fertilization on seed yield and nitrogen accumulation in the seed of canola under reduced and conventional tillage management. Can. J. Plant Sci. 82: 629-638.

http://www.cenapred.unam.mx/es/Investigacion/RHidrometeorologicos/FenomenosMeteorologicos/Erosion/erosion.html (revisado 26 febrero 2007).

ISCO, 1996: Towards Sustainable Land Use - Furthering Cooperation between People and Institutions, Second Announcement, p. 3.

ISTRO, 1997. Siembra Directa. International Soil Tillage Research Organization (ISTRO), INFOEXTRA, Vol. 3 N° 1, enero 1997.

Martínez F. 2005. Emergencia ambiental en la Meseta. Diario Digital 29 de abril de 2005 San Lorenzo Narhén, Uruapan - Michoacán – México. http://xiranhua.com.mx/opiniones/opinion69.htm (revisado 18 enero 2007)

Mustaghimi S, Dillaha TA, Shenhultz VO. 1988. Influence of tillage systems and residue levels on run-off, sediment, and phosphorus losses. Transactions of the ASAE 31: 128-132.

O'Donovan JT, Otani J, Clayton GW, Soon YK. 2005. Effect of fall and spring seeding on canola productivity in the Peace River region of northern Alberta. Can. J. Plant Sci. 85: 641-644.

Rasnake M. 1998. Tillage and crop residue management. http://www.uky.edu/Ag/Agronomy/Extension/soils/soilpublications.htm (revisado 26 febrero 2007).

SAGARPA. 1995. Estimación de la erosión del suelo. http://www.sagarpa.gob.mx/sdr/apyos/publicaciones/Archivos%20de%20Apoyo%20al%20Curso/ARCHIVOS%20PDF/01.pdf (revisado 26 febrero 2007).

Schomberg HH, Steiner JL. 1994. Predicting crop residue distribution and cover for erosion modeling. pp. 27-34 in the proceedings of Great Plains Agriculture Council Crop Residue Management Conference, August, 1994 at Amarillo, TX.

Soon YK, Klein-Gebbinck HW, Arshad MA. 2005. Residue management and crop sequence effects on the yield and brown girdling root rot of canola. Can. J. Plant Sci. 85: 67-72.

Thomas P. 2003. Canola growers manual. Canola Council of Canada. Pp 706-715. University of Kentucky 1992. Canola production & management. http://www.ca.uky.edu (revisado 26 febrero 2007).

Vigil MF, Kissel DE, Smith SJ. 1991. Field crop recovery and modeling of nitrogen mineralized from labeled sorghum residue. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1031-1037.

(Aceptado para publicación el 6 de septiembre de 2010)

Micropropagación e injerto in vitro de pistacho

E. García, P. Lorente, J.A. Marín, A. Arbeloa y P. Andreu

Estación Experimental de Aula Dei-CSIC, Av. Montañana 1005. 50059 Zaragoza, España.
E-mail: egarcia@eead.csic.es

Resumen

El cultivo del pistachero (*P. vera* L.) ha despertado un gran interés en zonas de España en las que cultivos tradicionales, como la vid o el olivo, han perdido rentabilidad. Sin embargo, su expansión está frenada por la dificultad de propagación por injerto de las variedades de interés y la selección de un patrón clonal propagado vegetativamente. La aplicación de las técnicas de cultivo in vitro a las especies de *Pistacia* permitirá, además de la propagación clonal y masiva, profundizar en el estudio de los problemas que afectan al injerto al disponer de un modelo experimental eficaz y flexible que permita el seguimiento del injerto durante las etapas iniciales, donde es más probable la aparición de síntomas de falta de afinidad entre la variedad y el patrón que lleven a la falta de prendimiento del injerto. Se iniciaron cultivos de *P. vera* a partir de explantos nodales y de *P. terebinthus* a partir de semillas germinadas in vitro. La tasa de multiplicación in vitro de ambas especies se aproximó a 2 brotes por brote cada 3 semanas. Se obtuvo un alto enraizamiento del patrón *P. terebinthus* (82%) en un medio WPM modificado y las plantas fueron trasplantadas en invernadero con éxito. Ápices de brotes de *P. vera* de 10-20 mm fueron injertados in vitro sobre brotes enraizados o sin enraizar del patrón *P. terebinthus* y se estudió histológicamente la evolución de los injertos. Más del 70% de las plantas injertadas sobrevivieron durante las 3-5 semanas iniciales y algunas plantas continuaron su crecimiento en invernadero. De la misma forma se realizaron homoinjertos de control entre *P. terebinthus* consigo mismo y su estudio reveló que la técnica utilizada es prometedora, aunque deberá ser perfeccionada en posteriores trabajos.

Palabras clave: *Pistacia vera, P. terebinthus,* cultivo in vitro.

Abstract
Micropropagation and in vitro grafting of pistachio

Pistachio culture is becoming highly interesting in Spain, where traditional crops as grape and olive have reduced their profitability. However, its expansion is hampered by both the difficulty of propagation by grafting of varieties of interest and by the lack of a clonal selected rootstock. The application of in vitro culture techniques would allow the clonal propagation of *Pistacia* species, as well as to perform in-depth studies of the problems affecting grafting. In vitro techniques provide an effective and flexible experimental model that allows us monitoring the graft union during the initial stages, when lack of affinity symptoms are most likely to appear. In vitro *P. vera* cultures were initiated from nodal explants, whereas cultures of *P. terebinthus* were initiated from seeds germinated in vitro. The in vitro multiplication rate of both species was close to 2 shoots per shoot every 3 weeks. A high rooting percentage (82%) of *P. terebinthus* was obtained in a modified WPM medium and plants were successfully transplanted to the greenhouse. Shoot apices of *P. vera* of 10-20 mm length were grafted in vitro on rooted or unrooted shoots of *P. terebinthus* in which the apex was removed and the evolution of the graft unions was studied. Over 70% of the grafted plants survived during the firts 3-5 weeks and some plants continued their growth in the greenhouse. Similarly, control self-grafted *P. terebinthus* were studied. Homografts showed that the technique of grafting in vitro is promising but should be improved in future works.

Key words: *Pistacia vera, P. terebinthus,* in vitro culture.

El cultivo del pistachero (*P. vera* L.) ha despertado un gran interés en zonas de España en las que cultivos tradicionales, como la vid o el olivo, han perdido rentabilidad. Sin embargo, su expansión está frenada por la dificultad de propagación por injerto de las variedades de interés y la selección de un patrón clonal propagado vegetativamente. El patrón cornicabra o terebinto (*Pistacia terebinthus* L.) posee una adecuada adaptación al clima y suelo español por ser autóctono, además de vigor moderado y tolerancia a las enfermedades de suelo (Guerrero *et al*., 2004). Los trabajos de selección de este patrón se basan en su propagación por semilla, ya que no propaga por estaquilla, además de por sus caracteres pomológicos, como su vigor, porte o producción (Guerrero *et al*., 2002) y tolerancia a la sequía (Gijón *et al*., 2010). La falta de un adecuado método de propagación limita la selección clonal de este patrón.

En este trabajo se inician estudios preliminares de su propagación in vitro como herramienta de apoyo a su selección. *P. terebinthus* ha sido propagado in vitro tanto a partir de material juvenil (Chelli y Drira, 2002) como adulto (Gannoun *et al*., 1995), aunque será necesario ajustar el protocolo a las condiciones de cultivo y al material de interés, ya que es una especie que plantea problemas de falta de adaptación al cultivo in vitro (Tabiyeh *et al*., 2006) con una frecuente presencia de exudados en el medio que provocan su oscurecimiento y modificación. La micropropagación permite vencer la falta de aptitud al enraizamiento y la multiplicación masiva de plantas, por lo que es la técnica de elección para este patrón.

Según Guerrero *et al*. (2004) el éxito del injerto depende de numerosos factores como, entre otros, la temperatura, que determina el crecimiento de los tejidos de cicatrización, la humedad ambiental, que puede provocar estrés hídrico en la variedad injertada, la necesidad de oxigenación de los tejidos en cicatrización, la hiperactividad o hipoactividad del patrón que determina el flujo de savia y que no debe ser excesivo o reducido. Todos estos factores pueden ser la causa de la variabilidad en los resultados del injerto en el tiempo, ya que los factores ambientales se escapan a nuestro control. Además, debemos considerar que al injertar yemas de una variedad sobre un patrón poco vigoroso, como el cornicabra, hay que esperar hasta que el diámetro del patrón permita la operación del injerto, lo que ocasiona que éste se realice a veces en campo, generando plantaciones irregulares. En este trabajo planteamos, además, el cultivo in vitro de *P.vera* para poder avanzar igualmente en el estudio del prendimiento del injerto. *P. vera* ha sido propagado in vitro tanto a partir de material juvenil (Benmahioul *et al*., 2009) como adulto (Onay, 2000; Tilkat *et al*., 2009). Los protocolos deberán ajustarse igualmente a nuestras variedades y condiciones de cultivo.

El pistachero es un cultivo que presenta problemas de propagación de las variedades de interés por injerto, ya que los resultados son irregulares debido a los problemas de prendimiento del injerto. A diferencia de otros frutales, en los que los problemas de injerto se centran en la incompatibilidad y en la búsqueda y selección de patrones compatibles, en pistacho los problemas parecen ser debidos a la capacidad de respuesta de la variedad y el patrón frente a un determinado estado fisiológico, lo que hace que su estudio exija un mayor conocimiento de los procesos que tienen lugar durante las diferentes fases, pero sobretodo en las iniciales. En este trabajo proponemos una aproximación diferente al estudio del injerto en pistacho mediante técnicas de cultivo in vitro, que proporcionan un modelo experimental adecuado y flexible, más fácil de controlar y de estudiar. Los injertos de ápices de brotes de pistacho (*P. vera*) realizados sobre brotes descabezados de cornicabra, ambos micro-

propagados in vitro, permiten el seguimiento de los sucesos que tienen lugar a nivel celular e histológico, así como a nivel macroscópico y su evolución en invernadero. La obtención de una técnica de injerto in vitro eficaz y contrastada se ve facilitada en este trabajo por la disponibilidad de homoinjertos del patrón consigo mismo que, ejerciendo de control experimental, permitirán detectar los aspectos técnicos que deben ser mejorados y así detectar precozmente los síntomas de falta de afinidad del injerto y sus posibles causas.

Materiales y Métodos

Se han utilizado para este trabajo cultivos in vitro de cornicabra (*Pistacia terebinthus* L.) originados a partir de semillas recolectadas en plantas silvestres de porte arbustivo en la localidad de Riglos (Huesca), y de nudos con una yema axilar procedentes de un árbol adulto crecido en el Campus de Aula Dei (Zaragoza). El establecimiento in vitro se llevó a cabo en los años 2009 y 2008 respectivamente.

Establecimiento in vitro

Los explantos nodales de *P. vera* se recolectaron en primavera, se lavaron con agua corriente y se esterilizaron con $HgCl_2$ al 0,05% durante 15 minutos, aclarándose en agua estéril tres veces. Se cultivaron un total de 33 explantos nodales en medio DKW (Driver y Kuniyuki, 1984) modificado con antioxidante (0.01g l^{-1} de ácido ascórbico) y se dejaron crecer dos meses hasta ser trasplantados a medio de multiplicación.

Por otra parte, se sembraron in vitro 24 semillas de cornicabra (*P. terebinthus)* que se esterilizaron con lejía al 10% durante 30 min y se aclararon con agua destilada estéril 3 veces. En condiciones asépticas se eliminaron los tegumentos y se pusieron a germinar en medio de cultivo en oscuridad a 5°C durante 6 semanas. Se emplearon tres medios diferentes de germinación: WP (Lloyd y McCown, 1980), MS (Murashige y Skoog, 1962) y C2D (Cheé y Pool, 1987). Transcurridas 6 semanas las semillas se pasaron a la cámara de cultivo con iluminación (fotoperiodo de 16 h con luz blanca proporcionada por fluorescentes "cool-white" y una intensidad de 35 µmol m^{-2} s^{-1}) y una temperatura de 24°C, tomándose el dato de germinación semanalmente.

Multiplicación in vitro

Una vez brotadas la yemas de *P.vera*, los brotes obtenidos se subcultivaron en distintos medios para su propagación. Se ensayaron tres medios diferentes para la multiplicación basados en el medio DKW, MS y WP, añadiendo 0.5 µM IBA, 5 µM BA, 30 g l^{-1} de sacarosa, y 7 g l^{-1} de agar (Bacto-agar, Difco, Fisher Scientific). Los cultivos se mantuvieron en una cámara de cultivo en las mismas condiciones descritas anteriormente y se subcultivaron cada tres semanas. Se compararon los diferentes medios de cultivo atendiendo a: necrosis apical (%), tamaño medio del brote (mm), número de entrenudos por brote y tasa de multiplicación (número de brotes a partir de un brote), a las 3 semanas del subcultivo. Se analizaron 56 brotes por tratamiento y se realizaron dos repeticiones.

Los ápices de las plántulas obtenidas a partir de los embriones germinados de *P. terebinthus* fueron subcultivados eliminando previamente los cotiledones y las raíces y se sometieron a los mismos tratamientos que *P. vera* para su multiplicación.

Enraizamiento in vitro

Brotes de *P. terebinthus* se subcultivaron en medio de enraizamiento para inducir el crecimiento de raíces. Se ensayaron dos medios de enraizamiento basados en los medios MS y WP descritos anteriormente y modificados, reduciendo las sales minerales a la mitad, sin BAP y aumentando la concentración de IBA a 5 µM. Los cultivos se mantuvieron en cámara de cultivo en las mismas condiciones descritas anteriormente y, pasadas 4-8 semanas en medio de enraizamiento, se analizó el número de brotes enraizados de un total de 78 brotes en medio WP y 24 brotes en MS.

Injerto in vitro

Se seleccionaron brotes cultivados in vitro de *P. terebinthus* de unos 4 cm de longitud y se realizó el injerto con ápices de *P.vera* de 1-2 cm cultivados in vitro. El injerto se realizó decapitando el ápice del portainjerto (enraizado o no) y realizando una hendidura en el tallo donde se encajó el brote de la variedad, cuya base había sido recortada en forma de V (Onay *et al.* 2004; Thimmappaiah *et al.* 2002). Para ayudar a mantener el injerto se le aplicó una gota de agarosa liquida al 4% que se dejó solidificar (Jonard *et al*. 1983). Los injertos se realizaron en condiciones asépticas con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Los brotes injertados se cultivaron en la cámara de cultivo durante un tiempo variable entre 1 y 2 meses, cuando algunas plantas injertadas se trasladaron al invernadero. Asimismo se han realizado homoinjertos de *P. terebinthus* sobre *P. terebinthus* para comprobar la idoneidad de la técnica en condiciones de compatibilidad total (control).

Se realizaron 50 injertos in vitro, de los que 34 correspondieron a *P. vera*/*P. terebinthus* y 16 a *P. terebinthus*/*P. terebinthus*.

El estudio histológico del injerto se realizó entre 4 y 8 semanas después del injerto. Los brotes injertados se observaron con el microscopio estereoscópico y posteriormente se cortaron longitudinalmente a mano alzada para su observación con un microscopio de fluorescencia (Olympus AX60) equipado con cámara fotográfica Olympus C7070WZ. La proliferación y diferenciación celular en la zona del injerto, así como la comunicación vascular entre patrón y variedad fue observada tras la tinción de los cortes con naranja de acridina 0.01% en agua (Pearse, 1968).

Análisis de los datos

Los datos fueron analizados, según su distribución, con diferentes pruebas estadísticas: ANOVA (longitud de los brotes), test de Kruskal-Wallis (número de entrenudos por brote y número de brotes por brote o tasa de multiplicación) y el test de proporciones "prop.test" (necrosis apical). Se utilizó el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2008).

Resultados y Discusión

Micropropagación de *P. terebinthus*

Germinación in vitro de embriones de *P. terebinthus*

La germinación tuvo lugar alrededor de 40 días después de su siembra in vitro. Se obtuvo una germinación muy alta en los diferentes medios, llegando al 100% en el medio MS y un 75% de promedio en el conjunto de los medios (Tabla 1). El crecimiento de las plántulas fue vigoroso en la mayoría de los casos hasta el trasplante del ápice caulinar a los medios de multiplicación. La aparición de exudados fue muy baja y el medio no se oscureció.

Tabla 1. Germinación in vitro de *Pistacia terebinthus*
Table 1. In vitro germination of Pistacia terebinthus

Medio	n	Germinación (%)
PWP	12	58.33
MS	6	100.00
C2D	6	83.33

Multiplicación y enraizamiento de brotes de *P. terebinthus*

Los ápices trasplantados se multiplicaron en los tres medios ensayados con tasas cercanas a 2 brotes por brote cada 3 semanas (Tabla 2, Figura 1A), sin embargo, el medio DKW ha mostrado brotes de mayor calidad: más largos, con mayor número de entrenudos y con menor necrosis apical que el MS o el WP. Se han encontrado diferencias significativas en el número de entrenudos, la longitud del brote o en el porcentaje de necrosis apical. Los trabajos en curso deberán confirmar estos resultados, pero el hecho de que el medio de cultivo basado en las sales DKW se comporte también mejor en *P. vera* refuerza la bondad de estos resultados. Trabajos previos han utilizado medios similares. Chelli y Drira, (2002) ensayaron los medios MS y OM (Rugini, 1984) con distintas concentraciones de macronutrientes, observando que el medio MS favorece la formación de callo basal mientras que el medio OM estimula el vigor de los brotes. Nuestro trabajo señala la adecuación del medio DKW para la multiplicación.

Los brotes micropropagados fueron enraizados con éxito en el medio WP modificado donde enraizaron un 82% de los brotes (Figura 1C), mientras que solamente un 42% enraizaron en el medio MS. Sin embargo, el enraizamiento no fue sincrónico, apareciendo las raíces escalonadamente a lo largo de 4-8 semanas. Las plantas fueron trasplantadas con éxito en el invernadero.

Micropropagación de *P. vera*

Inicio de los cultivos a partir de explantos nodales

Los cultivos fueron iniciados a partir de explantos nodales con una supervivencia del 40% de los explantos a las 12 semanas de cultivo (Figura 1B). El oscurecimiento del medio por los exudados fue controlado eficazmente con la adición de ácido ascórbico al medio durante los primeros subcultivos. Este oscurecimiento cesó tras varios subcultivos incluso en el medio sin antioxidante. De las líneas de cultivo iniciadas con los explantos supervivientes se eligió una para los estudios posteriores, de manera que el material fuera homogéneo.

Multiplicación de brotes

Se realizó una comparación de medios de cultivo de forma similar a la realizada con *P. terebinthus* y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Los brotes desarrollaron entre 2.1 y 3.3 nuevos brotes de promedio cada 3 semanas, según el medio de cultivo. Las diferencias fueron estadísticamente significativas, siendo mayor la multiplicación en el medio WP, sin embargo, este medio mostró el mayor porcentaje de necrosis apical, por lo que el medio más adecuado para la multiplicación de *P. vera* fue el DKW que mostró significativamente brotes con mayor calidad: más largos, con más entrenudos y con menor necrosis apical (Figura 1D).

Tabla 2. Comparación de medios de cultivo en la multiplicación in vitro de *Pistacia vera* y *de P. terebinthus*. Valores promedio (± error estándar) de la longitud de los brotes, el número de entrenudos, la tasa de multiplicación (número de brotes por brote) y el porcentaje de necrosis apical (*, ***, n.s.: P < 0.05, P < 0.001, no significativo, respectivamente; n: número de brotes)
Table 2. Comparison of different culture media in the multiplication stage of Pistacia vera and P. terebinthus. *Mean values (± s.e.m.) of shoot length, number of internodes, multiplication rate (number of shoots per shoot) and the percentage of apical necrosis (*, ***, n.s.: P < 0.05, P < 0.001, not significant, respectively; n: shoot number)*

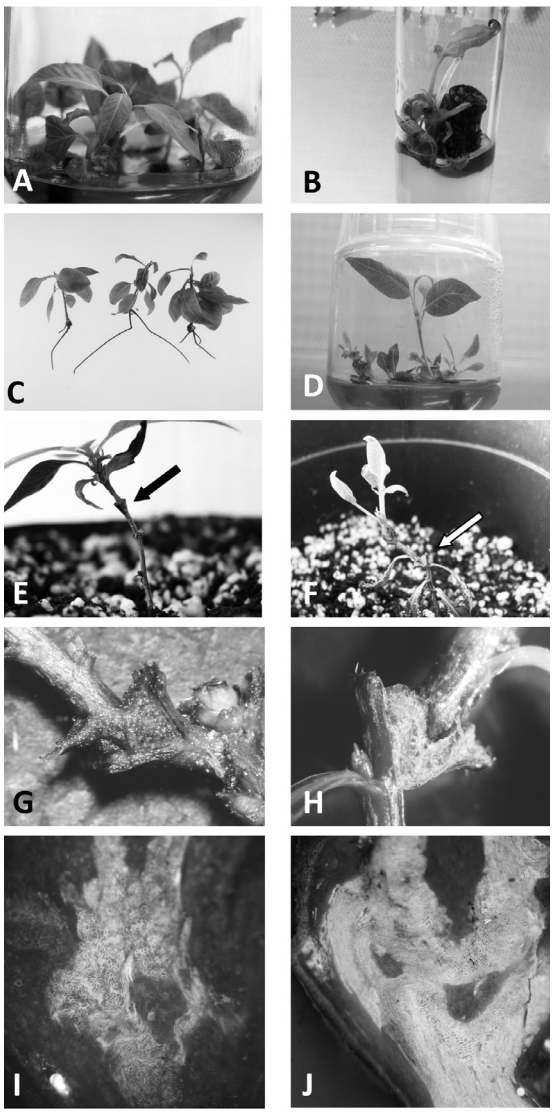
	n	Longitud (mm)	Número de entrenudos	Tasa de multiplicación	Necrosis apical (%)
P. vera					
DKW	111	23.68 ± 1.00a	6.3 ± 0.20a	2.5 ± 0.11b	25.22c
MS	112	17.46 ± 0.61c	4.9 ± 0.15b	2.1 ± 0.09c	47.32b
WP	112	20.64 ± 0.75b	5.1 ± 0.16b	3.5 ± 0.17a	61.61a
	significación	***	***	***	***
P. terebinthus					
DKW	30	30.9 ± 3.25a	6.1 ± 0.36a	1.8 ± 0.13	10.0b
MS	30	19.8 ± 1.45b	4.9 ± 0.28b	1.8 ± 0.19	36.7a
WP	30	20.5 ± 1.48b	4.1 ± 0.28b	1.9 ± 0.15	26.7ab
	significación	***	***	n.s.	*

Otros autores utilizaron el medio MS con algunas modificaciones, tanto en los reguladores de crecimiento como en las vitaminas (Onay, 2000; Tilkat *et al*. 2009) con resultados similares.

Injerto in vitro de P vera *sobre* P. terebinthus *y homoinjertos de* P. terebinthus

Los injertos realizados en condiciones asépticas mostraron una supervivencia muy alta siendo del 73% en el homoinjerto y del 44% en el *P. vera*/ *P. terebinto* a las 3-5 semanas de cultivo. Algunas de las plantas trasplantadas en invernadero continuaron su crecimiento (Figura 1E, F).

En los injertos de *P. vera* / *P. terebinthus* la apariencia externa de los injertos mostró una notable variabilidad: de los 23 injertos observados, el 4% mostró un aspecto bueno (Figura 1 H), el 8% no prendió y estaba suelto, el 26% mostró un engrosamiento en la zona del injerto debido a una excesiva proliferación de callo y el 61% tenía un color oscuro en la zona del injerto. Sin embargo, el examen histológico de la zona de unión permitió ver que el aspecto externo no se correspondía siempre con la evolución interna, ya que el porcentaje de injertos que mostraron una zona de contacto entre variedad y patrón era del 75% y hasta el 93% mostró diferenciación de células del xilema en la zona de contacto (Tabla 3, Figura 1, J). A pesar de que la mayoría mostró una evolución positiva y que la proliferación de células de callo fue del 87%, un porcentaje similar (81%) mostró alguna zona con células necróticas que creaban una discontinuidad. Dado que estos datos fueron tomados entre la tercera y la quinta semana tras realizar el injerto y que el estudio era destructivo, es probable que muchos injertos hubieran evolucionado hacia mayo-



res conexiones vasculares y a un buen prendimiento. Se están realizando nuevos estudios para conocer la evolución de los injertos en etapas más tardías.

Los homoinjertos del patrón *P. terebinthus* han mostrado en general una buena evolución. La apariencia externa ha sido buena, sin apenas coloración oscura (Figura 1 G). La zona de injerto mostró en el estudio histológico, a las 11 semanas, proliferación celular y diferenciación de células del xilema en la totalidad de los injertos estudiados (Figura 1 I). Sin embargo, un 80% de los injertos mostró una zona de contacto reducida frente al 20% en los que la zona era extensa y el 60% mostró alguna zona con necrosis celular. Estos aspectos negativos en los homoinjertos indican que algunos aspectos de la técnica de injerto deben modificarse de manera que se asegure un contacto íntimo entre variedad y patrón evitando la separación física entre ambos que impediría que tras la proliferación celular y la diferenciación de células del xilema se establezcan conexiones que aseguren el aporte de agua y nutrientes a la variedad y permitan el prendimiento del injerto. Disponer de un injerto control nos ha permitido distinguir problemas técnicos de posibles problemas de afinidad entre variedad y patrón. Para mejorar la fijación del injerto que garantice un firme contacto entre los tejidos de la variedad y del patrón hemos añadido agarosa

Figura 1. Micropropagación e injerto de pistacho. *Pistacia terebinthus*: A) Brotes micropropagados; C) Brotes enraizados; E) Injerto terebinto/terebinto en maceta. La flecha indica la posición del injerto; G) Aspecto externo del injerto; I) Imagen del corte longitudinal del injerto con microscopía de fluorescencia. *Pistacia vera*: B) Instalación del cultivo; D) Brotes micropropagados; F) Injerto vera/terebinto en maceta. La flecha indica la posición del injerto; H) Aspecto externo del injerto; J) Imagen del corte longitudinal del injerto con microscopía de fluorescencia mostrando conexiones vasculares.

Figure 1. Micropropagation and in vitro culture of pistachio. Pistacia terebinthus*: A) Micropropagated shoots; C) Rooted shoots; E) Self-grafted P. terebinthus growing in the greenhouse. Arrow indicates graft position; G) Graft external appearance ; I) Graft longitudinal section under fluorescence microscopy.* Pistacia vera*: B) Culture initiation; D) Micropropagated shoots; F) P. vera/ P. terebinthus plant growing in the greenhouse. Arrow indicates graft position; H) Graft external appearance; J) Graft longitudinal section under fluorescence microscopy showing vascular connection.*

Tabla 3. Porcentajes de injertos in vitro de pistacho: *P.vera* / *P.terebinthus* y *P.terebinthus* / *P. terebinthus* con proliferación celular, diferenciación de células de xilema y zona de contacto y necrosis
Table 3. *In vitro-grafts percentages of* P. vera / P.terebinthus *and* P. terebinthus / P. terebinthus *showing cellular proliferation, xylem cell differentiation, contact area between partners and necrotic cells*

	n	Proliferación celular	Diferenciación células xilema	Zona de contacto variedad/patrón	Necrosis
P. vera / *P. terebinthus*	16	87%	93%	75%	81%
P. terebinthus / *P. terebinthus*	5	100%	100%	20% extensa 80% reducida	60%

a la zona de contacto, pero dados los síntomas de falta de afinidad en los homoinjertos, habrá que estudiar el efecto de sistemas mecánicos de fijación en próximos trabajos. Jonard *et al*. (1983) añadieron agar, pero con el fin de mejorar la nutrición de la yema y Gebhardt *et al.* (1988) utilizaron trozos de tubo de silicona estéril para asegurar la fijación entre patrón y variedad. En este trabajo, hemos observado buenas conexiones en injertos que han crecido en condiciones de invernadero, tanto de *P. vera* / *P. terebinthus* (Figura 1J) como en los homoinjertos (Figura 1I), pero sólo a unos pocos injertos se les ha permitido crecer por periodos prolongados de tiempo debido a los estudios realizados.

La técnica empleada aquí ha mostrado unos resultados muy positivos, ya que nos ha permitido observar diferentes etapas de proliferación y diferenciación celular en la zona del injerto que podrán ser relacionadas con la evolución posterior, de manera que se pueda hacer una determinación precoz del prendimiento. Por otra parte, la aparición de síntomas de mal prendimiento, como una zona de contacto reducida o la presencia de necrosis celular puede ayudarnos a comprender las causas de la irregularidad del prendimiento y su variabilidad, de manera que puedan determinarse las condiciones que favorezcan el éxito.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por el proyecto RTA2010-00053-C03-03 y por la ayuda recibida del Gobierno de Aragón como Grupo de Excelencia A-43. Agradecemos a A. Barceló su aportación a este trabajo.

Bibliografía

Benmahioul B, Kaid-Harche M, Dorion N, Daguin F. 2009. In vitro embryo germination and proliferation of pistachio (*Pistacia vera* L.). *Scientia Horticulturae* 122: 479-483.

Chee R, Pool, R. 1988. Sucrose and NAA influence growth of subcultured shoots and invitro production of roots in *Vitis*. HortScience, 23: 776.

Chelli A, Drira N. 2002. Culture media and hormone effects on the micropropagation of two Pistacho species. Acta Horticulturae 591: 395-398.

Driver JA, Kuniyuki AH. 1984. In vitro propagation of Paradox walnut rootstock. HortScience 19: 507-509.

Gannoun S, Lionakis N, Gerasopolulos D, Kaska N, Kuden S, Ferguson L, MichailidesT. Aspects of in vitro culture of *Pistacia terebinthus* and *P. vera*. Acta Horticulturae, 419: 201-206.

Gebhardt K, Goldbach H. 1988. Establishment, graft union characteristics and growth od *Prunus* micrografts. Physiol. Plantarum. 72: 153-159.

Gijón MC, Gimenez C, Perez-Lopez D, Guerrero J, Couceiro JF, Moriana A. 2010. Rootstock influences the response of pistachio (*Pistacia vera* L. cv. Kerman) to water stress and rehydration. Scientia Horticulturae 125: 666-671.

Guerrero J, Moriana A, Couceiro JF. 2004. La operación de injerto en pistachero (*Pistacia vera* L.). Condicionantes en Castilla La Mancha. Fruticultura Profesional 140: 41-53.

Guerrero J, Couceiro JF, Moriana A. 2002. Selection of Terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) trees as seed producers for pistachio (Pistacia vera L) rootstocks in the Castilla La Mancha (Spain). FAO-Nucis-Newsletter 11: 25-29.

Jonard R, Hugard J, Macheix JJ, Martinez J, Mosella-Chancel L, Poessel JL, Villemur, P. 1983. In vitro micrografting and its applications to fruit science. Scientia Horticulturae, 20: 147-159

Lloyd G, McCown B. 1980. Use of microculture for production and improvement of Rhododendron spp. HortScience 15: 416.

Murashige T, Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15: 473-497.

Onay A. 2000. Micropropagation of Pistachio from mature trees. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 60: 159-163.

Onay A, Pirinc V, Yildirim H, Basaran D. 2004. In vitro micrografting of mature pistachio (*Pistacia vera* var. Siirt).

Pearse AEG. 1968. Histochemistry: theoretical and applied. 3rd edition Vol. I Churchill Livingstone: London.

R Developmen Core Team. 2008. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 1 June 2009. http://www.R-project.org

Tabiyeh DT, Bernard F, Shacker H. 2006. Investigation of Glutathione, Salicylic acid and GA3 Effects on Browning in *Pistacia vera* Shoot Tips Culture. Acta Hort. 726: 201-203.

Tilkat, E, Onay, A, Yildirim, H, Ayaz, E. 2009. Direct plant regeneration from mature leaf explants of pistachio, *Pistacia Vera* L. Scientia Horticulturae. 121: 361-365.

Thimmappaiah, Puthra GT, Raichal S. 2002. In vitro grafting of cashew (*Anacardium occidentale* L.). Scientia Horticulturae, 92: 177-182.

(Aceptado para publicación el 20 de noviembre de 2010)

Nota técnica

Saneamiento in vitro de "Douce de Djerba", una variedad de manzano micropropagada

J.A. Marín*, M. Boudabous**, P. Lorente*, E. García*, P. Andreu* y A. Arbeloa*

* Estación Experimental de Aula Dei-CSIC, Av. Montañana 1005, 50059 Zaragoza, España. E-mail: jmarin@eead.csic.es

** Institut des Régions Arides (IRA), Medenine, Route El Jorf 4119, Tunisie.

Resumen

Se describe la aplicación de un método sencillo y eficaz para controlar una contaminación endógena bacteriana en cultivos in vitro de brotes de manzano, que mostraron crecimiento de bacterias de origen endógeno, mediante el subcultivo sucesivo de los ápices en medio de cultivo con cefotaxima. Las bacterias endógenas son frecuentes en cultivos in vitro iniciados a partir de explantos tomados de árboles adultos crecidos en campo y afectan tanto al crecimiento de brotes como a la organogénesis de brotes y raíces adventicias. Utilizamos brotes de manzano del cv. "Douce de Djerba" cultivados in vitro que mostraban crecimiento bacteriano en la base de los brotes. Mientras que tratamientos de 1 h con soluciones de hipoclorito de sodio al 0.1% o al 1.0% dañaron los brotes y fueron ineficaces, la adición de cefotaxima estéril al medio autoclavado (MS modificado) a 150 mg l^{-1} inhibió el crecimiento bacteriano y mejoró tanto el crecimiento de los brotes como la expansión de las hojas. Tras el tercer subcultivo en medio con cefotaxima, no se detectó ningún crecimiento bacteriano en el medio, tanto en el medio de cultivo como en placas PYGA. La longitud de los brotes tratados con cefotaxima fue el doble que la de los brotes sin tratar (32.7 ± 2.71 mm vs. 15.95 ± 1.48 mm respectivamente). El método descrito aquí permitirá el control de bacterias endógenas sensibles a la cefotaxima in vitro, eliminando una fuente de variabilidad incontrolada que puede afectar diferentes estudios.

Palabras clave: cefotaxima, *Malus x domestica*, PYGA, bacterias endógenas.

Abstract
Elimination of bacteria from in vitro shoot cultures of "Douce de Djerba", a micropropagated apple cultivar

We describe here the application of a simple and efficient method to control an endogenous bacterial contamination of in vitro shoot cultures of apple through successive subcultures of shoot apices on media with cefotaxime. Endogenous bacteria are frequent in cultures derived from explants taken from adult trees grown in the field and affect both shoot growth and organogenesis as in the adventitious regeneration of shoots and roots. We used apple shoots cv. "Douce de Djerba" cultured in vitro that showed bacterial growth at the base of the shoots. While 1 h treatments with 0.1% or 1.0% sodium hypochlorite were harmful and ineffective, the addition of sterile cefotaxime to autoclaved culture medium (a modified MS medium) at 150 mg l^{-1} improved both shoot length and leaf expansion inhibiting bacterial growth. After the third subculture on medium with cefotaxime no visible bacterial growth was detected and shoots grown on MS without cefotaxime did not show any bacterial growth both in the culture medium and in PYGA plates. Length of cefotaxime-treated shoots was twofold that of untreated shoots (32.7 ± 2.71 mm vs. 15.95 ± 1.48 mm respectively). The method described here would allow the control of endogenous bacteria that are sensitive to cefotaxime in in vitro cultures, removing a source of uncontrolled variability that could affect different studies.

Key words: cefotaxime, *Malus x domestica*, PYGA, endogenous bacteria.

La aparición de contaminaciones endógenas es frecuente en cultivos in vitro iniciados a partir de explantos tomados de árboles adultos crecidos en campo y propagados vegetativamente. A veces, el crecimiento bacteriano se inhibe en cultivo durante largo tiempo (incluso años), pero una situación de estrés puede provocar su aparición en el medio de cultivo junto a la base de los brotes. El crecimiento bacteriano puede ser inhibido durante el cultivo de brotes por la posible acción de la citoquinina en el medio de multiplicación, desarrollándose posteriormente durante el cultivo de brotes en un medio de enraizamiento, con altas concentraciones de auxina y sin citoquinina, aunque, a veces, aparece de forma irreversible sin conocerse la causa desencadenante, incluso en medio de multiplicación. Los efectos negativos de las contaminaciones endógenas causan disminución del crecimiento y reducción de la capacidad organogénica en la formación de nuevas raíces y brotes adventicios, pero también pueden tener un efecto beneficioso al impedir la hiperhidricidad (vitrificación) de los brotes. Dado que los efectos de las bacterias endógenas están fuera de control es imprescindible contar con métodos que favorezcan su eliminación, o al menos su control, y ese es el objetivo de este trabajo.

Se utilizaron brotes de manzano del cultivar "Douce de Djerba", originario de la isla de Djerba (Túnez), cultivados in vitro según se ha descrito anteriormente (Boudabous et al, 2010) y que mostraban crecimiento de bacterias en la base de los brotes. Se realizaron dos tipos de tratamientos de desinfección: 1) mediante la inmersión de los brotes de manzano en soluciones de hipoclorito sódico (0.1% y 1.0% de cloro activo) durante 1 hora y su paso posterior al medio de cultivo (De Fossard, 2007) y 2) mediante el cultivo en medio con el antibiótico cefotaxima (Cefotaxime sodium, Duchefa, Haarlem, Holanda) a 150 mg l^{-1} (Licea-Moreno *et al.*, 2007), añadido estéril al medio de cultivo autoclavado. En todos los casos los brotes se cultivaron posteriormente en medio MS (Murashige y Skoog, 1962) modificado con tiamina (1.19 µM), BAP (5 µM), IBA (0.5 µM) y sacarosa (30 g l^{-1}), ajustando el pH a 5.5 con KOH (1N) y solidificando el medio con Difco Bacto Agar (7 g l^{-1}), según se ha descrito anteriormente (Andreu y Marín, 2005). Tras 3 semanas de cultivo, los brotes tratados con las soluciones de hipoclorito sódico mostraban daños variables e incluso muerte de brotes, por lo que no se continuaron los tratamientos. Sin embargo, los brotes cultivados con cefotaxima mostraron un mayor crecimiento y la ausencia de síntomas de toxicidad. El tratamiento se repitió ocho veces más cultivando los ápices (< 10 mm) en el mismo medio con cefotaxima cada 3 semanas. Tras el tercer subcultivo, no se encontraron signos visuales de crecimiento bacteriano en el medio de cultivo, y parte de los brotes fueron subcultivados en medio sin cefotaxima para controlar la posible desaparición del crecimiento bacteriano, repitiendo este procedimiento en los sucesivos subcultivos, de forma que se pudiera establecer el tiempo necesario de cultivo en presencia de antibiótico para la eliminación del crecimiento bacteriano. Al finalizar los 9 subcultivos en medio con cefotaxima, se realizaron siembras de las diferentes líneas de cultivo en placas con medio PYGA, un medio de detección de bacterias (Cornu y Michel, 1987) que contiene peptona, extracto de levadura, glucosa y Agar, colocando las bases de los brotes cultivados (1-2 mm) en el medio de detección y observando la evolución del cultivo tras 3 días a 27 °C utilizando como control cultivos sin tratar. Igualmente eficaz fue la siembra realizada mediante el contacto dela base de los brotes con la superficie del medio PYGA.

Los tratamientos con hipoclorito sódico dañaron gran parte de los tejidos, aunque de forma sorprendente, el tratamiento con menor concentración (0.1%) causó más necrosis y muerte de brotes, sin eliminar el crecimiento bacteriano, que el más concentrado (1.0%) en el que algunos brotes mostraban un aspecto aceptable y sin síntomas aparentes de crecimiento bacteriano, aunque éste apareció posteriormente. Serían necesarios más estudios para confirmar el efecto de las soluciones de hipoclorito sódico en el control de la contaminación bacteriana.

Tras los primeros subcultivos con cefotaxima, los brotes mostraron un mejor crecimiento y desarrollo que los controles, pero también la aparición de brotes con hiperhidricidad (vitrificación), debido posiblemente a una descompensación del metabolismo de la planta que incluía la interacción con las bacterias endógenas. Sin embargo, subcultivos posteriores permitieron reducir la incidencia de la hiperhidricidad hasta su desaparición.

La eliminación del crecimiento bacteriano por la cefotaxima se produjo tras 3 subcultivos, mientras que en nogal fueron necesarios entre 4 y 8 subcultivos, según el clon tratado (Licea-Moreno *et al.*, 2007), lo que puede deberse a un menor grado inicial de infección, o a estar infectadas con bacterias diferentes que muestren distinto grado de resistencia al antibiótico por lo que sería aconsejable la identificación de las bacterias que infectan los tejidos.

La supresión del crecimiento bacteriano parece ser permanente, ya que en ningún caso ha vuelto a aparecer crecimiento bacteriano, ni ha sido detectado con el medio PYGA (Figura 1), incluso tras 6 subcultivos en medio sin antibiótico o tras 10 semanas de cultivo en un mismo medio.

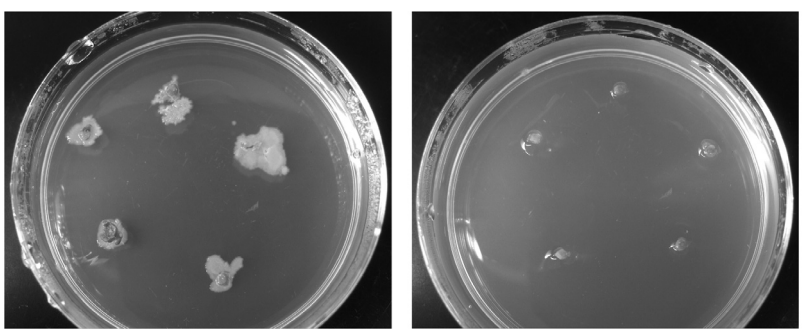


Figura 1. Crecimiento bacteriano desarrollado en la base de los brotes de manzano cv. "Douce de Djerba" cultivados en medio PYGA (izquierda) y ausencia de crecimiento bacteriano en las bases de brotes tras su cultivo en medio con cefotaxima (derecha).
Figure 1. Bacterial growth at the base of apple cv. "Douce de Djerba" shoots cultured on PYGA medium (left) and lack of bacterial growth at the shoot bases after their culture on medium with cefotaxime (right).

El medio de detección PYGA (Cornu y Michel, 1987) ha resultado adecuado para detectar la contaminación, ya que ha mostrado crecimiento bacteriano incluso en las huellas dejadas por los brotes al tocar la superficie del medio.

El tratamiento de los brotes con cefotaxima tuvo, además, un efecto inmediato en el aumento de su crecimiento y desarrollo. Los brotes saneados (sin crecimiento de bacterias en el medio de cultivo ni en el medio PYGA) crecieron en longitud el doble que

los brotes control (32.7 ± 2.71 mm vs. 15.95 ± 1.48 mm respectivamente) a la vez que mostraron un aspecto más sano y con hojas expandidas (Figura 2).

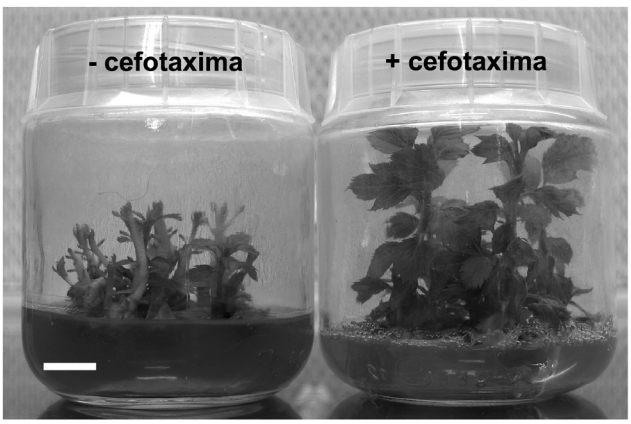


Figura 2. Cultivos control, sin cefotaxima, de manzano cv. "Douce de Djerba" in vitro (izquierda) y tras su crecimiento en medio con cefotaxima (150 mg l^{-1}) (derecha), a las tres semanas del subcultivo. Barra: 10 mm.
Figure 2. Apple cv. "Douce de Djerba" control cultures in vitro (left) and after growth on media with cefotaxime (150 mg l^{-1}) (right), 3 weeks after transfer. Bar: 10 mm.

La cefotaxima es un antibiótico que inhibe la síntesis de la pared celular de las bacterias, sobretodo de las gram-negativo y que no es tóxica para células vegetales, por lo que se usa habitualmente para controlar el crecimiento de *Agrobacterium* tras el co-cultivo con tejidos para la transformación genética de plantas. Aquí no ha mostrado signos de toxicidad a la dosis empleada que, sin embargo, ha sido eficaz para controlar y suprimir el crecimiento bacteriano. Su uso puede ser ampliado a diferentes cultivos y en nuestro laboratorio se está probando con éxito en diferentes especies de *Prunus*.

El método presentado aquí permitirá el control de las contaminaciones endógenas sensibles a la cefotaxima en cultivos in vitro, eliminando una variable fuera de control que afectaba de manera impredecible a los diferentes estudios en curso.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por la ayuda recibida del Gobierno de Aragón como Grupo de Excelencia A-43. M.B. disfrutó de una ayuda del Gobierno de Túnez.

Bibliografía

Andreu P, Marín JA, 2005. In vitro culture establishment and multiplication of the *Prunus* rootstock "Adesoto 101" (*P. insititia* L.) as affected by the type of propagation of the donor plant and by the culture medium composition. Sci. Hortic. 106: 258-267.

Boudabous M, Mars M, Marzougui N, Ferchichi A, 2010. Micropropagation of apple (*Malus domestica* L. cultivar Douce de Djerba) through in vitro culture of axillary buds. Acta Botanica Gallica 157: 513-524.

Cornu D, Michel MF, 1987. Bacteria contaminants in shoot cultures of *Prunus avium* L. Choice and phytotoxicity of antibiotics. Acta Hort. 212: 83-86.

De Fossard RA, 2007. Plant Tissue Culture Propagation. CD-ROM edition. Magpie Digital.

Licea-Moreno RJ, Pérez C, González A, Cabrera E, 2007. Saneamiento de un banco de germoplasma de nogal híbrido. VII Reunión Sociedad Española de Cultivo In Vitro de Tejidos Vegetales, Alcalá de Henares 25-27 de Junio de 2007. Libro de resúmenes pp. 84-85.

Murashige T, Skoog F, 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.

(Aceptado para publicación el 18 de noviembre de 2010)

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2009
DE LA
ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) acordó en Asamblea General celebrada en mayo de 1983, instaurar un premio anual de Prensa Agraria, con el objetivo de hacer destacar aquel artículo de los publicados en ITEA que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo, y que refleje a juicio del jurado, el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario. Se concederá un premio, pudiendo quedar desierto.

Los premios se regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder al premio serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2009. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
   a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
   b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
   c) Director Gerente del CITA (Diputación General de Aragón).
   d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
   e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
   f) Director del Instituto Pirenaico de Ecología.
4. El premio será anual y tendrá una dotación económica.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.

CIHEAM

CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2009-10-11

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	* OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	25 Sep. 09/26 Mayo 10	Córdoba	UCO/JA/CSIC/COI/ INIA/IAMZ
	SALINIDAD DE SUELOS EN LOS SISTEMAS AGRARIOS: IMPACTO Y GESTIÓN	26-31 Oct. 09	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto Qualiwater
	ALIMENTOS FUNCIONALES: BASES CIENTÍFICAS Y OPORTUNIDADES PARA EL SECTOR AGROALIMENTARIO	15-19 Feb. 10	Zaragoza	IAMZ/Proyecto Consolider Fun-C-Food
	APLICACIONES DE LA BIOINFORMÁTICA EN MEJORA VEGETAL	12-16 Abr. 10	Zaragoza	IAMZ
	* MEJORA GENÉTICA VEGETAL	4 Oct. 10/10 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ/UdL
PRODUCCIÓN ANIMAL	* NUTRICIÓN ANIMAL	5 Oct. 09/11 Jun. 10	Zaragoza	IAMZ/UZ/FEDNA/ UPM
	* MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	5 Oct. 09/30 Jun. 10	Valencia/ Barcelona	UPV/UAB/IAMZ/ IVIA/INIA/IRTA/ AGROALIMED
	PRODUCCIÓN CAPRINA	8-19 Nov. 10	Murcia	IAMZ/CAA-CARM
	CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES	17-21 Ene. 11	Zaragoza	IAMZ/FAO
	APLICACIONES DE LA GENÓMICA EN MEJORA ANIMAL	21-25 Mar. 11	León	IAMZ/Univ. León
	PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN CLIMAS CÁLIDOS	9-13 Mayo 11	Zaragoza	IAMZ

(*) **Cursos de Especialización de Postgrado** del correspondiente Programa Master of Science (*marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 10-11; 12-13; 14-15
- OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 09-10; 11-12; 13-14
- NUTRICIÓN ANIMAL: 09-10; 11-12; 13-14
- MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN: 09-10; 11-12; 13-14
- PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 10-11; 12-13; 14-15
- MARKETING AGROALIMENTARIO: 09-10; 11-12; 13-14
- ACUICULTURA: 10-11; 12-13; 14-15

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización de posgrado. No obstante se estructuran en unidades independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora genética vegetal, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente y Acuicultura finaliza el 4 de Mayo 2010. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnia finaliza el 15 de Abril 2011. El plazo de inscripción para los cursos de Nutrición animal, Mejora genética animal y biotecnología de la reproducción y Marketing agroalimentario finaliza el 3 de Mayo 2011.
El Estado Español reconoce el título Master of Science del CIHEAM otorgado a través del IAMZ como equivalente al título oficial de Máster del sistema universitario español.

Los cursos de corta duración están orientados preferentemente a investigadores y profesionales relacionados en el desarrollo de sus funciones con la temática de los distintos cursos. El plazo de inscripción para los cursos de corta duración finaliza 90 días antes de la fecha de inicio del curso.

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Líbano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.
No obstante, en algunos cursos coorganizados con otras instituciones pueden existir becas destinadas a candidatos de algunos países no miembros del CIHEAM. Se recomienda consultar el correspondiente apartado de becas en el folleto informativo que se edita específicamente para cada uno de los cursos programados.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA DESERTIFICACIÓN Y DE LA VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE USO DEL SUELO	28 Sep./3 Oct. 09	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto DeSurvey
	PREDICCIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN A MEDIO PLAZO	18-23 Ene. 10	Zaragoza	IAMZ/UE-Proyecto DeSurvey
	ACUÍFEROS COSTEROS PARA RIEGO Y ABASTECIMIENTO: USO SOSTENIBLE Y ACTUACIONES DE REMEDIACIÓN	22-27 Mar. 10	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN ADAPTATIVA DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES MEDITERRÁNEOS AL CAMBIO CLIMÁTICO	10-15 Mayo 10	Zaragoza	IAMZ
	* PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	4 Oct. 10/10 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ/UdL
	ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES	7-18 Feb. 11	Zaragoza	IAMZ
COMERCIALIZACIÓN	* MARKETING AGROALIMENTARIO	5 Oct. 09/11 Jun. 10	Zaragoza	IAMZ
	MARKETING DE PRODUCTOS ECOLÓGICOS	18-22 Oct. 10	Zaragoza	IAMZ
	INCORPORACIÓN DE LA CALIDAD Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LOS PLANES DE MARKETING	4-8 Abr. 11	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING PARA LOS PRODUCTORES AGRARIOS LOCALES	13-17 Jun. 11	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y AGRICULTURA	ESTABLECIMIENTO Y GESTIÓN DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS DE INTERÉS PESQUERO	8-13 Mar. 10	Zaragoza	IAMZ/MARM-SGM
	NUEVAS PERSPECTIVAS PARA LAS CADENAS DE COMERCIALIZACIÓN EN PESCA ARTESANAL Y ACUICULTURA A PEQUEÑA ESCALA	26-30 Abr. 10	Zaragoza	IAMZ/FAO/ MARM-FROM
	MEJORAS TECNOLÓGICAS EN ARTES DE PESCA PARA UNA GESTIÓN SOSTENIBLE	14-18 Jun. 10	Zaragoza	IAMZ
	* ACUICULTURA	18 Oct. 10/31 Mayo 11	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ ICCM/IAMZ
	GESTIÓN DE LA SEGURIDAD EN MOLUSCOS BIVALVOS	27 Sep./1 Oct. 10	Santiago de Compostela	IAMZ/Univ. Santiago de Compostela/FAO
	CULTIVO DE ALGAS MARINAS: TÉCNICAS, USOS Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO	22-26 Nov. 10	Zaragoza	IAMZ
	HERRAMIENTAS PARA EL SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA EN LOS SISTEMAS DE CONTROL DE LA PESCA	14-18 Mar. 11	Zaragoza	IAMZ
	MONITORIZACIÓN DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LA ACUICULTUR	23-27 Mayo 11	Murcia	IAMZ/CAA-CARM

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de solicitud de admisión pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Avenida de Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España)
Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org
www.iamz.ciheam.org

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL
PARA EL DESARROLLO AGRARIO

itea
Información Técnica Económica Agraria

CONCESIÓN DEL PREMIO PRENSA AGRARIA 2009 DE AIDA

Presidente
Ricardo Revilla Delgado

Vocales
José Luis Arrúe Ugarte
Dunixi Gaviña Iturriaga
José González Bonillo
Blas Valero Garcés

Secretario
Juan A. Marín Velázquez

Reunido el Jurado del Premio 2009 de Prensa Agraria de AIDA formado por D. Ricardo Revilla Delgado, Presidente de AIDA, D. Dunixi Gaviña Iturriaga, en representación del Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ), D. José Luis Arrúe Ugarte, Director de la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC) y D. Blas Valero Garcés, Director del Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC), y D. José González Bonillo, Director Gerente del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) que disculpa su asistencia, y actuando como secretario D. Juan A. Marín Velázquez, Director de ITEA, tal como establecen las bases de la convocatoria aprobadas en la Asamblea General de la Asociación celebrada en mayo de 1983, acordó premiar entre los artículos publicados en ITEA durante el año 2009 al siguiente:

Premio "Prensa Agraria": "Evaluación de la eficacia del programa de monitorización de las poblaciones de vectores de lengua azul, Culicoides imicola Kieffer, 1913 y complejo Culicoides obsoletus Meigen, 1818 (Diptera: Ceratopogonidae), en España" siendo sus autores C. Calvete, R. Estrada, M.A. Miranda, R. Del Rio, D. Borras, L. Garrido, B. Muñoz, L.J. Romero y J. Lucientes.

Zaragoza 14 de Mayo de 2010

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción así como la carta para la domiciliación del pago de la cuota de asociado y envíelas a AIDA Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza.

El abajo firmante solicita su inscripción como miembro de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Apellidos..... Nombre.....

Dirección postal .....

Teléfono .....

Profesión..... Empresa de trabajo.....

Área en que desarrolla su actividad profesional .....

CUOTA ANUAL: Firma.

❏ ITEA 40 €

FORMA DE PAGO:

❏ Cargo a cuenta corriente o libreta
❏ Cheque bancario

❏ Cargo a tarjeta
❏ VISA
❏ MASTERCARD

Tarjeta número:
□□ □□□□□□□□□□□□□□

Fecha de caducidad: /

SR. DIRECTOR DE.....

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la cuenta cte./libreta n.º..... que matengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la "Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario".

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS: .....

SUCURSAL: .....

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: ..... N.º .....

CÓDIGO POSTAL: .....

POBLACIÓN: .....