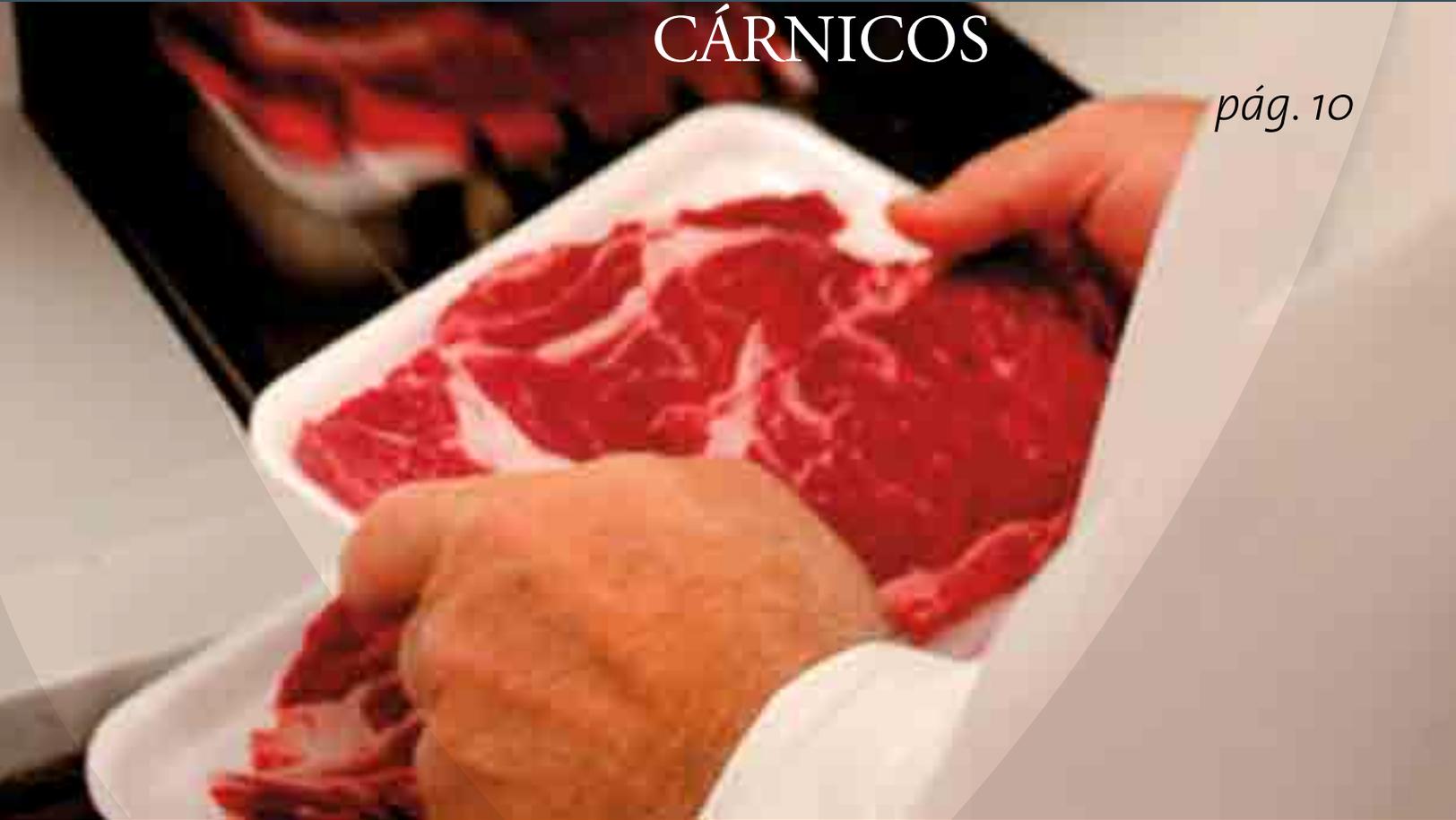


# EMPAQUE PARA LA CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS

*pág. 10*



AÑO 6 • VOLUMEN 6 • NÚMERO 1 • ENERO-FEBRERO, 2013

Los taninos como antioxidantes naturales en la carne	3
Niveles de clembuterol detectados en carne de bovino distribuida en Texcoco, Estado de México	17
Factores alimenticios que influyen en la calidad de la carne de rumiantes	23
Inocuidad en el manejo de productos hortofrutícolas	33



# AP

## AGRO PRODUCTIVIDAD

La revista Agroproductividad se está convirtiendo rápidamente en una de las revistas más importantes relacionadas con el medio agrícola en México.

Los artículos que publicamos son cuidadosamente seleccionados con la finalidad de aportar ideas, estudios o propuestas capaces de impulsar el desarrollo agrícola.

Invitamos a todos nuestros lectores a participar de manera directa, ya sea como autores, anunciantes o suscriptores, y de esta manera contribuir a nuestro esfuerzo por ubicar la agroproductividad en el horizonte futuro.



Contacto: 01 (595) 928 4013  
jocadena@colpos.mx  
jocadena@gmail.com



# Contenido

3	Los taninos como antioxidantes naturales en la carne
10	Empaque para la conservación de carne y productos cárnicos
17	Niveles de clenbuterol detectados en carne de bovino distribuida en Texcoco, Estado de México
23	Factores alimenticios que influyen en la calidad de la carne de rumiantes
33	Inocuidad en el manejo de productos hortofrutícolas
41	  
51	Guía para autores



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

Guerrero 9, esq. Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Teléfono: 01 (595) 928 4013 | [jocadena@colpos.mx](mailto:jocadena@colpos.mx); [jocadena@gmail.com](mailto:jocadena@gmail.com)

Impresión 3000 ejemplares.

©Agroproductividad, publicación respaldada por el Colegio de Postgraduados. Derechos Reservados. Certificado de Licitud de Título Núm. 0000. Licitud de Contenido 0000 y Reserva de Derechos Exclusivos del Título Núm. 0000. Editorial del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Núm. 036.

Impreso en México — Printed in México  
 PRINTING ARTS MEXICO, S. de R. L. de C. V.  
 Calle 14 no. 2430, Zona Industrial  
 Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44940  
 Fax: 3810 5567  
[www.tegrafik.com](http://www.tegrafik.com)  
 RFC: PAM991118 DGO

Aviso: Los nombres comerciales citados en los artículos, notas o ensayos, de ninguna manera implican patrocinio por parte de agroproductividad, ni crítica alguna a otros productos similares.

## Directorio

### Said **Infante Gil**

Editor General del Colegio de Postgraduados

### Rafael **Rodríguez Montessoro**<sup>†</sup>

Director Fundador

### Jorge **Cadena Iñiguez**

Director de Agroproductividad

### Comité Técnico-Científico

#### Colegio de Postgraduados—Montecillo

##### Fernando **Clemente S.**

Dr. Ing. Agr. Catedrático Fauna Silvestre

##### Ma. de Lourdes **de la Isla**

Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopolución

##### Ángel **Lagunes T.**

Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

##### Enrique **Palacios V.**

Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

##### Jorge **Rodríguez A.**

Dr. Ing. Agr. Catedrático Fruticultura

#### Colegio de Postgraduados—Puebla

##### Manuel R. **Villa Issa**

Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola

#### Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

##### Pedro **Cadena I.**

Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

##### Ricardo **Magaña Figueroa**

M. C. P. Director de Promoción y Divulgación

#### Confederación Nacional Campesina

##### Jesús **Muñoz V.**

Dr. Ing. Agr. Agronegocios

#### Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

##### Victor **Villalobos A.**

Dr. Ing. Agr. Biotecnología



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

## Editorial

VOLUMEN 6 • NÚMERO 1 • ENERO—FEBRERO, 2013.

La inocuidad y calidad en los alimentos para consumo humano, son dos variables relevantes que el mercado exige para protección de los consumidores, y es además una estrategia de prevención gubernamental para evitar problemas de salud pública de forma mediata o inmediata que pudieran derivar en gastos emergentes. Los sistemas de producción bovino-ovino-carne para mercados de alta calidad nacionales y de exportación, exige también que los eslabones de la cadena, insumos y manejo, cuenten con la trazabilidad que facilite la identificación del menor detalle que pudiera alterar su calidad e inocuidad. Generalmente, el enfoque principal en la cadena, es la obtención de partes y piezas de calidad en la mesa de selección, olvidando que ésta debe ser considerada desde la decisión de cuales insumos nutrimentales, suplementos y aceleradores de la engorda, tradicionales o alternativos se permiten usar. Otro pilar de la alimentación humana son los productos hortofrutícolas, los cuales han llegado a representar gastos emergentes en países importadores por detección de brotes de enfermedades gastrointestinales causados por patógenos, y cuyo origen puede ser el agua, manipulación inadecuada, tóxicos y fallas en las condiciones de conservación. En este número, **AP AGRO PRODUCTIVIDAD** muestra aspectos técnico-científicos importantes que deben ser observados por los actores responsables de los diferentes eslabones de los sistemas de producción de carne y hortalizas, su normatividad y empaque de alimentos perecederos, que lo mismo involucran presencia de peligros físicos, químicos y biológicos. Es importante considerar que la permanencia de los productos primarios en los mercados, la confianza del consumidor y estabilidad socioeconómica de los sistemas locales de producción, puede estar dependiendo de un pequeño detalle pasado por alto en la inocuidad.

Gracias,  
**Jorge Cadena Iñiguez**  
Director de **AP AGRO PRODUCTIVIDAD**

# Los taninos como antioxidantes naturales en la carne

Velázquez M.M.<sup>1,2</sup>; Ayala M.M.A.<sup>1,2</sup>; Barragán G.H.<sup>1,2</sup>; Hernández, M.O.<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7), Colegio de Postgraduados.

<sup>2</sup>Programa de Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 53230.

\*Autor responsable: ohmendo@colpos.mx



Fotografía por OHM

## RESUMEN

Los árboles forrajeros son una alternativa en la alimentación animal, especialmente porque no compiten con alimentos para uso humano. Muchas de estas especies contienen compuestos secundarios, como los taninos, a los que se les conoce tradicionalmente como anti-nutricionales porque provocan disminución en el consumo de materia seca (MS); sin embargo, esto sólo ocurre cuando las dosis superan 5 % de la MS en la dieta. Los taninos condensados son los más comunes y, dado su potencial antiparasitario, la reducción en la producción de metano y el poder antioxidante han cobrado especial importancia en los últimos años. Resultados preliminares muestran un comportamiento productivo similar y una mayor vida en anaquel de la carne de toretes y borregos alimentados con diferentes fuentes y niveles de taninos en la dieta, en comparación con dietas convencionales.

**Palabras clave:** antioxidantes, arbustos forrajeros, calidad, carne.

## INTRODUCCIÓN

**En la actualidad** el consumidor demanda que los alimentos sean producidos con el mínimo uso de compuestos químicos (fármacos, insecticidas, plaguicidas o aditivos, entre otros), con el fin de obtener productos inocuos y de mejor calidad. Sin embargo, a este aspecto se le ha prestado poca o nula atención, aun cuando es fundamental para la salud humana. Tampoco se le da mucha importancia a la vida en anaquel de la carne, la cual generalmente es muy corta, propiciando pérdidas económicas. Ante esto es necesario el uso de aditivos químicos para una mejor conservación, aspecto que atenta contra la calidad e inocuidad alimentaria, además de incrementar los costos de producción. Por ello es importante buscar alternativas, como el uso de fuentes forrajeras no convencionales, como árboles y arbustos de alto potencial forrajero, como el guásimo (Esterculaceae: *Guazuma ulmifolia*), el ramón (Moraceae: *Brosimum alicastrum*) y el cocoíte (Fabaceae: *Gliricidia sepium*), que crecen en zonas tropicales y registran mejor valor nutricional que las especies propiamente conocidas como forrajeras. Se ha reportado que el follaje de estas especies contiene hasta 30 % de proteína cruda (López *et al.*, 2008), con producción de materia seca durante todo el año. Otra de sus características principales es su contenido de taninos, a los que si bien es cierto que se les ha caracterizado como agentes anti-nutricionales, funcionan también como agentes protectores de proteínas, ya que los hay ligados a ellas formando proteína de sobrepaso (Torres *et al.*, 2008), además de que funcionan como antiparasitarios (López *et al.*, 2004a, 2004b; 2008) y reductores de metano (Hervás *et al.*, 2003a). Recientemente se ha reportado que los taninos tienen efectos en la calidad de la carne, mejorando el perfil de ácidos grasos (Priolo *et al.*, 2000; Vasta *et al.*, 2009); funcionan especialmente como antioxidantes, alargando la vida en anaquel de la carne (Larraín *et al.*, 2008). Sin embargo, estos estudios son muy aislados y en México, a pesar de que existe amplia variedad de árboles y arbustos con dichas cualidades, todavía no hay estudios al respecto. La presente revisión ofrece un panorama general del uso de recursos forrajeros no convencionales en la alimentación animal, donde los taninos son el principal objetivo por su función antioxidante en la carne, alargando así la vida de anaquel, dando como resultado un valor agregado al sistema.

### Uso de árboles forrajeros en la alimentación animal

El follaje de árboles y arbustos es importante en la producción ganadera porque no compite con alimentos para humanos; la mayoría contiene grandes cantidades de materia seca (hasta 11.5 ton ha.año<sup>-1</sup>) y proteína (12 a 30 %) (Carranza-Montañón *et al.*, 2003; López *et al.*, 2008; Meléndez, 2001; Cruz, 2005; Villa, 2009), y en su mayoría están presentes como componentes de sistemas silvopastoriles (Figura 1) o como forraje de corte (Figura 2), aunque utilizados ninguna metodología, lo que los hace inefficientes.

Las especies arbóreas y arbustivas, principalmente “leguminosas” (Fabaceae, Mimosoideae, Caesalpiniodeae), contienen taninos condensados o proantocianidinas (Ramírez *et al.*, 2000) que, además de contener proteína enlazada a taninos, les permiten escapar a la degradación ruminal, contribuyendo a una mejor nutrición animal. Como alimento para el ganado, el follaje de especies arbóreas que contienen taninos tienen algunos efectos negativos, como disminución del consumo, por su sabor astringente y porque los hay ligados a fibra, reduciendo la digestibilidad de la materia seca, sobre todo cuando la concentración total de taninos en la dieta del animal supera 5 % (Hervás *et al.*, 2003a, 2003b; Frutos *et al.* 2004).



Fotografía por OHM

Figura 1. A: Parcela demostrativa de guásimo (*Guazuma ulmifolia*) en el estado de Veracruz. B: Parcela de un sistema silvopastoril usando el guásimo (*Guazuma ulmifolia*) como banco de proteína en el estado de Veracruz.

Fotografía por OHM



Figura 2. Guásimo (*Guazuma ulmifolia*) seco para ser incluido como ingrediente base en la dieta para borregos.

Se ha reportado que el consumo de plantas que contienen taninos pueden afectar el funcionamiento digestivo (Hagerman *et al.*, 1992), afectando la salud y la producción del animal; en muchos casos pueden causar toxicidad (Smith *et al.*, 2005) e incluso la muerte. Sin embargo, los taninos en bajas cantidades tienen efectos benéficos, como es la protección de la proteína, provocando que ésta sea de sobrepeso y escape a la degradación ruminal, aumentando así la eficiencia de la digestión de la proteína. Por lo tanto, es importante establecer las concentraciones óptimas de taninos en la dieta para mejorar el desempeño en la producción animal (Figura 3).

Algunas de esas especies arbóreas han sido reconocidas como fuente importante de taninos, como el quebracho,

arbusto del Sur de América (Anacardiaceae: *Schinopsis balansae*) (Vasta *et al.*, 2009). También el sorgo (*Sorghum* spp.), dado su contenido de taninos, tiene las propiedades antioxidantes más altas que cualquier otro cereal (Gu *et al.*, 2004; Larraín *et al.*, 2008). Sin embargo, la mayoría de estudios *in vitro* e *in vivo* sugieren cierta capacidad antioxidante en la carne, aun cuando han sido realizados generalmente con productos purificados, o bien, con granos de sorgo que no son reflejo de una ingesta de forraje como fuentes de taninos. Un mayor conocimiento de los aspectos asociados al uso de plantas arbóreas en la alimentación del ganado permitirá explicar los potenciales efectos benéficos de los taninos en la dieta.

Estudios actualmente en proceso muestran el efecto de diferentes fuentes y niveles de taninos en la dieta de toretes y ovinos, y su respuesta en la producción y la calidad de la carne. Estudios preliminares realizados por Velázquez *et al.* (2012a, 2012b) y Ayala *et al.* (2012) mostraron que no existen diferencias significativas en consumo, ganancia de peso, ni rendimiento en canal en toretes y ovinos cuando se les suplementó con taninos en la dieta, en comparación con las convencionales, que no los contenían, pero si se mostraron diferencias en vida de anaquel (datos no publicados) (Cuadros 1 y 2).

### Generalidades

Los taninos son compuestos naturales de alto peso molecular (500 a 2500 Daltons) con gran número de polifenoles hidroxilados que pueden ligarse a proteínas y otras moléculas (Hagerman *et al.*, 1992). Se reconocen dos grupos de taninos: los hidrolizables ( $C_6-C_1$ )<sub>n</sub> y los condensados ( $C_6-C_3-C_6$ )<sub>n</sub>. Los hidrolizables son polímeros de ácido gálico



Figura 3. A: Muestreo de follaje de cocoite (*Gliricidia sepium*). B: guásimo (*Guazuma ulmifolia*) para su análisis químico en laboratorio.

Fotografía por OHM

Cuadro 1. Efecto de la adición de taninos en la dieta de toretes finalizados y su comportamiento productivo.

Variables	Tratamientos			EEM	Valor de P
	DB	DVE	DEQ		
PVI (kg)	415.5	412.3	410.3	4.2708	0.8818
PVF (kg)	522.5	515.8	517.5	6.5712	0.8146
CMS (kg)	10.8	10.8	10.9	0.2163	0.8983
GDP (kgd <sup>-1</sup> )	2.01	1.99	1.95	0.0641	0.8659
EA (g <sup>100</sup> g <sup>-1</sup> MS)	18.6	18.5	18.0	0.0059	0.7360
CA (kg:MS)	5.5	5.5	5.8	0.1953	0.5518
RCC (%)	58.1 <sup>ab</sup>	58.9 <sup>a</sup>	56.2 <sup>b</sup>	0.5802	0.0241

<sup>a, b</sup>: medias con literales distintas en cada fila son diferentes (P<0.05). PVI= peso vivo inicial; PVF= peso vivo final; GDP= ganancia diaria de peso; CMS= consumo de materia seca; CA= conversión alimenticia; EA= eficiencia alimenticia; RCC= rendimiento de la canal caliente; EEM= error estándar de la media; DB= dieta base; DVE= dieta con Vit E; DEQ= Dieta con taninos.

Cuadro 2. Comportamiento productivo en ovinos alimentados con follaje de guásimo (*Guazuma ulmifolia*) como fuente de taninos.

Variable	Dieta base (DB)	DB con 1.5% taninos	DB con 2.5% taninos	DB con Vitamina E	±EE	P
CMS (kg:día)	1.40 <sup>a</sup>	1.48 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>	0.060	0.80
GDP (kg:día)	0.271 <sup>a</sup>	0.258 <sup>a</sup>	0.286 <sup>a</sup>	0.262 <sup>a</sup>	0.020	0.78
Conversión alimenticia	5.31 <sup>a</sup>	5.85 <sup>a</sup>	5.08 <sup>a</sup>	5.45 <sup>a</sup>	0.27	0.26
Eficiencia alimenticia	0.191 <sup>a</sup>	0.174 <sup>a</sup>	0.198 <sup>a</sup>	0.184 <sup>a</sup>	0.0090	0.32
RCC (%)	51.91	52.00	52.64	52.51	0.61	0.79
RCF (%)	50.68	49.46	50.80	50.00	0.96	0.39

<sup>a, b, c</sup>: medias con literales distintas en cada fila son diferentes (P>0.05); RCC=rendimiento de canal caliente; RCF=rendimiento de canal fría; ±EE=error estándar.

o ácido elárgico esterificado con glucosa o con catequina, los cuales se degradan en grupos fenólicos más pequeños sin causar reacciones con las proteínas del medio. Los condensados son sustancias de naturaleza compleja con capacidad de reaccionar con macromoléculas y proteínas del forraje, gracias a que son polímeros de flavan 3-ol, y flavan-3, 4-diol o sus derivados, según sea su concentración, estructura química y peso molecular, estando presentes en forma libre o adheridos a proteína y fibra. Los taninos pueden ser benéficos o perjudiciales en la alimentación del ganado, dependiendo de su fuente (especie de planta), tipo y concentración, y de su relación con otros componentes de la dieta animal.

### Metabolismo de taninos en rumiantes

Los efectos nutricionales están asociados con el consumo de forraje, cuya concentración elevada de taninos (>5 % de la MS) radica en una menor palatabilidad, reducción del consumo de alimento, disminución de la ganancia de peso, y reducción de la eficiencia en la utilización del alimento. Hervás *et al.* (2003b)

proporcionaron intraruminalmente dosis de extractos de taninos condensados del quebracho (Anacardiaceae: *Schinopsis balansae*), equivalentes a 0, 28, 83 y 166 g.kg<sup>-1</sup> de MS (materia seca) por día consumidos en la dieta, encontrando que todos los animales aceptaron la dieta ofrecida, excepto los que recibieron la dosis alta (166 g.kg<sup>-1</sup> de MS). En estos animales (corderos) el consumo voluntario se redujo prácticamente a cero después de cinco o seis días. Sin embargo, Frutos *et al.* (2004) no encontraron reducción en el consumo voluntario entre corderos a los que se les ofreció alimento con harina de soya tratada con taninos hidrolizables (20.8 g.kg<sup>-1</sup> de MS de alimento). Lo anterior sugiere que la respuesta animal varía con base en el tipo y estado fisiológico del animal, calidad de la dieta, fuente, cantidad, y tipo de taninos involucrados.

**Se han sugerido tres mecanismos principales para explicar el efecto negativo de la concentración de taninos en el consumo voluntario: reducción en la palatabilidad, lenta digestibilidad, y desarrollo de aversiones condicionadas.**

Una reducción en la palatabilidad puede ser causada por una reacción entre los taninos y las proteínas de la mucosa salival, o bien, a través de una reacción directa con los receptores del gusto, provocando una reacción astringente. Muchos herbívoros basan su dieta en plantas con altas concentraciones de taninos, y en su saliva se han encontrado proteínas ricas en prolina, las cuales tiene alta capacidad para ligarse con taninos (Hagerman y Butler, 1991). Este complejo tanino-proteína rico en prolina es muy estable y reduce los efectos astringentes de los taninos. El principal efecto sobre las proteínas está basa-

do en su habilidad para formar enlaces de hidrógeno, que son estables a niveles de pH entre 3.5 y 8.0. Estos complejos (estables a pH del rumen) se disocian cuando el pH baja a menos de 3.5 (como en el abomaso que registra pH de 2.5 a 3.0) o es mayor a 8.0 (por ejemplo en duodeno con pH de 8.0), lo cual explica la actividad de los taninos en el tracto digestivo (Hagerman *et al.*, 1992; Mueller-Harvey y McAllan, 1992). El efecto de los taninos sobre la degradación de la proteína es básicamente una reducción en la fracción degradable inmediata, así como en la tasa de la fracción degradable (Frutos *et al.*, 2000; Hervás *et al.*, 2000).

Los taninos ejercen sus efectos principalmente en la proteína, pero también sobre los carbohidratos, particularmente hemicelulosa, celulosa, almidón y pectinas (Leinmüller *et al.*, 1991; Schofield *et al.*, 2001). Por mucho tiempo su impacto sobre la degradación de la fibra fue visto como un efecto anti-nutricional secundario; sin embargo, algunos estudios han mostrado que la degradación de la fibra en el rumen puede ser drásticamente reducida en animales que consumen alimento rico en taninos (McSweeney *et al.*, 2001; Hervás *et al.*, 2003a).

El segundo mecanismo respecto a la lenta digestibilidad de la materia seca genera señales de que el animal está lleno y provee una retroalimentación a los nervios centrales involucrados en el control del consumo. El tercer mecanismo se basa en la identificación de una consecuencia negativa post-prandial, seguida del consumo de taninos y el subsecuente desarrollo de una aversión condicionada.

### Los taninos y la calidad de la carne

La suplementación con taninos está fuertemente ligada a la acumulación de ácidos grasos, los cuales están involucrados en la ruta de la bio-hidrogenación, y recientemente se ha encontrado que los taninos condensados tienen efectos en la calidad de la carne (Priolo *et al.*, 2000) y pueden actuar como antioxidantes (afectando la oxidación de lípidos y el color de la carne) (Larraín *et al.*, 2008; Vasta *et al.*, 2009). Sin embargo, este potencial no se ha explorado con detalle, más allá del uso del extracto de quebracho (*Schinopsis balansae*).

Considerando que los taninos inhiben la actividad ruminal, es probable que depriman también la bio-hidrogenación ruminal, resultando en mayor acumulación de C18:2 n<sub>6</sub> y ácidos grasos polinsaturados en la carne de corderos cuando son alimentados con dietas que contienen taninos. Al respecto, Vasta *et al.* (2009) reportaron que la incubación de fluido ruminal con taninos redujo

la bio-hidrogenación de ácido linoleico, y la saturación *trans* C18:1 total se deprimió en mayor grado, permitiendo la acumulación de *trans* C18:1. Estos autores concluyeron que suplementar con taninos podría ser una estrategia útil para incrementar el ácido ruménico y el contenido de ácidos grasos poli-insaturados, así como reducir el contenido de ácidos grasos saturados en la carne de rumiantes. Sin embargo, mencionan que la correcta concentración de taninos en la dieta debe elegirse con cautela para evitar efectos negativos en consumo de materia seca y en el comportamiento productivo del animal.

### Actividad antioxidante de los taninos

Un antioxidante es una biomolécula capaz de retrasar o prevenir la oxidación de otras moléculas (Halliwell y Gutteridge, 1995). Los antioxidantes actúan generalmente cediendo un electrón o hidrogenión a los radicales libres, transformándose a su vez en un radical libre de naturaleza no tóxica y, en algunos casos, puede ser regenerado por la acción de otros antioxidantes. De esta forma, los antioxidantes pueden detener reacciones de propagación e inhibir la oxidación de moléculas, evitando la alteración en el funcionamiento normal de la célula.

**Los compuestos fenólicos, entre ellos los taninos condensados, son considerados como antioxidantes debido a su capacidad para captar radicales libres. Los grupos hidroxilo que forman parte de su estructura donan electrones o hidrogeniones inactivando a los radicales. El radical fenoxilo generado es muy poco reactivo, debido a que se estabiliza por resonancia con los electrones  $\pi$  del anillo aromático.**

Los taninos, tanto condensados como hidrolizables, presentan capacidades quelantes que contribuyen a la actividad antioxidante. Metales como hierro y cobre forman parte de las ferroproteínas y otros complejos necesarios en el organismo. Generalmente estos metales se encuentran en forma inactiva ( $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$ ); sin embargo, cambios de pH en el medio pueden generar la forma reducida ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^{+1}$ ) que interviene en la reacción de Fenton, transformando peróxido de hidrógeno (especie poco reactiva) en el radical hidroxilo (altamente reactivo) (Winterbourn, 1995). En este caso, los taninos impiden la reacción de Fenton; es decir, secuestran iones de hierro u otros metales.

La actividad antioxidante de un compuesto en la dieta depende primeramente de la posibilidad de que éste sea absorbido a través del tracto gastrointestinal. El grado de polimerización afecta mayormente la absorción de los fla-

vonoides de la dieta (Déprez *et al.*, 2001) y los microorganismos del rumen pueden adaptarse a los taninos, protegiendo a los animales de sus efectos antinutrimientales (Smith *et al.*, 2005). Sin embargo, Makkar *et al.* (1995) demostraron que los microorganismos del rumen no hidrolizan taninos condensados, pero estudios *in vivo* e *in vitro* proveen evidencias de la actividad metabólica de los taninos condensados por la micro flora intestinal. Se ha reportado que los taninos pueden modificar la composición de los ácidos grasos de la carne (Priolo y Vasta, 2007; Vasta *et al.*, 2009) y que pueden mejorar la estabilidad del color en carne fresca de cordero cuando se guarda en refrigeración (Luciano *et al.*, 2009). En estudios preliminares, Velázquez *et al.* (2012a) y Ayala *et al.* (2012) demostraron que incluir diferentes niveles de taninos en la dieta de ovinos Pelibuey retardó el oscurecimiento de la carne, lo que sugiere un efecto antioxidante de estos (Figuras 4 y 5).



Fotografía por OHM

Figura 4. Muestras de carne de borregos Pelibuey suplementada con taninos en la dieta a 15 días post-sacrificio. La muestra más oscura corresponde a carne de borrego sin taninos.

## CONCLUSIONES

Esta revisión provee evidencias benéficas

del uso de especies forrajeras arbóreas ricas en taninos condensados para la dieta de finalización de bovinos y ovinos para carne. Los resultados muestran que el consumo voluntario disminuye en los primeros días, sin efectos



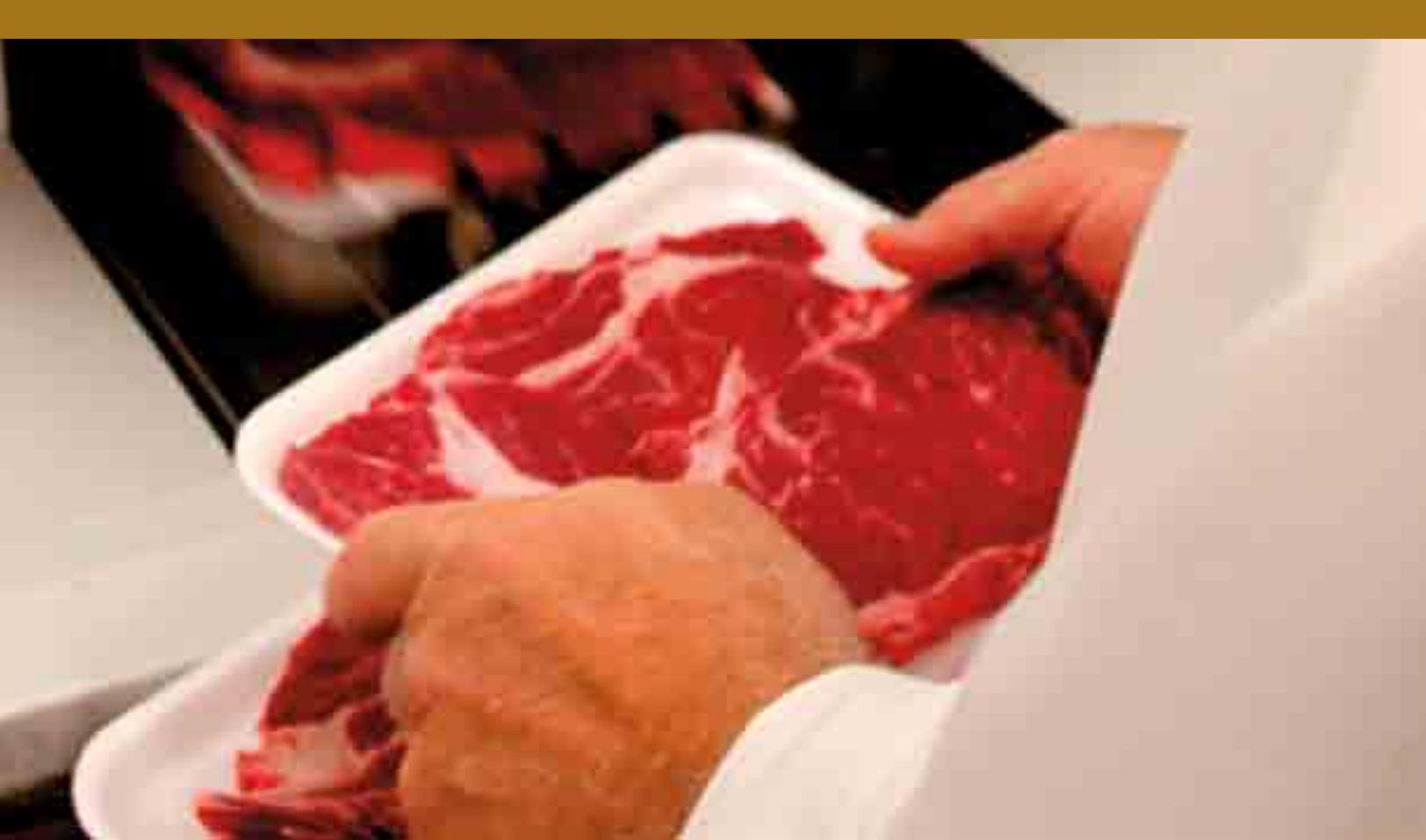
Fotografía por OHM

Figura 5. Muestras de carne de borregos Pelibuey a 15 días post-sacrificio. A: Tratamiento testigo sin taninos. B: 1.5 % de taninos en dieta. C: 2.5 % de taninos en dieta. D: Adición de vitamina E.

posteriores y bajo las circunstancias en que los estudios han sido desarrollados, y que no más de 5 % de taninos en dietas altas en concentrado afectan el comportamiento productivo animal. El uso de estas especies arbóreas va más allá del aspecto nutricional, donde su funcionalidad como antioxidantes naturales y su posible efecto en la calidad de la carne son aspectos importantes por continuar investigando.

## LITERATURA CITADA

- Ayala M.M., Hernández M.O., Hernández S.D., López O.S., Aranda O.G., Ramos JJA. 2012. Respuesta en comportamiento productivo de ovinos Pelibuey alimentados con taninos en la dieta. Memorias. Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Carranza-Montaño M.A., Sánchez-Velásquez L.R., Pineda-López M.R., Cuevas-Guzmán R. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México. *Agrociencia*, 37: 203-210.
- Cruz H.A. 2005. Contenido de taninos y valor nutricional del forraje de morera (*Morus alba*) y tulipán (*Hibiscus rosa-sinensis*), cosechados a cuatro frecuencia de corte. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México.
- Déprez S., Mila I., Huneau J.F., Tome D., Scalbert A. 2001. Transport of proanthocyanidin monomer, trimer and polymers across monolayer of human intestinal epithelial Caco2 cells. *Antioxidants and Redox Signaling*, 3: 957-967.
- Frutos P., Hervás G., Giráldez F.J., Fernández M., Mantecón A.R. 2000. Digestive utilization of quebracho-treated soya bean meal in sheep. *J Agr Sci* 134, 101-108.
- Frutos P., Raso M., Hervás G., Mantecón A.R., Pérez V., Giráldez F.J. 2004. Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolyzable tannins extract is included in the diet of finishing lambs? *Anim Res* 56, 127-136.
- Gu L., Kelm M.A., Hamerstone J.F., Beecher G., Holden J., Haytowitz D. 2004. Concentration of proanthocyanidins in common foods and estimations of normal consumptions. *Journal of Nutrition*, 134: 613-617.
- Hagerman A.E., Butler L.G., 1991. Tannins and lignins. *In: Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*, Vol I: The chemical participants, (Rosenthal G.A. and Berenbaum M.R., eds.), Academic Press, NY (USA), pp. 355-388.
- Hagerman A.E., Robbins C.T., Weerasuriya Y., Wilson T.C., McArthur C., 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *J Range Manage.* 45, 57-62.
- Halliwell B., Gutteridge J.M.C. 1995. The definition and measurement of antioxidants in biological systems. *Free Radical Biology and Medicine*, 18: 125-126.
- Hervás G., Frutos P., Serrano E., Mantecón A.R., Giráldez F.J. 2000. Effect of tannic acid on rumen degradation and intestinal digestion of treated soya bean meals in sheep. *J Agr Sci* 135, 305-310.
- Hervás G., Frutos P., Giráldez F.J., Mantecón A.R., Álvarez del Pino M.C. 2003a. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Anim. Feed Sci. Tech.* 109: 65-78.
- Hervás G., Pérez V., Giráldez F.J., Mantecón A.R., Almar M.M., Frutos P. 2003b. Intoxication of sheep with quebracho tannin extract. *J. Comp. Pathol.* 129: 44-54.
- Larraín R.E., Schaefer D.M., Richards M.P., Reed J.D. 2008. Finishing steers with based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Sc.* 79: 656-665.
- Leinmüller E., Steingass H., Menke K.H., 1991. Tannins in ruminant feedstuffs. *Biannual Collection of Recent German Contributions Concerning Development through Animal Research* 33, 9-62.
- López J., Tejada I., Vázquez C., De Dios G., Shimada A. 2004a. Condensed tannins in humid tropical fodder crops and their *In vitro* biological activity part 1. *J. Sci Food Agric.* 84: 291-294.
- López J., Tejada I., Vázquez C., De Dios G., Shimada A. 2004b. Condensed tannins in humid tropical fodder crops and their *In vitro* biological activity part 2. *J. Sci Food Agric.* 84: 295-299.
- López H.M.A., Rivera L.J.A., Ortega R.L., Escobedo M.J.G., Magaña M.M.A., Sanginés G.J.R., Sierra V.A.C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téx Pecú Méx*; 46: 205-215.
- Luciano G., Monahan F.J., Vasta V., Biondi L. Lanza M., Priolo A. 2009. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Scienc*, 81: 120-125.
- Makkar H.P.S., Becker K., Abel H.J., Szegeletti C. 1995. Degradation of condensed tannins by rumen microbes exposed to quebracho tannins (QT) in rumen simulation technique (RUSITEC) and effects of QT on fermentation process in the RUSITEC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 69: 495-500.
- McArthur C., Sanson G.D., Beal A.M. 1995. Salivary proline-rich proteins in mammals: roles in oral homeostasis and counteracting dietary tannin. *J Chem Ecol* 21, 663-691.
- McSweeney C.S., Palmer B., McNeill D.M., Krause D.O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim Feed Sci Tech* 91, 83-93.
- Meléndez N.F. 2001. Densidad de siembra y frecuencia de corte de *Nilficia sepium* "Cocoite" sembrado por semilla. *In: Memoria en CD. II Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles.* Villahermosa, Tabasco. México.
- Mueller-Harvey I., McAllan A.B. 1992. Tannins. Their biochemistry and nutritional properties. *In: Advances in plant cell biochemistry and biotechnology*, Vol. 1 (Morrison I.M., ed.). JAI Press Ltd., London (UK), pp. 151-217.
- Priolo A., Waghorn G.C., Lanza M., Biondi L., Pennisi. 2000. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *J. Anim. Sci.* 78: 810-816.
- Priolo A., Vasta V. 2007. Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6: 527-530.
- Ramírez R.G., Neira-Morales R.R., Ledezma-Torres R.A., Garibaldi-González C.A. 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*; 36: 49-55.
- Schofield P., Mbugua D.M., Pell A.N. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Anim Feed Sci Tech* 91, 21-40.
- Smith A.H., Zoetendal E. Mackie R.I. 2005. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microbial Ecology*, 50: 197-205.
- Torres, A.J.F., Alonso, D.M., Hoste, H., Sandoval, C.C., Aguilar, C.A. 2008. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 9: 83-90.
- Vasta V., Priolo A., Scerra M., Hallett K.G., Jeffrey D., Wood J.D., Doran O. 2009.  $\Delta 9$  desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Science*, 82: 357-364.
- Velázquez M.M., Hernández M.O., Pérez E.S., López P.E., Aranda O.G. 2012a. Pelibuey sheep productive response to different sources of tannins from forage trees. *Journal of Animal Science.* 90 (Suppl. 3): 286.
- Velázquez M.M., Hernández M.O., Pérez E.S., López P.E., Aranda O.G. 2012b. Productive response of finishing Young bulls to tannins supplementation. *Journal of Animal Science.* 90 (Suppl. 3): 286.
- Villa H.A. 2009. Productividad del sistema silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. y la utilización de especies en los agroecosistemas de angostillo, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.
- Winterbourn C.C. 1995. Toxicity of iron and hydrogen peroxide: the Fenton reaction. *Toxicology Letters*, 82-83: 969-74.



# EMPAQUE PARA LA CONSERVACIÓN DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS

Reséndiz-Cruz, V.<sup>1,2</sup>; Ramírez-Bribiesca, E.<sup>1,2</sup>; Guerrero-Legarreta I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7), Colegio de Postgraduados.

<sup>2</sup>Programa de Ganadería *Campus* Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 53230.

<sup>3</sup>Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México D.F.

\*Autor responsable: [efrenrb@colpos.mx](mailto:efrenrb@colpos.mx)

## RESUMEN

La carne y los productos cárnicos tienen varias manipulaciones antes de llegar al consumidor final; por ello, es importante elegir correctamente el método de preservación a utilizar. Los empaques tienen la función de conservar y proteger el producto con la finalidad de mantener su integridad y calidad. En esto último, la inocuidad, el color, la frescura de la carne o productos cárnicos derivados, juegan un papel decisivo para que el consumidor decida o no adquirirlo. Los procesos más utilizados para empaquetar las carnes frescas y derivados cárnicos son: el empaquetado permeable al aire, en atmósferas modificada y al vacío. En este trabajo se indican las pautas mínimas necesarias en este rubro indispensable de la cadena de valor de la carne y productos cárnicos.

**Palabras clave:** Conservación, industria cárnica, gases, calidad, inocuidad.

## INTRODUCCIÓN

**Los alimentos destinados al consumo humano y, primordialmente, los frescos pasan por varias etapas de manipulación antes de llegar a la mesa del consumidor. Por lo anterior, si no se aplica un método de conservación de acuerdo con las características y condiciones del producto, la vida útil de éste puede disminuirse considerablemente o ser un medio de infecciones o intoxicaciones microbianas (Sánchez et al., 2008). Uno de los métodos de preservación más eficientes es la utilización de los empaques en diferentes modalidades, que cumplen con la función de conservar, proteger y mantener la integridad y calidad del producto, al evitar la contaminación química y microbiana durante el manejo o almacenamiento. Permite además que los alimentos sean manipulados con mayor facilidad durante el proceso de comercialización (mayoreo y detalle) como en el hogar del consumidor. El empacado de los alimentos es, por tanto, un aspecto que se debe tomar en cuenta para satisfacer las expectativas de calidad que demandan los consumidores (Fernández, 2002).**

Los productos cárnicos se ubican dentro de los más fáciles de descomposición por ser un medio ideal de cultivo para microorganismos (patógenos y deteriorantes) (Ercolini et al., 2006; Villada et al., 2006). Uno de los aspectos más importantes es mantener la calidad e inocuidad, de tal forma que el consumidor tenga la garantía de que al ingerir ese alimento su salud no se verá afectada. Dentro de las características deseables por el consumidor, y que marcan la decisión de compra del producto, se encuentran la frescura y el color rojo estable y brillante de la su-



Figura 1. Carne conservada en empaques y expuesta a los consumidores

perficie de la carne (Charles et al., 2006; Sorheim y Nissen, 2008) (Figura 1).

Para alcanzar lo anterior y preservar la calidad es importante considerar el empaque y el material de éste, ya que existe influencia parcial de las propiedades de los materiales de fabricación (Taik, 2010). Dentro de la tecnologías más utilizadas para el empaque de carnes frescas y productos cárnicos se encuentran las películas permeables y semipermeables al aire y otros gases, el empaque al vacío y en atmósfera modificadas (Belcher, 2006) (Figura 2).



Figura 2. A: Piernas de cordero listas para ser empacadas. B: Película plástica para empaque. C: carne con empaque individual.

### Generalidades

El consumidor juzga la calidad de la carne de acuerdo con algunas características que evalúa en primera instancia por la vista, tales como el color y apariencia general, las cuales pueden ser percibidas aún en carne empacada. Posteriormente, al retirar el empaque, evalúa parámetros, como textura, olor y sabor (Dhananjayan *et al.*, 2006).

La vida útil de la carne y los productos cárnicos depende de factores como el tipo de especie animal, manejo *ante* y *postmortem*, higiene durante la manipulación, pH de la carne, temperatura ambiente, y composición de los gases que rodean al producto (Keokamnerd *et al.*, 2007). Este último puede ser modificado, ya sea exponiendo el producto a altas concentraciones de oxígeno para aumentar la oxigenación de los pigmentos presentes, como la mioglobina, y producir oximioglobina que le confiere un color rojo brillante, o bien, excluyendo alternativamente el oxígeno (O<sub>2</sub>) del empaque, que aumenta los niveles de la desoximioglobina, variante química del pigmento mioglobina, produciendo un color rojo púrpura (Dhananjayan *et al.*, 2006).

Sin embargo, cuando la carne es empacada en altas atmósferas, enriquecidas con O<sub>2</sub>, se puede acelerar el crecimiento de microorganismos aerobios y promoverse la oxidación de los lípidos y la mioglobina, donde esta última se transforma en metamioglobina de color café (Taik, 2010). En el caso de empaque al vacío no se desarrolla oximioglobina y la carne permanece de color rojo púrpura; este tipo de empaque es muy eficiente debido a que alarga la vida útil de la carne si se mantiene en refrigeración a temperaturas entre 4 °C y -6 °C; sin embargo, en casos extremos pueden proliferar microorganismos

anaerobios sumamente peligrosos, como el género *Clostridium* spp., por lo que hay que considerar también la permeabilidad de la película de empaque a gases y a vapor de agua, así como su resistencia a las operaciones de almacenamiento y distribución posteriores.

El empaque también afecta la textura, sabor y olor de la carne fresca, en función del tipo de microflora que pueda crecer en el producto en relación con la atmósfera gaseosa y la temperatura de almacenamiento. De esta forma, la proliferación de microorganismos lipolíticos y/o proteolíticos alteran la composición de la carne y pueden generar productos de oxidación, tanto lipídica como proteica, productos de degradación y metabolitos microbianos que alteran el sabor, el olor y, posiblemente, la textura.

**En el caso de productos procesados se debe considerar el tratamiento al que han sido sometidos, tales como adición de nitritos/nitratos, fosfatos, humo, ácidos, calentamiento, etcétera, así como la atmósfera gaseosa en la que se empaca y la permeabilidad de la película de empaque.**

Los avances tecnológicos que se han tenido en los materiales, la metodología y la maquinaria para empacar productos cárnicos, ha significado un avance importante en la conservación de este alimento. Sin embargo, se debe considerar como un factor principal conocer las tendencias del consumo de un producto determinado, tiempo esperado de comercialización, condiciones de la misma, tipo de consumidores al que se dirige el alimento, entre otros, con el fin de ofrecer un producto en condiciones óptimas de calidad (Belcher, 2006).

### Deterioro de la carne

El deterioro organoléptico de la carne se produce cuando existe formación de malos sabores, olores, decoloración, alteración de la textura o cualquier otro cambio en la apariencia física o química, que hacen que este alimento sea inaceptable por el consumidor. Las reacciones de deterioro están relacionadas con el consumo microbiano de nutrientes, tales como proteínas, lípidos y azúcares, además de producción de metabolitos microbianos no deseados. El glucógeno, un carbohidrato mayoritario en la carne, es un homopolímero de glucosa que prácticamente se ha agotado en la etapa de insensibilización y matanza del animal; al no haber glucosa en el medio, otras moléculas, como las grasas y los compuestos nitrogenados, son empleados por los microorganismos. De estos últimos se producen compuestos odoríferos como el amoníaco y las aminas biogénicas; sin embargo, los metabolitos producidos dependen en particular del tipo y la cantidad de microflora presente. Las microfloras deteriorantes encontradas con más frecuencia en carnes rojas son *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae* spp., *Brochothrix thermofacta* y bacterias del ácido láctico, y el mayor o menor aporte de estos microorganismos a la descomposición depende de las condiciones de almacenamiento. Por ello, la mayoría de los síntomas de deterioro son atribuibles al crecimiento no deseado de microorganismos hasta niveles inaceptables (Ercolini *et al.*, 2011).

### Principales condiciones para el deterioro de carnes frescas

#### Cambio en la coloración

El color de la superficie de la carne cambia de rojo brillante a café-pardo;

esto es tomado como indicador de frescura visual por parte del consumidor. Parte del cambio del color se debe a la oxidación de los pigmentos hemo (que tienen un átomo de hierro (Fe) en el centro de la molécula). Tanto la deoximioglobina como la oximioglobina son oxidadas formando metamioglobina, la cual confiere el color café asociado al deterioro de la calidad de la carne. La oxidación de deoximioglobina es más rápida que la oximioglobina, mientras que la de la mioglobina a bajas concentraciones de  $O_2$  (~ 5 a 7%) es más rápida que a altas concentraciones en la que ocurre una oxigenación (Dhananjayan *et al.*, 2006). Otros factores que pueden producir el cambio de color en la carne es la presencia de bacterias piógenas con afinidad al azufre, lo cual promueve la generación de sulfomioglobina, un pigmento de color verde. Otro tipo de bacterias, sobre todo algunas relacionadas con el ácido láctico, como las halotolerantes y catalasas negativas que crecen a bajas temperaturas, son capaces de producir y acumular peróxido de hidrógeno en condiciones aeróbicas que actúan como agentes altamente oxidantes que decoloran los pigmentos de la carne (Sánchez *et al.*, 2008).

#### Producción de aromas indeseables

Estas reacciones de deterioro provocan un rechazo inmediato por parte del consumidor, y dependiendo del tipo y de la carga microbiana serán las características del olor. Por ejemplo, la presencia de *B. thermosphacta* en carne de res en cargas de  $10^7$  UFC  $cm^{-2}$  produce acetoina, diacetyl butanal y propanal, compuestos asociados con el olor a “queso” o “mantequilla”. Cuando la carga se incrementa hasta  $10^9$  UFC  $cm^{-2}$ , el olor puede convertirse en pútrido, como resultado del consumo de aminoácidos libres y de la producción de aminas biogénicas (Ercolini *et al.*, 2006). Uno de los principales problemas de la industria cárnica es la oxidación de los lípidos. Los productos secundarios de la oxidación, como los aldehídos, las cetonas y los ésteres, son los responsables del incremento del deterioro y del sabor rancio del producto (Pettersen *et al.*, 2004).

#### Técnicas de conservación

La tecnología que se ha utilizado para empacar la carne fresca y los productos cárnicos procesados ha consistido principalmente en el empaquetado permeable al aire, atmósfera modificada y empaque al vacío. Este último es considerado por algunos autores como una forma de empaquetado en atmósferas modificadas (Belcher, 2006). A continuación se describen algunos:

#### *La charola de espuma de poliestireno convencional*

La charola de espuma de poliestireno convencional,

con o sin almohadilla absorbente y con una película envolvente de cloruro de polivinilo, es una técnica comúnmente encontrada en el mercado mexicano debido a la facilidad de su utilización, tecnología sencilla y bajo costo. Sin embargo, la vida útil del producto no se prolonga considerablemente debido a que facilita la proliferación de microorganismos aunque, por otra parte, para los productos procesados, sobre todo para los de baja humedad, como los chorizos, este es un empaque adecuado.

#### *Sistemas al vacío*

El hecho de mantener la carne bajo condiciones libres de  $O_2$ , extiende la vida de anaquel considerablemente. Empacar al vacío no ha sido un método exitoso para la venta de carne, posiblemente porque ésta adquiere un color púrpura, oscuro y con presencia de exudado visible en el empaque. Esta técnica se ha mejorado usando doble película, donde la superficial es impermeable y desprendible (empaque madre) y la interior permite la penetración de  $O_2$ , por lo que la carne adquiere un color rojo brillante (Charles *et al.*, 2006; Sorheim y Nissen, 2008) (Figura 3).

#### *Atmósferas modificadas*

Consiste en eliminar el aire dentro del empaque que contiene la carne o producto cárnico, para posteriormente inyectar un gas o mezcla de gases. Se ha modificado el ambiente gaseoso a fin de reducir el grado de respiración y con ello disminuir el crecimiento microbiano y, por lo tanto, retrasar el deterioro debido a la producción de metabolitos microbianos y a la actividad enzimática residual de la carne; con ello



Figura 3. Chuletas de cerdo empacadas al vacío.

se logra un mayor periodo de anaquel del producto (García *et al.*, 2006). La vida útil de la carne empacada en atmósferas modificadas aumenta entre 10 y 15% cuando se utiliza una película con permeabilidad al  $O_2$  por debajo de  $2 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{atm}^{-1}$  (Taik, 2010), teniendo cuidado de que la carne empacada no sea expuesta a altas concentraciones de  $O_2$ , ya que acelera el crecimiento de microorganismos aerobios y favorece la oxidación de lípidos y mioglobina.

Para lograr mayor conservación de las características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas de los productos, se sugiere aplicar atmósferas con mayor concentración de  $CO_2$ , ya que disminuye la tasa del crecimiento de microorganismos aerobios y, al mismo tiempo, menor concentración de oxígeno ( $O_2$ ), el cual se usa con frecuencia para mantener el color rojo de la carne (Ospina y Cartagena, 2008). Las atmósferas enriquecidas con  $CO_2$  inhiben además bacterias Gram negativas, como algunos psicrótrofos y *Pseudomonas* spp. Sin embargo, es posible que ocurran cambios deteriorantes debido al crecimiento, aunque a menor tasa, de microorganismos facultativos, tales como *Carnobacterium* spp., *Brochothrix thermosfacta* y *Lactobacillus* spp. (Fraqueza y Barreto, 2009).

Cabe señalar que las atmósferas generalmente contienen  $O_2$  residual, ya que se encuentra disponible en pequeñas cantidades en el tejido muscular o en el aire, lo que hace inevitable su incorporación en la atmósfera circundante del empaque, o bien, porque permea a través de la película durante el almacenamiento. Lo anterior resulta riesgoso para el color y

la vida de anaquel de la carne, ya que ésta es muy vulnerable al  $O_2$  residual, por lo que es posible que este atributo de calidad se modifique. Autores como Sorheim y Nissen (2008) han registrado que niveles superiores a 2% de  $O_2$  residual en las atmósferas modificadas incrementan el desarrollo microbiano. Sin embargo, si se utilizan altas concentraciones de  $CO_2$  en combinación con un pH (potencial de hidrógeno) bajo y almacenamiento en frío, la inhibición de microorganismos es muy eficiente (Ercolini *et al.*, 2006).

#### Películas plásticas utilizadas para empaque

Las mejoras en la calidad y vida útil de los productos alimenticios se ha logrado en parte por el control de los gases y la permeabilidad del vapor de agua (Taik, 2010); debido a los efectos deteriorantes del oxígeno, el uso de películas que actúen como una barrera contra la entrada de este gas al interior del empaque ha cobrado cada día mayor importancia en la industria cárnica. La calidad de los alimentos empacados está influenciada parcialmente por las propiedades de los materiales que forman parte de éstos, como las películas plásticas y

la composición de las charolas de poliestireno. Por ello, las películas impermeables o semipermeables han sido desarrolladas para regular el paso del gas y de la humedad del medio hacia el interior del empaque, para mejorar las propiedades de barrera y sellado que faciliten la cocción del producto en autoclave.

La elección de la película para empaque productos cárnicos depende en gran medida del tiempo que se supone requerirá el alimento permanecer empacado, además de las condiciones del lugar de almacenamiento, tales como temperatura y humedad (Ospina y Cartagena, 2008).

Los materiales que son utilizados en el empaque de los productos cárnicos son generalmente poliméricos con buenas características de barrera para el  $O_2$ , como las poliamidas, el polietileno y el polipropileno, que son eficientes barreras contra la humedad y muestran buenas características de sellado (Pettersen *et al.*, 2004); el polietileno de baja densidad y el cloruro de polivinilo son los principales plásticos empleados en el empaque, aunque también se usa el poliestireno (Figura 4).



Figura 4. Carne para elaboración de hamburguesa empacada y conservada en refrigeración.

El polipropileno es químicamente similar al polietileno y puede ser producido como extruido o coextruido para proporcionar características de sellado por calor. El polipropileno tiene mayores intervalos en las propiedades de barrera hacia el vapor de agua que el polietileno; y llega a proporcionar efecto de barrera a los gases de hasta siete a diez veces más y tener una excelente resistencia a las grasas. En su forma no plastificada, el cloruro de polivinilo es la lámina base termo formable más ampliamente utilizada para empaqueo en atmósferas modificadas. Este polímero posee buena capacidad de barrera hacia los gases y moderada hacia el vapor de agua, y posee excelente resistencia a grasas y aceites (Ospina y Cartagena, 2008).

#### Gases para el empaqueo de carne

En el empaqueo en atmósferas modificadas se pueden utilizar uno o más gases, normalmente dispersos en el aire, pero en diferentes concentraciones. Rara vez se utiliza un sólo gas y las mezclas dependen del tipo y propósito del empaqueo. A continuación se describen los gases de mayor uso para empaqueo de carne:

**Oxígeno (O<sub>2</sub>):** este gas acelera el crecimiento de las bacterias aerobias que afectan la conservación de la carne; por lo tanto, su eliminación permite alargar la vida de anaquel desde el punto de vista microbiológico. El O<sub>2</sub> tienen un efecto fundamental en el color de la carne, ya que a niveles altos (60 a 80%) se genera un color brillante, mientras que a niveles bajos (0.1 a 0.5%) se favorece la oxidación del pigmento y favorece cambios en la coloración de la carne. Una atmósfera modificada libre de O<sub>2</sub> produce un color púrpura o rojo oscuro.

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** el efecto que produce este gas es la disminución de la tasa de crecimiento de los microorganismos aerobios; además, en medio acuoso se produce ácido carbónico que también tiene efecto bacteriostático. Sin embargo, en esta atmósfera pueden crecer microorganismos anaerobios. El intervalo de concentración empleado es de entre 20 y 90%, teniendo mayor efectividad conforme se incrementa su concentración. Como todos los gases, es soluble en soluciones acuosas, incluyendo el tejido magro con alto contenido de humedad. Su solubilidad es de 1 L.kg<sup>-1</sup> de masa cárnica y, al igual que los otros gases, la solubilidad aumenta al disminuir la temperatura. Es relevante señalar que el CO<sub>2</sub> no afecta directamente a los componentes químicos de la carne; promueve un cambio de color de rojo brillante de la oximioglobina hasta tonos grisáceos, debido a la hipoxia producida por el mismo gas en el sistema, lo que impide la oxigenación de la mioglobina.

**Nitrógeno (N<sub>2</sub>):** es un gas inerte de menor solubilidad que el CO<sub>2</sub> que se utiliza como gas de relleno para impedir que el empaqueo se colapse, en particular cuando la atmósfera modificada tienen alta concentración de CO<sub>2</sub>. Este gas no tiene ningún efecto directo en el crecimiento microbiológico o en el color de la carne (Sorheim y Nissen, 2008).

**Monóxido de carbono (CO):** Es muy efectivo para mantener el color rojo, debido a la formación de carboximioglobina. Este gas inhibe el crecimiento de algunos patógenos. Su uso se ha autori-

zado en condiciones controladas de 0.2 a 0.4%, para no ser considerado por la legislación como tóxico al consumidor (García *et al.*, 2006)

#### Estudios realizados

Las ventajas del empaqueo al vacío en el producto cárnico chorizo "español" fueron estudiadas por Arévalo y Bolaños (2010), quienes encontraron que las características sensoriales (sabor, olor, color y textura) tuvieron mejor aceptación cuando se usó empaqueo al vacío en comparación con empaqueo al aire, registrando además que las cuentas microbianas en placa fueron menores en 45 días de almacenamiento, además de que las características sensoriales se conservaron al disminuirse el deterioro por acción microbiana.



El efecto de las atmósferas modificadas fue evaluado en carne de bovino a 5 °C en atmósferas conteniendo diferentes proporciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Ercolini *et al.* (2006) registraron que una mezcla de gases con alta concentración de O<sub>2</sub> (60 %) proporcionó buena coloración, manteniendo niveles aceptables de cargas microbianas por siete días de almacenamiento. Por otra parte, el uso de otros elementos en el empaque de carne de pollo almacenado en refrigeración, tales como charolas de poliestireno, almohadillas, geles absorbentes y recubrimientos de cloruro de polivinilo, mostró que la almohadilla absorbente no mantiene el control del crecimiento microbiano, pero mantiene atractiva la apariencia de la carne al absorber toda la humedad que es liberada durante su almacenamiento. El gel absorbente no fue eficiente ante el fluido del paquete, lo que propició un mayor crecimiento microbiano y, en consecuencia, mal olor (Charles *et al.*, 2006).

La evaluación de empaques con alta concentración de oxígeno, nitrógeno, al vacío y al medio ambiente en carne molida de avestruz, mostró que todos los empaques tuvieron un efecto similar sobre el crecimiento de microorganismos. Sin embargo, altas concentraciones de O<sub>2</sub>, promovieron mayor oxidación de lípidos y mioglobina, reduciendo la vida útil de la carne (Seydim *et al.*, 2006). De forma similar, Fraqueza y Barreto (2009) probaron atmósferas, conteniendo N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub> en carne de pollo, encontrando que una mezcla de tres gases (CO, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>) inhibe crecimiento microbiano al obtener menores cuentas de mesófilos y psicótrofos; sin embargo, se presenta oxidación de lípidos.

## CONCLUSIONES

**El empackado de la carne es un aspecto fundamental en la producción de este alimento, y debe de ser considerado a profundidad por la industria cárnica. Es necesario asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos y, paralelamente, considerar otros aspectos, como las características fisicoquímicas y sensoriales que hacen aceptable los productos al consumidor. Por ello se debe hacer énfasis en el empleo de empaques adecuados para cada producto, con el fin de conservar la carne y los productos cárnicos elaborados con la mayor frescura e inocuidad posibles. La elección del sistema de empaque dependerá de las características del producto y del tiempo de conservación espera-**

**dos, tomando en cuenta desde el momento en que el producto se produce hasta que llega a la mesa del consumidor, así como el impacto ambiental que este envase pueda tener, por lo que es importante valorar los costos que pueda implicar tal decisión.**

## LITERATURA CITADA

- Arévalo T.E.J., Bolaños F.C.K. 2010. Evaluación de la influencia del vacío de empaque y de la temperatura de almacenamiento en el tiempo de conservación del chorizo tipo español. Tesis. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Belcher J.N. 2006. Industrial packaging developments for the global meat market. *Meat Science*. 74: 143-148.
- Charles N., Williams S.K., Rodrick G.E. 2006. Effects of Packaging Systems on the Natural Microflora and Acceptability of Chicken Breast Meat. *Poultry Science*. 85: 1798-1801.
- Dhananjayan R., Han I.Y., Acton J.C., Dawson P.L. 2006. Growth depth effects of bacteria in ground turkey meat patties subjected to high carbon dioxide or high oxygen atmospheres. *Poultry Science* 85: 1821-1828.
- Ercolini D., Ferrocinio I., Nasi A., Ndagijimana M., Vernocchi P., La Stora A., Laghi L. Mauriello G., Guerzoni M.E., Villani F. 2011. Monitoring of microbial metabolites and bacterial diversity in beef stored under different packaging conditions. *Applied and Environmental Microbiology*. 77 (20): 7372-7381.
- Ercolini D., Russo F., Torrieri E., Masi P., Villani F. 2006. Changes in the Spoilage-Related Microbiota of Beef during Refrigerated Storage under Different Packaging Conditions. 72 (7): 4663-4671.
- Fraqueza M.J., Barreto A.S. 2009. The effect on turkey meat shelf life of modified-atmosphere packaging with an argon mixture. *Poultry Science* 88 : 1991-1998.
- Fernández A.M. 2002. Review: Active food. *Food Science and Technology International*. 6: 97-108.
- García I.E., Gago C.L., Fernández J.L. 2006. Tecnologías de envasado en atmosfera protectora. V t. Informe de Vigilancia Tecnológica. p.1-140.
- Keokamnerd T., Acton J.C., Han I. Y., Dawson P.L. 2007. Effect of ethanol rinse, *Lactobacillus fermentum* inoculation, and modified atmosphere on ground chicken meat quality. *Poultry Science* 86: 1424-1430.
- Ospina M.S.M., Cartagena V.J.R. 2008. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Redalyc Sistema de Información Científica*. 5 (2): 112-123.
- Pettersen M.K., Mielnik M.B., Eie T., Skrede G., Nilsson A. 2004. Lipid oxidation in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by packaging parameters and storage conditions. *Poultry Science* 83: 1240-1248.
- Sánchez E.A., Torrescano U.G.R., Camou A.J.P., González M.N.F., Hernández W.G. 2008. Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *Nacameh*. 2 (2): 124-159.
- Seydim A.C., Acton J.C., Hall M.A., Dawson P.L. 2006. Effects of packaging atmospheres on shelf-life quality of ground ostrich meat. *Meat Science*. 73: 503-510.
- Sorheim O., Nissen H. 2008. Tecnología actual para el empackado de carne con atmósferas modificadas. *Mundo Lácteo y Cárnico*. 10-14 pp.
- Taik L.K. 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*. 86: 138-150.
- Villada S.H., Acosta H.A., Velasco R.J. 2006. Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. *Temas Agrarios*. 12 (2): 5-13.

# Niveles de clenbuterol detectados en carne de bovino distribuida en Texcoco, Estado de México

Hernández-Sánchez D.<sup>1,3</sup>; Francisco-Martínez A.<sup>2</sup>; Osorio-Reyes J.P.<sup>2</sup>; Cobos-Peralta M.A.<sup>1,3</sup>; Crosby-Galván M.M.<sup>1,3</sup>; Hernández-Mendo O.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7), Colegio de Postgraduados.

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco.

<sup>3</sup>Programa en Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados km. 36.5 Carretera México-Texcoco Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

\*Autor responsable: [sanchezd@colpos.mx](mailto:sanchezd@colpos.mx)

## RESUMEN

**E**l clenbuterol es un  $\beta$ -agonista sintético altamente residual no autorizado por la Secretaría de Salud en México para uso en engorda de ganado; su prohibición se establece en la norma oficial mexicana NOM-061-ZOO-1999 y la norma emergente NOM-EM-015-ZOO-2002. A pesar de esta normativa, los engordadores de ganado bovino lo usan en dosis que ponen en riesgo la salud del consumidor. En este sentido se determinó la presencia de residuos de clenbuterol en carne de bovino distribuida en establecimientos de productos cárnicos en la ciudad de Texcoco, Estado de México, a través de muestreos aleatorios para diagnosticar residuos de clenbuterol para el periodo octubre-diciembre de 2009. Se realizó con un tamaño de muestra de 20 % de los establecimientos y una recolecta de 200 g de carne del área del lomo en cada sitio. Los establecimientos muestreados incluyeron tiendas de autoservicio (Bodega Aurrera, Comercial Mexicana, Soriana, Sams y Walmart). Para determinar los residuos de clenbuterol se utilizó la prueba Ridascreen AG y se analizaron mediante comparación múltiple de medias (Tukey).

Los registros indicaron valores de 124 a 4,578 ppt., en cerca de 50 % de los sitios comerciales muestreados, los cuales sobrepasan los límites máximos permisibles de acuerdo al *Codex Alimentarius*.

**Palabras clave:** Clenbuterol, carne de bovino, carnicerías, salud, intoxicación.



## INTRODUCCIÓN

La inocuidad alimentaria es un tema de interés común, debido a que en la actualidad los consumidores demandan alimentos seguros que no causen daño a la salud, propiciados por el uso de sustancias prohibidas, como es el caso del clenbuterol ( $\beta$ -agonista sintético) (Figura 1) que, en forma accidental o inducida, pueden contaminar la carne de bovino. Lo anterior obliga a generar tecnologías de rápida detección de sustancias que puedan provocar problemas de salud pública por su consumo (Domínguez *et al.*, 2010).

El clenbuterol es un  $\beta$ -agonista sintético altamente residual no autorizado por la Secretaría de Salud para uso en la engorda de ganado, prohibido bajo la norma oficial mexicana NOM-061-ZOO-1999 y la emergente NOM-EM-015-ZOO-2002 (SAGARPA, 2007). La problemática generada en México al usarlo como promotor de crecimiento es ilegal y es causa de intoxicación en la carne y sobre todo en el consumo de vísceras, especialmente de hígado (SINAVE, 2007). Lo anterior está relacionado con sus efectos a largo plazo y su posible relación con problemas cardíacos, por lo que ha sido prohibido para uso humano y restringido a un determinado grupo de animales en diversos países; sin embargo, en otros se permite para tratar el asma y problemas respiratorios, y como sustancia dopante por varios organismos deportivos a nivel mundial (Sumano *et al.*, 2002).

El clenbuterol pertenece al grupo de los agonistas  $\beta$ -2 adrenérgicos y se caracteriza por el fuerte efecto anticata-



Figura 1. Clenbuterol empleado en alimentación animal

bólico que origina disminución en la tasa de reducción proteica en la célula muscular, provocando mayor desarrollo de la misma (McNeel y Mersmann, 1995). También es utilizado por médicos veterinarios con fines terapéuticos, tales como manejo de patologías en equinos. Aun cuando en humanos la vida alcanza 36 horas, se establece de uso limitado (Mersmann, 1998). Los residuos de clenbuterol pueden afectar pulmones y corazón debido a que la ingesta de carne contaminada puede exceder las dosis médicas habituales para humanos, las cuales oscilan entre 40 y 60  $\mu\text{g d}^{-1}$ , con riesgos mayores al exceder 150  $\mu\text{g d}^{-1}$  (Gopal, 2004). Con base en lo anterior, se realizó un estudio para determinar la presencia de residuos de clenbuterol en carne de bovino distribuida en la ciudad de Texcoco, Estado de México,

y formular un diagnóstico que evidencie el riesgo por su consumo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Municipio de Texcoco, Estado de México, realizando muestreos aleatorios en establecimientos de productos cárnicos de bovino para diagnosticar residuos de clenbuterol. Los análisis químicos de las muestras de carne recolectadas se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal y Microbiología del Postgrado en Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Los muestreos de carne y los análisis químicos respectivos iniciaron en el mes de octubre y finalizaron en la primera semana de diciembre de 2009.

### Muestreo en carnicerías

Se realizó un censo de establecimientos que distribuyen productos cárnicos de bovino en la ciudad de Texcoco y se determinó un tamaño de muestra de 20 % de sitios comerciales; en cada uno se recolectaron 200 g de carne del área del lomo (Figura 2). Los establecimientos que fueron muestreados incluyeron también tiendas de autoservicio de la localidad, tales como Bodega Aurrera, Comercial Mexicana, Soriana, Sams y Walmart. Las muestras fueron recolectadas a las 7:30 am, en cuatro periodos de muestreo, con intervalos de 15 días cada uno; se colocaron en refrigeración (4 °C) para su transporte y realizar las pruebas químicas.

#### Determinación de residuos de clembuterol:

Para la determinación de residuos de clembuterol en las muestras se utilizó la prueba RIDASCREEN® Clembuterol Fast-R-Biopharm, AG, Darmstadt, Germany Ridascreen® (Figura 3), la cual se basa en la reacción antígeno-anticuerpo. Antes de iniciar con el análisis de las muestras se les eliminó el contenido de grasa con el uso de hojas de bisturí, con la finalidad de que el tejido adiposo no interfiriera en la determinación de la prueba. Una vez eliminada la grasa, se homogeneizaron 100 g de carne en una licuadora hasta obtener una pasta de aspecto más masoso, se depositaron 5 g de la muestra en un tubo de centrífuga de 50 mL, y se adicionaron 25 mL de HCl, 50 mM. Se homogeneizó por agitación durante 20 minutos y se centrifugó a 6,000 g por 15 minutos a una temperatura de 10-15 °C.

Del paso anterior se transfirieron 18 mL del sobrenadante (3 g de muestra) en un vial de centrífuga, al cual se



Figura 3. Kit de Ridascreen® para la determinación de clembuterol en carne de bovino.

adicionaron 2 mL de de NaOH, 0.5 M y se mezcló durante 10 minutos. Se adicionaron 10 mL de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , buffer pH 3.0, 500 mM; se mezcló brevemente y se almacenó a 4 °C por un tiempo mínimo de 1.5 horas, y permaneció toda la noche en refrigeración. Posteriormente, se centrifugó a 4000 g por 15 minutos a temperatura de 10 a 15 °C; del sobrenadante se tomaron 10 mL (1 g de muestra) y se dejó calentar a temperatura ambiente (20-25 °C / 68 - 77 °F (20 a 25 °C)). Finalmente, la muestra se purificó con el uso de columnas RIDA®, suplidas con el Kit Ridascreen Clembuterol Fast.

*Procesamiento de carne y tejidos con alto contenido de grasa*  
Este proceso se aplicó cuando las muestras presentaban



Figura 2. Muestreo de carnicerías y toma de muestra del área del lomo en la Ciudad de Texcoco.

alto contenido de grasa y no fue posible eliminarla manualmente; para ello se homogeneizaron de 100 a 200 g de muestra en una licuadora, hasta obtener una pasta masosa; 5 g de ésta se homogeneizaron por agitación 30 minutos con 25 mL de Tris-buffer, 50 mM, pH 8.5, durante 30 minutos; posteriormente, se añadieron 15 mL de n-heptano y se agitó durante cinco minutos para propiciar la eliminación de grasa de la muestra; concluido este proceso, se centrifugó a más de 4,000 g por 5 minutos a temperatura de 10 a 15 °C. Concluido el proceso se procedió a eliminar la capa superior de heptano, así como la capa fina de grasa intermedia entre el heptano y la muestra, mediante absorción con pipeta Pasteur. Este paso se repitió hasta en tres ocasiones (lavado con 15 mL de n-heptano) para eliminar completamente la grasa. A la muestra remanente, libre de grasa y de n-heptano, se le agregaron 0.5 mL de HCl concentrado 6 M, y se agitó por una hora (alternativamente se podría agitar durante toda la noche).

Se pesaron 6 g del homogeneizado de carne (correspondiente a 1 g de muestra). Se colocaron en un vial de centrifuga a más de 4000 g, por 15 minutos en temperatura de 10-15 °C. Se transfirió el sobrenadante a otro vial de centrifuga y se añadieron 300  $\mu$ l de NaOH 1 M; se mezcló durante 15 minutos y se agregaron 4 ml 500 mM de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  500 mM, mezclando brevemente, y almacenó a 4 °C por 1.5 horas. Al día siguiente, se centrifugó a más de 4000 g por 15 minutos a 10 y 15 °C. El sobrenadante (casi transparente) se dejó calentar a temperatura ambiente (20 a 25 °C) y después se purificó con el uso de columnas suplidadas con el Kit Ridascreen.

### Procedimiento del ensayo (reacción antígeno-anticuerpo)

Para iniciar la prueba se insertaron pozos en una microplaca integrada en el kit para los estándares y muestras. Inicialmente, en cada pozo se agregaron 100  $\mu$ L de solución de anticuerpos y se incubaron por 15 minutos a temperatura ambiente (Figura 4 A). Transcurrido este tiempo se eliminó la solución de los pozos invirtiendo la microplaca, sacudiéndola vigorosamente contra un papel secante y lavando con agua destilada a través de una piceta (este paso se realizó tres veces). Una vez realizado el tercer lavado, se colocaron en seis pozos con 20  $\mu$ L de los estándares (0, 100, 300, 900, 2700, 8100 ppt) y 20  $\mu$ L de la muestra por analizar en los pozos restantes; se adicionaron 100  $\mu$ L de la enzima-conjugada y se incubaron por 30 minutos a temperatura ambiente.

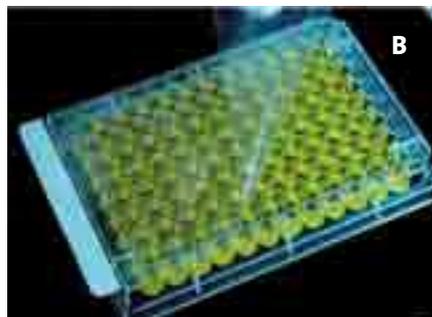
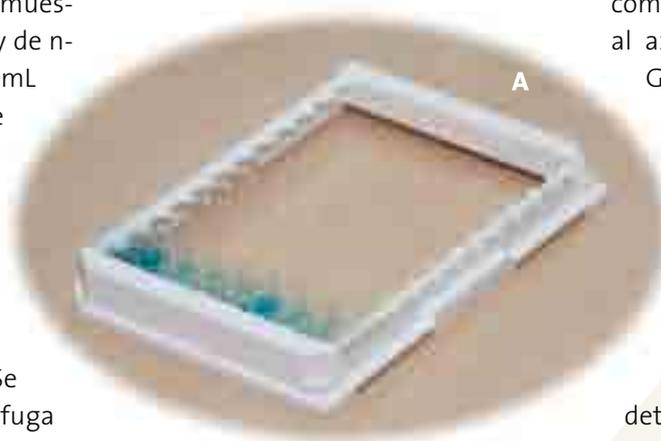


Figura 4. A: Microplaca integrada en el kit para determinar clembuterol. B: Cambio de coloración para muestras positivas a clembuterol.

Se procedió a eliminar la solución de los pozos (sacudiéndola y lavando) y se agregó a cada pozo 100  $\mu$ L de cromógeno. Se mezcló e incubó en la oscuridad por 15 minutos a temperatura ambiente. Finalmente se agregaron 100  $\mu$ L de la solución *stop*, que origina un cambio de color azul a amarillo (Figura 4 B). La concentración de clembuterol se midió por absorbancia a 450 nm, la cual es inversamente proporcional a la concentración de clembuterol en la muestra, con un lector de ELISA, y se analizó mediante el programa RIDASOFT WIN® (Ridascreen, 2002). Los valores iguales o mayores a 2000 ppt, fueron considerados positivos, mientras que los menores correspondieron a muestras negativas (Cuadro 1) (FAO, 1996).

Los datos obtenidos se analizaron como un diseño completamente al azar mediante el procedimiento GLM (SAS, 2001) y comparación múltiple de medias por medio de la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los residuos de clembuterol detectados en las muestras de carne mostraron amplia variación ( $p < 0.05$ ) (Figura 5) entre los sitios muestreados, determinando niveles residuales que van desde los 124 hasta los 4,578 ppt. De acuerdo con la FAO (1996), una muestra se considera positiva a residuos de clembuterol y potencialmente tóxica cuando tiene un valor igual o mayor a 2,000 ppt, con un rango analítico de la prueba de 0 a 8,100 ppt (Ridascreen®, 2002); asimismo, el *Codex Alimentarius* (2011) establece 2,000 ppt como límite máximo de residuos (LMR) para clembuterol.

Cuadro 1. Concentraciones de clebuterol que determinan una reacción positiva (FAO, 1996).

Muestra orgánica	Positiva ng kg <sup>-1</sup> (ppt)
Tejidos	2,000
Alimento	10,000
Orina	2,000
Retina	3,000
Suero	2,000
Pelo	6,000

Lo anterior registró que alrededor de 50 % de los establecimientos que distribuyen carne de bovino en la ciudad de Texcoco representan riesgos de salud a los consumidores por expender carne con residuos de clebuterol superiores a los límites máximos permisibles (*Codex Alimentarius*, 2011), lo que implica que los animales de los que se obtuvo la carne para este estudio recibieron sobredosis de 5 y 10 veces superior a las permitidas para propósitos terapéuticos, propiciando una acumulación de residuos (Heinrich *et al.*, 1991).

Estrada-Montoya *et al.* (2008) realizaron un estudio en el noroeste de México para determinar la presencia de residuos de clebuterol en carne de bovino registrando, en 50 muestras obtenidas en el comercio y analizadas por inmunoensayo específico ligado a enzima (ELISA), un 12 % con residuos de clebuterol entre 3.06 y 6.12 mg.kg<sup>-1</sup>; 26 %

con residuos de entre 0.5 a 1.83 mg.kg<sup>-1</sup>; 48 % con 0.1 a 0.5 mg.kg<sup>-1</sup>, y únicamente 14 % registró niveles inferiores al límite de detección con 0.1 mg.kg<sup>-1</sup> del ensayo ELISA. Las seis muestras que presentaron niveles más altos de residuos de clebuterol estuvieron sujetas a confirmación por medio de cromatografía de gases acoplada a un detector selectivo de masas-masas (GC-MS-MS), confirmando la presencia de clebuterol, el cual fue utilizado ilegalmente como promotor de crecimiento de bovinos.

Otro estudio realizado por Peña *et al.* (2008), donde se analizó la presencia de residuos de clebuterol en carne de bovino distribuida en el norte y sur de México, reveló que al menos 16.6 % de las muestras analizadas resultaron positivas al mismo en un intervalo de 0.1 a 2.3 µg.kg<sup>-1</sup>. Estas evidencias, aunadas a los resultados de este estudio, indican que a pesar de que el uso de clebuterol está prohibido (NOM-EM-015, 2002), su uso sigue siendo indiscriminado, poniendo en riesgo la salud del consumidor. Por lo anterior, es necesario implementar sistemas de bioseguridad basados en la aplicación de buenas prácticas de producción y generar conciencia en los actores que participan en la cadena productiva, buscando que la inocuidad se mantenga a lo largo de todos los eslabones bajo el esquema “de la granja a la mesa”.

## CONCLUSIONES

La carne de bovino distribuida en al menos

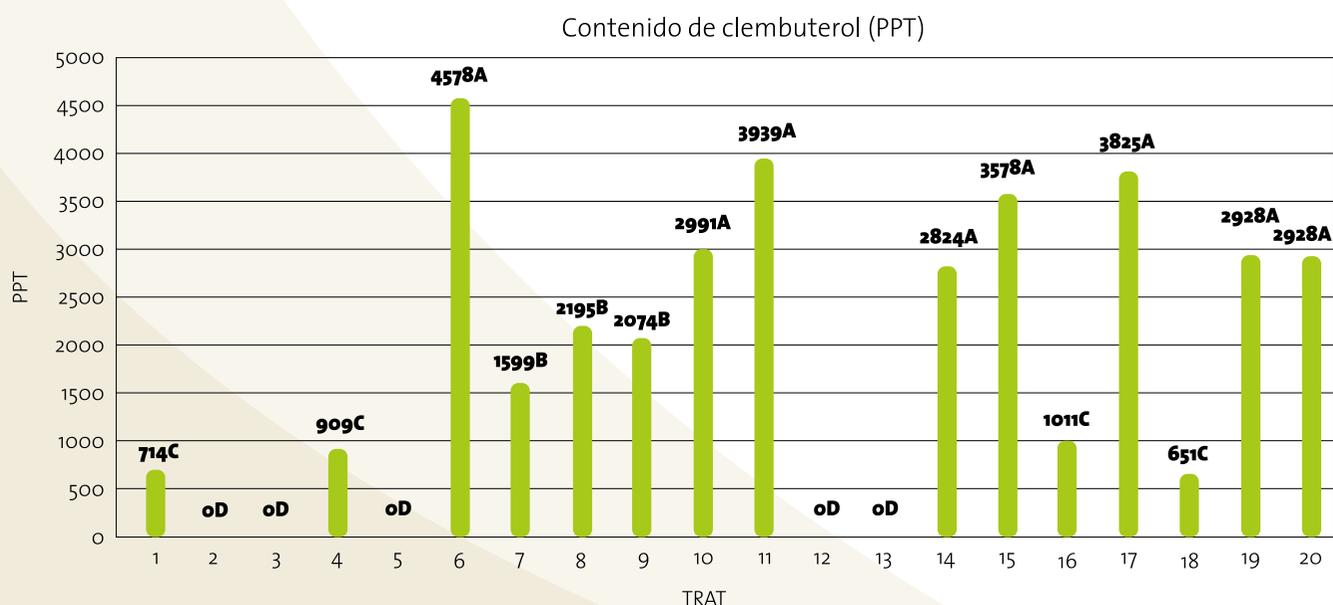


Figura 5. Contenido de clebuterol en muestras de carne recolectadas de sitios comerciales de la ciudad de Texcoco, Estado de México.

50 % de los establecimientos comerciales en la Ciudad de Texcoco registraron residuos de clenbuterol con niveles iguales o superiores a los límites máximos permisibles por la regulación nacional e internacional, implicando un riesgo para la población a pesar de que existe prohibición para el uso de este fármaco.

## LITERATURA CITADA

- Codex Alimentarius*. 2011. Límites máximos de residuos para clenbuterol. 34a Reunión de la Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS. Roma, Italia 274 p.
- Domínguez V.D.I., Mondragón A.J., González R.M., Salazar G.F., Bórquez G.J.L., Aragón M.A. 2010. Los  $\beta$ -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos. *CIENCIA ergo sum*. 16 (3): 278-284
- Estrada-Montoya M.C., González-Córdova A.F., Torrescano G., Camou J.P., Vallejo-Córdova B. 2008. Screening and confirmatory determination of clenbuterol residues in bovine meat marketed in the northwest of México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 6(2): 130-136.
- FAO. 1996. Compendio de especificaciones para aditivos alimentarios. JECFA. Límites máximos para residuos (LMR) para clenbuterol. Roma, Italia. 65 p.
- Gopal K., Soppa R., Ryszard T. 2004. Effects of chronic administration of clenbuterol on function and metabolism of adult rat cardiac muscle. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 288: H1468-H1476.
- Heinrich H., Meyer D., Rinke L.M. 1991. The pharmacokinetics and residues of clenbuterol in veal calves. *J. Anim. Sci.* 69:4538-4544.
- McNeel R.L., Mersmann H.J. 1995.  $\beta$ -adrenergic Receptor Subtype Transcripts in porcine Adipose Tissue. *J. Anim. Sci.* 73:1962-1971.
- Mersmann H.J., 1998. Overview of the effects of  $\beta$ -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim. Sci.*, 76:160-172
- NOM-EM-015-ZOO. 2002. Norma Oficial Mexicana de Emergencia. Especificaciones Técnicas para el control de uso de  $\beta$ -agonistas en alimento para animales.
- Peña B.S.D., Uribe A., Córdova-Izquierdo A., Michel A.M. 2008. Clenbuterol Residues in Bovine Feed and Meat. *Research Journal of Biological Sciences*. 3(12): 1444-1445.
- RIDASCREEN. 2002. Clenbuterol Fast. Competitive enzyme immunoassay for the quantitative analysis of clenbuterol and other  $\beta$ -agonists in urine, erum/plasma, liver, kidney, meat and tissue. R-Biopharm AG. Germany
- SAS. 2001. User's Guide: Statistics, version 8 th de. Sas Inst. Inc., Cary, N.C. CD-ROM.
- SAGARPA. 2007. Plan Nacional de Desarrollo Pecuario 2006-2012 Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Normas Mexicanas (NMX) y Oficiales Mexicanas (NOM) relacionadas con la ganadería. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Paginas/Legislacion.aspx> 30 Septiembre, 2011.
- SINAVE. 2007. Secretaría de Salud. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE). Información Epidemiológica. Boletín de Epidemiología. <http://www.dgepi.salud.gob.mx/boletin/2007/sem18/index.htm> 30 Septiembre, 2011.
- Steel R.G., Torrie J.H. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw Hill, México. 622 p.
- Sumano H.L., Ocampo L.C., Gutiérrez L.O. 2002. Clenbuterol and other  $\beta$ -agonists, are they an option for meat production or a threat for public health? *Vet. Méx.* 33 (2): 137-159.





# Factores alimenticios que influyen en la calidad de la carne de rumiantes

Cruz-Monterrosa, R.G.<sup>1,3</sup>; Ramírez-Bribiesca, E.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Lerma. Av. de las Garzas No. 10 Col. El Panteón, Lerma de Villada, Lerma Estado de México. Programa, CP.52005.

<sup>2</sup>Programa de Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 53230.

<sup>3</sup>Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7), Colegio de Postgraduados.

\*Autor responsable: [efrenrb@colpos.mx](mailto:efrenrb@colpos.mx)

## RESUMEN

**E**n la actualidad, mejorar la calidad de la carne es el nuevo desafío para ganaderos e investigadores, y uno de los factores extrínsecos de mayor influencia sobre la calidad de la canal y la carne en los rumiantes es la alimentación de los animales, en especial los alimentos proteínicos y energéticos, así como las vitaminas, los minerales y los promotores del crecimiento. El nivel de aporte de estos elementos a los sistemas de producción extensiva, intensiva o mixta, es determinante; por ejemplo, la apariencia de la canal de los bovinos alimentados a base de pastoreo es la pigmentación amarilla de la grasa de cobertura de la canal. Para animales en confinamiento se ha demostrado que la energía en la dieta influye en la terneza de la carne, como consecuencia del incremento del contenido de grasa de infiltración presente en el músculo. Sin embargo, la manipulación del perfil y el porcentaje de ácidos grasos, especialmente polinsaturados, y el ácido linoleico conjugado, pueden ser modificados con la dieta del animal, junto con la integración de minerales y antioxidantes como el selenio, el magnesio y la vitamina E. Al margen del resto de los factores que también influyen sobre la calidad de la carne, se deben incluir aspectos de análisis sensorial relacionado con la dieta de los animales.

**Palabras clave:** alimentación animal, calidad, carne.

## INTRODUCCIÓN

En México, el consumo de carne de res es de 15 kg.año<sup>-1</sup>, mientras que para las de ovino y caprino es de 0.6 kg.año<sup>-1</sup>. Estas últimas se consumen principalmente en forma del platillo tradicional llamado barbacoa, birria o cabrito al pastor (SAGARPA, 2012). Los procesadores de carne por lo general buscan animales jóvenes y bien conformados que garanticen buen rendimiento y aceptabilidad de terneza a sus consumidores. Para poder cumplir con los estándares de calidad es necesario realizar evaluaciones de calidad y se debe contar con estudios entre razas, sistemas de alimentación, y estudios tecnológicos, de tal forma que la unión de estos eslabones bien dirigidos beneficie a todos los integrantes de la cadena. A nivel mundial, los consumidores exigen carne magra pero con la grasa necesaria para mantener la jugosidad y el sabor, ya que la percepción de calidad se asocia como valor económico, fácil cocción, alta disponibilidad en los cortes, y mejor valor nutritivo.

El concepto “calidad de la carne” puede tener diferentes enfoques de estudio. Para los expertos en tecno-

logía de alimentos los trabajos se centran en las variables físico-químicas, durante el proceso de sacrificio y hasta la venta del producto al consumidor. Para los zootecnistas se centra en el bienestar animal, antes y durante el sacrificio, considerando las variables de eficiencias de producción, rendimientos y apreciación aceptable de la misma canal y los tejidos, mientras que para los expertos en nutrición se enfoca en el aporte nutritivo del producto a la alimentación humana.

Independientemente de los enfoques de estudio, todos están ligados y su interacción resulta compleja al momento de planear un programa estratégico de calidad. Por ejemplo, el factor nutricional en los sistemas de producción animal es uno de los tantos que influyen sobre la calidad de la carne y está asociado además a otros, como son los nutrientes proporcionados en dietas integrales o complementos proporcionados durante el pastoreo (Figura 1), y que resume su importancia en el proceso de calidad (Figura 2).

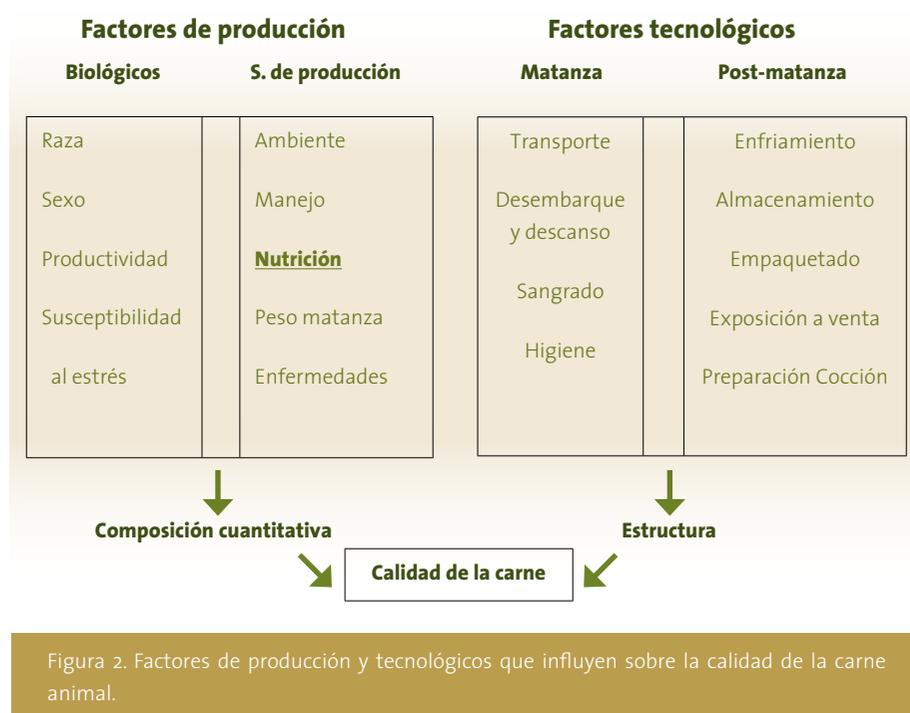


Figura 1. Ovejas de pelo cuya alimentación es bajo pastoreo con especies de forrajes tropicales.

De esta forma, la calidad de la carne asociada a la nutrición y alimentación se discute a continuación, con base en los requerimientos nutricionales de los rumiantes y su efecto ligado a ciertos parámetros que evalúan dicha calidad (Figura 3).

### Importancia de los alimentos proteínicos

La proteína es necesaria para obtener calidad en la canal y la carne de los animales. La respuesta al suplemento proteínico depende del sistema de producción, la palatabilidad, y la calidad e interacción de los complementos nutricionales que integran la dieta. La eficiencia de los suplementos proteínicos se asocia a la disponibilidad de aminoácidos, la absorción intestinal y la disponibilidad a la formación de glucosa. Los requerimientos de la National Research Council para bovinos y pequeños rumiantes consideran el cálculo con tres porcentajes de proteína no degradada en rumen (20, 40 y 60%), incluida dentro de la proteína total, así como el requerimiento de proteína metabolizable, y la degradada en rumen ( $\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ ). En general, la disponibilidad de aminoácidos absorbidos en tejidos espláncnicos (nervio simpático que se origina de los ganglios torácicos paravertebrales, pero no inerva vísceras torácicas, sino abdominales) es importante para el crecimiento muscular. La masa microbiana es la fuente importante de proteína para la digestión y tiene una respuesta adecuada en el crecimiento y la retención de nitrógeno (principalmente metionina y lisina); los microorganismos aportan entre 50 y 90% de los aminoácidos esenciales que se absorben en el intestino (NRC, 2007). Existe una asociación entre los aminoácidos de la proteína microbiana y los del tejido muscular. La correlación es alta (0.83) ( $P < 0.003$ ) y plantea el estudio de nutrientes o aditivos que mejoren la eficiencia de la masa microbiana y su flujo al intestino, así como la disponibilidad de proteína no degradada en rumen, que mejoren sustancialmente la formación de tejido muscular, la calidad de aminoácidos, y el contenido de proteína en la carne.

Los trabajos publicados en relación con los requerimientos proteínicos y la calidad de carne son limitados. Berge *et al.* (1993) observaron menor dureza en la carne cuando se incrementó la formación de músculo en becerros alimentados con una concentración alta en proteína, como pasta de soya, en comparación con concentraciones menores con la misma fuente; sin embargo, aunque la

alimentación basal sea con forrajes pobres, los corderos presentan mayor formación y acumulación de grasa subcutánea y mesentérica si se les proporciona un exceso de proteína (MacRae y Lobley, 1982).

Ponnampalam *et al.* (2003) evaluaron diferentes fuentes de proteína y forrajes de baja calidad en corderos de la raza Dorset-Horn  $\times$  Merino, donde el grupo testigo recibió forraje de heno de avena y los grupos experimentales dos a cinco recibieron suplementos proteínicos con balance iso-nitrogenado, observando que los tratamientos con las fuentes de proteína, comparados con el testigo, mejoraron el peso final y el peso vivo vacío. La dieta de cebada+urea/azufre (CUA) y la de harina de pescado (HP) incrementaron la ganancia de proteína y disminuyeron el depósito de grasa en la canal cuando se compararon con el grupo testigo (Figura 4). La respuesta principal de la HP se atribuyó a la proporción de la proteína no degradada en rumen y a mayor aporte de aminoácidos en el tracto intestinal. Sin embargo, la respuesta puede tener un comportamiento diferente cuando se usan dietas integrales en animales estabulados. Las harinas de origen animal, como las de pescado



Figura 3. Engorda intensiva de corderos en piso elevado y rastro Tipo Inspección Federal (TIF) para ovinos.



Figura 4. A: Corderos finalizados. B: Conformación de canales de corderos Pelibuey.

y pollo, contienen entre 66 y 62% de proteína total, y entre 39.6% y 30.4% de proteína no degradable en rumen (PNDR) (NRC, 2007), mientras que la pasta de soya (fuente de proteína más común usada en México para la engorda intensiva) contiene entre 44 y 49% de proteína total y sólo 17% de PNDR (NRC, 2007).

### Importancia de los alimentos energéticos

Las dietas con granos incrementan la concentración de *n-6* ácido graso poliinsaturado (AGPI) en músculo y produce una diferencia en sabor, mientras que las de pastos incrementan la concentración de *n-3* AGPI (Larick y Turner, 1990). La preferencia de diferentes grupos de panelistas expertos en análisis sensorial de la carne pueden diferenciar el sabor de los animales alimentados con grano o en pastoreo; por ejemplo, los de origen británico prefieren el sabor de corderos en pastoreo muy jóvenes. La composición de los AGPI y el sabor en los corderos confirma que los que son alimentados con forraje son preferidos por panelistas del Reino Unido (Fisher *et al.*, 2000). Por otro lado, trabajos

realizados en cerdos han demostrado que el suplemento de CLA (ácido linoleico conjugado) en la dieta mejora la eficiencia alimenticia (Corino *et al.*, 2003). Este efecto está relacionado con la disminución del músculo esquelético en el catabolismo. La mayoría de los estudios sobre el suplemento de CLA en la calidad de la carne se ha realizado en cerdos. El rumiante es una de las especies más compleja, debido a la fisiología de los pre-estómagos que en cierta manera pueden hidrogenar los ácidos; por tal motivo, es interesante estudiar la protección de CLA para mejorar su concentración en tejido muscular y que tenga un valor nutritivo en la carne destinada al consumo humano.

El sistema de producción y el programa nutricional ofrecido pueden modificar considerablemente la composición química de la carne y, particularmente, su contenido de CLA. Sistemas de alimentación basados en forrajes frescos permiten mejorar el tipo de ácidos grasos de la carne, como consecuencia de la mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados presentes en el forraje con

respecto a los granos de cereales. Si bien el rumen tiene una importante capacidad de saturación de los ácidos grasos insaturados, este proceso no siempre es completo. En la medida que la cantidad de ácidos grasos insaturados aportados por el alimento sea mayor, así será la cantidad que escapa a una completa hidrogenación ruminal y, por tanto, existirá una cantidad más elevada de CLA o de su precursor susceptible de la acción de la  $\Delta^9^-$  desaturasa.

En consecuencia, el contenido de CLA en la carne bovina, que es mayor que el de otras, puede incrementarse a través del manejo nutricional y, de esta forma, lograr carnes con más contenido de CLA y menores relaciones  $\Omega 6/\Omega 3$ , lo cual mejora su valor terapéutico, pudiendo considerarla un alimento funcional por tener efectos positivos sobre la salud de quienes consumen cortes magros y en cantidades moderadas.

### Importancia de los minerales, vitaminas y pigmentos

Los minerales y vitaminas juegan un papel primordial en la calidad de la

carne. Algunos son de esencial importancia para mejorar la calidad nutricional y la apariencia física del producto. Como se muestra a continuación, los estudios más relevantes se enfocan en selenio, magnesio, vitamina E y carotenoides:

### Selenio

El selenio (*Se*) es un microelemento deficiente en el altiplano de México; la carencia es causa común de la distrofia muscular nutricional (Ramírez *et al.*, 2001). En trabajos realizados en cerdos con un consumo de selenometionina en una concentración de  $0.3 \text{ mg.kg}^{-1}$  de *Se*/ración materia seca (MS), el color de la carne mejoró (Ellis y McKeith, 2000). La acción fisiológica no está clara, pero se sabe que la selenometionina se incorpora dentro de proteínas y este evento fisiológico es común en no rumiantes debido a la falta de transformación del microelemento en rumen; sin embargo, trabajos en rumiantes (Lawler *et al.*, 2004) demostraron un incremento de *Se* en tejido muscular cuando se administraron alimentos naturales ricos en *Se*. En corderos, el suplemento con selenito de sodio no causa cambios en la calidad física de la carne, pero sí mejora el rendimiento comercial y biológico hasta en 5%; la razón es una mayor proporción de tejido muscular en la región de las piernas (información sin publicar). La ingestión del selenio en la dieta humana es primordial, específicamente porque tiene numerosos efectos benéficos en la salud relacionados con la inmunocompetencia, capacidad reproductiva, estados de ánimo o humor, y propiedades cardio y neuroprotectoras en la prevención del cáncer (Clark *et al.*, 1996; Arthur *et al.*, 2003). El consumo diario que establece la USDA (2010) es de  $55 \mu\text{g}$  por día, con una concentración máxima tolerable de  $400 \mu\text{g}$  por día. En trabajos realizados por Ramírez-Briebesca (s/a) se registraron concentraciones de  $1.77 \mu\text{g.g}^{-1}$  de *Se* en carne de cordero con suplemento de selenito de sodio en la dieta de los animales.

### Magnesio (*Mg*)

Actúa como regulador de la estructura celular y es cofactor de varias enzimas involucradas en la fosforilación oxidativa y en el metabolismo de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. En plasma se puede encontrar libre (55%), en forma de complejos (13%), o unido a proteínas (32%) (Fontenot *et al.*, 1989). Zinn *et al.* (1996) y Ramírez *et al.* (1998) observaron un mejoramiento en la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y grado de marmoleo cuando se dio el suplemento de *Mg* a concentraciones de  $30\text{-}50 \text{ mg.kg}^{-1}$  peso vivo (PV), sugiriendo que posiblemente el mineral está involucrado en la hiperplasia celular. La información sobre el requerimiento de *Mg* en corderos para la producción de carne todavía es limitada. La NRC (2007)

considera el requerimiento de mantenimiento y crecimiento en consumo de *Mg*, gramos por día. Si un cordero pesa 24 kg, el requerimiento para su mantenimiento será de  $Mg \text{ g/d} = (0.003 \times 24) / 0.17$ , equivalente a 0.4235. Considerando una ganancia diaria de peso (GDP) de 280 g, el requerimiento para crecimiento,  $Mg \text{ d/d} = (0.41 \times .280) / 0.17$ , será de 0.6752. La suma de ambos determina un consumo diario de 1.0987 g de *Mg* por día. La pregunta es: ¿Cuánto *Mg* debe tener la dieta integral cuando se prepara? Suponiendo que el animal consume 3% de su peso vivo, los corderos con un promedio de 24 kg podrán consumir 720 g por día en promedio; esto quiere decir que la dieta integral debe tener una concentración de *Mg* de 0.15%. En realidad, es difícil formular una dieta integral que tenga menos de 0.15%; por lo general, las dietas elaboradas para la engorda intensiva en corral sobrepasan este valor. Bajo este planteamiento se supone que en la mayoría de las ocasiones no será necesario suplementar con *Mg*. Es importante considerar el suplemento de 0.32% en la ración integral para tener efectos aditivos en la calidad de la canal. El requerimiento de *Mg* sugerido por la USDA (2010) para la población humana es de 350 mg por día, y estudios realizados muestran que la concentración promedio de Magnesio en el tejido muscular de cuello y lomo de cordero es de  $0.7 \text{ mg.g}^{-1}$ ; por lo tanto, la carne no se considera una fuente importante de *Mg*.

### Vitamina E

La oxidación de lípidos en el músculo de los alimentos es iniciado por una alta fosforilación insaturada en las membranas subcelulares. Los hidroperóxidos de lípidos formados durante la fase secuenciada del proceso peroxidativo son inestables y se reducen con la presencia de elementos traza, generando los radicales libres y otros compuestos conocidos como radicales alkoxy y alkyl, aldehídos, cuerpos cetónicos, y compuestos carboxyl, los cuales tienen efectos adversos en la textura, color, sabor y el valor nutritivo de la carne (Buckley *et al.*, 1995).

Debido al aumento de la presión de los consumidores en referencia a la calidad de productos de consumo, en los últimos años el uso de la Vitamina E se extendió hacia la engorda de ganado en corral para obtener mayor calidad en la carne. La adición de antioxidantes a la carne fresca en el momento del procesado se ha mostrado menos efectiva y más cara que su incorporación en el músculo por medio de su adición en la dieta (Channon y Trout, 2002). La mayor parte de los estudios realizados hasta ahora hablan en término medio de una suplementación de 1,000 UI de Vitamina E por cabeza y día por espacio de 100 días, para lograr una acumulación de  $\alpha$ -tocoferol en los músculos superior

a  $3.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de tejido magro y poder controlar la oxidación de lípidos y mioglobina (Faustman *et al.*, 1998). La concentración de vitamina E en la carne de bovinos alimentados en pasturas contienen  $7 \mu\text{g}\cdot\text{gramo}$  de carne, contra  $1.6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en la de alimentados con granos, y de  $4.2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en la de aquellos alimentados con granos y suplementados con vitamina E (Grupo CEO, 2005). En pequeños rumiantes la NRC (2007) recomienda una cantidad mínima de  $100 \text{ UI}\cdot\text{día}^{-1}$ , y no se hace referencia al requerimiento de vitamina E con calidad de la carne en corderos.

En situaciones de pastoreo en praderas verdes, la cantidad de  $\alpha$ -tocoferol depositada es suficiente para extender la vida de anaquel, pero con el inconveniente de la coloración amarillenta de la grasa. Estudios realizados donde se administró vitamina E durante la alimentación de los animales de pastoreo a concentraciones elevadas ( $100\text{-}200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de forraje), la concentración en tejidos y estructuras subcelulares aumentó de forma marcada, ejerciendo un potente efecto antioxidante; además, retrasó la formación de metamioglobina en la carne que se comercializa y alargó el periodo en que la superficie del músculo no muestra evidencias de decoloración (Mitsumoto *et al.*, 1991; Arnold *et al.*, 1992; Arnold *et al.*, 1993; Zerby *et al.*, 1999). Esta mayor estabilidad del color y resistencia a la oxidación de los depósitos grasos, es la base para alargar la vida útil de la carne una vez fileteada y presentada al consumidor a la espera de su elección y compra (Schaefer *et al.*, 1995), además de que la suplementación de vitamina E en la dieta también reduce la pérdida de líquido en canales y cortes, evitando perder peso de canal en frío y, por lo tanto, una menor pérdida de exudado durante el almacenamiento, debi-

do a que preserve la integridad de las membranas (Den Hertog-Meischke *et al.*, 1997).

Un trabajo desarrollado por la Unidad de Tecnología de Producción Animal del CITA aragonés, ha permitido cuantificar el periodo en que se alarga la vida útil de la carne de cordero envasada en atmósfera modificada, debido a la suplementación alimentaria de la dieta de los animales mediante vitamina E y/o selenio teniendo en cuenta, además, los cambios tanto en el color como en la oxidación lipídica de la carne fresca. Los investigadores destacan que la suplementación con vitamina E consigue alargar cuatro días el periodo de vida útil de la carne, la formación de colores oscuros, de mioglobina, y la oxidación lipídica. Además, los resultados mostraron que el selenio puede ser utilizado sin la suplementación con vitamina E en la dieta de los animales con el fin de mejorar el color de la carne. Sin embargo, los autores han observado que el selenio parece tener una actividad que favorece la oxidación, incrementando los niveles de mioglobina y la oxidación lipídica (Pérez *et al.*, 2011).

#### **Carotenoides (grasa amarilla en la canal bovina):**

Una de las principales limitantes en la producción de carne de bovino en México es la pigmentación amarilla del tejido adiposo en las canales, cuando son engordados en pastoreo. Este problema disminuye la comercialización tanto en el mercado nacional como en el extranjero. El color de la grasa está determinado por pigmentos ingeridos durante el pastoreo. Específicamente el problema radica en el consumo de forrajes verdes, los cuales contienen abundantes pigmentos, incluyendo a los carotenoides y a los pigmentos naturales liposolubles. El  $\beta$ -caroteno, uno

de los carotenoides más abundantes en la naturaleza, también es el que se encuentra en mayor proporción en tejido adiposo de los rumiantes, dando la coloración amarilla a este tejido (Mora, 1999).

**Aunque los carotenos son una fuente importante de Vitamina A, no todo el  $\beta$ -caroteno ingerido y absorbido es transformado a esta vitamina; una cantidad considerable puede circular en la sangre y se deposita en el tejido adiposo e hígado, dando como resultado el depósito de  $\beta$ -carotenos no transformados. Como consecuencia, se presenta el color amarillo en la grasa de las canales de bovinos finalizados en pastoreo. De ahí surge la necesidad de los productores de ganado bovino por disminuir la tonalidad amarilla de la grasa de la canal.**

El color del tejido adiposo subcutáneo es un componente importante en la calidad de las canales en bovinos (Wood y Enser, 1997), considerado como elemento de juicio en los sistemas de clasificación de los Estados Unidos, Canadá, Australia y Japón (Walker *et al.*, 1990; Price, 1995), debido a que la variabilidad del color de la grasa en las canales se asocia a la calidad esperada por el mercado y los consumidores (Price, 1995). Crouse y Seideman (1984) observaron que tanto el color de la carne magra como la grasa son cada vez más importantes para categorizar la calidad en la carne y los productos cárnicos. En una encuesta realizada en Japón, Corea, Taiwán, Hong Kong y México, se observó que 80% de los encuestados estaban a favor de carne con tonalidad roja clara y grasa color ámbar (Dunne *et al.*, 2009) (Figura 5).



Figura 5. Canal bovina. A: Grasa amarilla; B: Grasa blanca.

En la mayoría de los mercados donde se comercializa la carne, se rechazan las canales con grasa color amarillo intenso (Walker *et al.*, 1990). Existen percepciones erróneas, tales como suponer que el color amarillo en los tejidos indica que el animal se encontraba enfermo al momento del sacrificio (Dunne *et al.*, 2009), o que la canal pertenece a animales viejos y, por tanto, tienen menor contenido de carne tierna, lo que redundaría en pérdidas económicas hasta por 900,000 dólares por año (Barrón *et al.*, 2004). Sin embargo, también existen argumentos en el sentido inverso que asocian a la grasa amarilla en forma positiva con las tradiciones de producción de carne (Wood y Enser, 1997), percibiéndolo como criterio de calidad ecológicamente favorable (Dunne *et al.*, 2009). Algunas regiones asiáticas asocian al color amarillo de la grasa con ganado sano que se cría con pasto o forraje y, por tanto, acumula carotenoides (Yang *et al.*, 1992). Este punto de vista fundamenta la alimentación del ganado en pasturas como

fuentes de beneficios, particularmente relacionados con el perfil de ácidos grasos (French *et al.*, 2000) y el contenido de antioxidantes (Wood y Enser, 1997). En este sentido, existe la posibilidad de utilizar el color o contenido de carotenoides como un indicador del historial de la dieta del animal y de la calidad nutricional de la carne (Prache *et al.*, 2002). Sin embargo, el consumidor promedio rechaza una carne con grasa amarilla ya que no evalúa los posibles beneficios nutrimentales de la incorporación de carotenoides, para lo cual se requerirían campañas publicitarias intensas.

Debido a que el color amarillo de la grasa es de importancia económica, resulta fundamental definir el límite de intensidad que es aceptable por el consumidor. Con base en esto, se pueden definir los días de finalización de los novillos en corral. Morgan y Everitt (1968) relacionaron el contenido de carotenoides en la sangre y el tejido adiposo, estableciendo una correlación ( $r=0.92$ ) entre la concentración del carotenoide y la intensidad del color amarillo, mientras que Strachan *et al.* (1993) correlacionaron la concentración de  $\beta$ -caroteno y luteína sanguíneas con la tonalidad amarilla de la grasa intermuscular, obteniendo coeficientes de correlación menores ( $r=0.7$  a  $0.8$ ). De forma similar, Yang *et al.* (1993) reportaron la relación entre el tejido adiposo amarillo y la concentración total de carotenoides en el tejido ( $r=0.79$ ). Sin embargo, Swatland (1988) encontró que esta relación es subjetiva respecto al color amarillo en el tejido adiposo, debido a que otros factores y metabolitos están involucrados también en la presencia de este color en la grasa.

Independientemente de su intensidad, el color amarillo de la grasa subcutánea demerita el valor económico de la carne y causa severas pérdidas económicas a una región o país, como es el caso de México; una forma de contrarrestar esto es finalizar a los bovinos con granos; esta práctica permite que disminuya o desaparezca el color amarillo en el tejido adiposo. Sin embargo, existe controversia acerca del tiempo necesario para lograr esta disminución o desaparición, ya que un mayor tiempo involucrado en el



manejo repercute en la necesidad de más inversión en los rubros de exclusión de forraje 90 días antes del sacrificio (Miller, 2002). Hay que tomar en consideración que, además del tiempo óptimo de exclusión, los tipos de pasturas, las razas, edad al sacrificio y región específica, entre otros factores, influyen en la pigmentación de la grasa. Al respecto Dunne *et al.* (2006) reportaron que suministrar concentrados por 26 y hasta 56 días fue suficiente para disminuir el color amarillo en novillas y novillos en corral, respectivamente; y la intensidad del color disminuyó hasta el día 112 de finalización. En conclusión, no se ha establecido el límite en la intensidad de color amarillo que puede ser aceptado por el consumidor pues depende de varios factores relacionados con el animal y el sistema de producción. Las pérdidas económicas ocasionadas por la apariencia de la grasa son considerablemente altas y se deben contrarrestar a través de la disminución del color o con campañas de publicidad dirigidas a la aceptación de la apariencia por parte del consumidor.

### Efecto de algunos aditivos

#### Ionóforos

La monensina y lasalocida a una concentración de 32 mg.kg<sup>-1</sup> de alimento base MS mejora ligeramente el rendimiento de la canal y la calidad de la carne (Gilka *et al.*, 1989).

#### Fármacos

El  $\alpha$ -ácido de leucina y  $\alpha$ -cetoisocaproato (KIC) intervienen en el metabolismo y estimulan la síntesis de proteína. Los receptores  $\beta$ -adrenérgicos modifican las características de la canal y tienen una respuesta notoria en el incremento de tejido magro y la disminución de tejido graso. Los agonistas  $\beta$ -AR disminuyen la grasa accionada por el estímulo en los adipocitos, ocasionando inhibición de los ácidos grasos y síntesis de triacilglicerol. Los agonistas  $\beta$ -AR también incrementan el flujo de sangre a ciertas regiones del cuerpo, principalmente hacia los músculos. Se mejora el aporte de nutrientes para la síntesis de proteína y la formación de tejido conectivo, y se incrementa el arrastre de ácidos grasos no esterificados, mejorando la lipólisis (Zamiri y Karimi, 2005). En México está prohibido el uso del clenbuterol en animales. Algunos trabajos realizados con estos fármacos en rumiantes se presentan en el Cuadro 1.

#### Inmunizadores

La inmunización activa y pasiva contra el tejido adiposo es una línea de investigación limitada que está siendo traba-

jada por ingleses e irlandeses (Moloney *et al.*, 1998; Fahmy *et al.*, 1999; Carson *et al.*, 2001; Moloney *et al.*, 2002). El método consiste en manipular el sistema inmune a través de la destrucción de células grasa o adipocitos con la creación de anticuerpos citotóxicos, reduciendo la grasa almacenada e incrementando la carne magra. Los resultados parecen ser alentadores, considerando una posible vacuna comercial en poco tiempo.

## CONCLUSIONES

**Los alimentos** y suplementos ejercen efectos cuantitativos y cualitativos en el tejido muscular y, en consecuencia, en la calidad de la carne. El aporte de los nutrientes fueron discutidos por separado, pero la respuesta que tiene el animal hacia éstos debe considerarse en forma conjunta. Es decir, la formulación de raciones o la administración de suplementos, fármacos o promotores del crecimiento deben establecerse partiendo del plano nutricional y de la calidad del producto-carne que se pretende obtener, ya sea en pastoreo o en engorda intensiva.

Actualmente existen varias sugerencias alimenticias para poder mejorar la calidad de la carne; sin embargo, todavía falta investigación para poder obtener una mejor calidad del producto cárnico que exigen el productor y el consumidor. La literatura revisada se enfoca únicamente en el plano nutricional, se orienta en cómo mejorar la conformación y el rendimiento, la calidad fisicoquímica de la carne, y el valor nutritivo en las proporciones de proteína-grasa y minerales.

## LITERATURA CITADA

- Arnold R.N., Scheller K.K., Arp, S.C., Williams S.N., Schaefer D.M. 1992. Effect of long- or shortterm feeding of alpha-tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *J. Anim. Sci.* 70: 3055-3065.
- Arnold R.N., Arp S.C., Scheller K.K., Williams S.N., Schaefer D.M. 1993. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. *J. Anim. Sci.* 71: 105-118.
- Arthur J.R., McKenzie R.C., Beckett G.J. 2003. Selenium in the immune system. *J. Nutr.* 133: 1457-1459.
- Avendaño-Reyes L., Macías-Cruz U., Álvarez-Valenzuela F.D., Águila-Tepato E., Torrentera N.G., Soto S.A. 2011. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *J. Anim. Sci.* 89: 4188-4194.

Cuadro 1. Algunos fármacos utilizados que afectan la calidad de la canal y la carne.

Fármaco	Concentración	Efecto	Referencia
Efedrina	8 mg kg <sup>-1</sup> PV <sup>0.75</sup>	Incrementa proteína Disminuye grasa	Zamiri y Karimi (2005)
Metaproterenol	5 µg kg <sup>-1</sup> PV <sup>0.75</sup> 20 mg kg <sup>-1</sup> MS	Mejor rendimiento de la canal Mejor conversión Rendimiento canal	Zamiri y Izadifard (1995) Nourozi <i>et al.</i> (2005)
Cimaterol	30 g kg <sup>-1</sup> MS	Incrementa rendimiento de la canal	Moloney <i>et al.</i> (1995)
α-cetoisocaproato	15 g animal	Incrementa GDP Incrementa tejido muscular	Flakoll <i>et al.</i> (1991)
Fenoterol	5 mg kg <sup>-1</sup> MS	Disminuye la grasa Incremento de masa muscular	Garrett <i>et al.</i> (1999)
Zilpaterol	8.33 mg kg <sup>-1</sup> MS (becerras) 10.0 mg oveja <sup>-1</sup>	Mejora la masa muscular Mejora el peso de la canal, rendimiento y conformación	Rathmann <i>et al.</i> (2012) Avendaño-Reyes <i>et al.</i> (2011)

- Barrón G.S., García B.C., Mora I.O., Shimada M.A. 2004. Impacto económico de la pigmentación del tejido adiposo en bovinos en pastoreo en el trópico. *Agrociencia* 38:173-179.
- Berge P., Cuñioli J., Renerre M., Touraille C., Micol D., Geay Y. 1993. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. *Meat Sci.*, 35: 79-82.
- Buckley D.J., Morrissey P.A., Gray J.L. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J Anim. Sci.* 73: 3122-3130.
- Carson A.F., Willott C.T., Mackie D.P., McCaughey W.J. 2001. Active immunisation of lambs with a monoclonal antibody against clenbuterol. *Livest. Prod. Sci.*, 68: 87-91.
- Channon H.A., Trout G.R. 2002. Effect of tocopherol concentration on rancidity development during frozen storage of a cured and an uncured processed pork product. *Meat Sci.* 62: 9-17.
- Clark L.C., Combs G.F., Turnbull B.W., Elizabeth H., Chalker D.K., Krongrad A., Leshner J.L., Park H.K., Sander B.B., Smith C.L., Taylor J.R. 1996. Effect of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin: a randomized controlled trial. *J. Am. Med. Assoc.* 276: 1957-1963.
- Corino C., Magni S., Pastorelli G., Ross R., Morout J. 2003. Effects of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2219-2229.
- Crouse J.D., Cross H.R., Seideman S.C. 1984. Effects of a grass or grain diet on the quality of three beef muscles. *Journal of Animal Science* 58: 619-625.
- Den Hertog-Meischke, M.J.A., Smulders F.J.M., Houben J.H., Eikelenboom G. 1997. The effect of dietary vitamin E supplementation on drip loss of bovine longissimus lumborum, psoas major and semitendinosus muscles. *Meat Sci.* 45: 153-160.
- Dunne P.G., O'Mara F.P., Monahan F.J., Moloney A.P. 2006. Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and M. longissimus dorsi of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci.* 74: 231-241.
- Dunne P.G., Monahan F.J., O'Mara F.P., Moloney A.P. 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Sci.* 81: 28-45.
- Ellis M., McKeith F. 2000. Nutritional influences on pork quality. *Facts, National Pork Producers Council. Am. Meat Sci. Assoc.* pp: 1-9.
- Fahmy S.H., Sairam M.R., Proulx J.G., Petit H.V., Jiang L.G., Dufour J.J. 1999. Effect of active immunization against luteinizing hormone on carcass and meat quality of Romanov lambs. *Small Rumin. Res.* 34: 87-96.
- Faustman C., Chan W.K.M., Schaefer D.M., Havens A. 1998. Beef color update: The role of vitamin E. *J. Anim. Sci.* 76: 1019-1026.
- Fisher A.V., Enswr M., Richardson R.I., Wood J.D., Nute G.R., Kurt E., Sinclair L.A., Wilkinson R.G. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Sci.* 55: 141-147.
- Flakoll P.J., VandeHaar M.J., Kuhlman G., Nissen S. 1991. Influence of Ketoisocaproate on lamb growth, feed conversion, and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 69: 1461-1467.
- Fontenot J.P., Allen V.G., Buneo G.E., Goff J.P. 1989. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J. Anim. Sci.* 67: 3445-3455.
- French P., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., Vidal M., Mooney M.T., Troy, D.J., Moloney A.P. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci.* 56: 173-180.
- Garrett R.P., Britain K.G., Savell J.W., Edwards J.W., Smith S.B. 1999. Body composition of lambs receiving 30 or 60 days of exercise training and (or) fenoterol treatment. *Meat Sci.*, 52: 235-246.
- Gilka J., Jelinek P., Janková B., Krejci P., Habrda J. 1989. Carcass traits and meat quality of male lambs fed monensin or lasalocid. *Meat Sci.* 25: 265-272.
- Larick D.K., Turner B.E. 1990. Flavour characteristics of forage and grain fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. *J. Food Sci.* 55: 312-368.
- Lawler T.L., Taylor J.B., Finley J.W., Caton J.S. 2004. Effect of supranutritional and organically bound selenium on performance, carcass characteristics, and selenium distribution in finishing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 82: 1488-1493.
- MacRae J.C., Lobley G.E. 1982. Some factors which influence thermal energy losses during the metabolism of ruminant. *Livest. Prod. Sci.* 9: 447-456.
- Mitsumoto M., Cassens R.G., Schaefer D.M., Arnold R.G., Scheller K.K. 1991. Improvement of color and lipid stability in beef longissimus with dietary vitamin E and vitamin C drip treatment. *J. Food. Sci.*, 56: 1489-1492.
- Miller R.K. 2002. Factors affecting the quality of raw meat. *En: Meat Processing.*

- Improving Quality. J. Kerry y D. Ledward (compiladores). Wood Head Publishing. Cambridge, Inglaterra.
- Moloney A.P., Allen P., McHugh T.V., Quirke J.F. 1995. Effects of cimaterol on Finnish-Landrace wether lambs. 1. Feed conversion efficiency, body composition and selected plasma hormone and metabolite concentrations. *Livest. Prod. Sci.* 42: 23-33.
- Moloney A.P., Allen P., Enright W.J. 1998. Passive immunization of sheep against adipose tissue: effects on metabolism, growth and body composition. *Livest. Prod. Sci.* 56: 233-244.
- Moloney A.P., Allen P., Enright W.J. 2002. Body composition and adipose tissue accretion in lambs passively immunized adipose tissue. *Livest. Prod. Sci.* 74: 165-174.
- Mora O., Romano J.L., González E., Ruiz F.J., Shimada A., 1999. *In vitro* and *in situ* disappearance of betacarotene and lutein from lucerne (*Medicago sativa*) hay in bovine and caprine ruminal fluids. *J. Sci. Food Agric.* 79:273-276.
- Morgan J.H.L., Everitt G.C. 1968. Beef production from Jersey steers grazed in three environments. *Proceedings of the New Zealand Soc. Anim. Prod.* 28: 158-176.
- Nourozi M., Abazari M., Mohammadi M., Raisianzadeh M., ZareShahne A. 2005. Effect of two beta-adrenergic agonist on performance and carcass composition of an Iranian native breed of sheep. *Pakistan J. Nutr.* 4, 384-388.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Edición The National Academy Press, Washington, D.C. 362 p.
- Pérez J.M., Vitale M., Lloret E., Arnau J., Realini C.E. 2011. Efecto de la maduración en la vida útil de la carne de vacuno envasada en atmósfera modificada. *Eurocarne* N° 198. Julio agosto 2011. Pág. 74-78.
- Ponnampalam E.N., Brenton J., Hosking Egan A.R. 2003. Rate of carcass components gain, carcass characteristics, and muscle longissimus tenderness in lambs fed dietary protein sources with a low quality roughage diet. *Meat Sci.* 63: 143-149.
- Prache S., Priolo A., Jailler R., Dubroeuq H., Micol D., Martin B., 2002. Traceability of grass-feeding by quantifying the signature of carotenoid pigments in herbivore meat, milk and cheese. *Proceedings of the 19th General Meeting of the European Grassland Federation on Multi-Function Grasslands: Quality Forages, Animal Products and Landscapes.* Association Française pour la Production Fourragère. Versailles, Francia.
- Price M.A. 1995. Development of carcass grading and classification systems. En: *Quality and grading of carcasses of meat animals.* S.D. Morgan-Jones (compilador). CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Ramírez J.E., Alvarez E.G., Montañó M., Shen Y., Zinn R.A. 1998. Influence of dietary magnesium level on growth-performance and metabolic responses of Holstein steers to laidlomycin propionate. *J. Anim. Sci.* 76: 1753-1759.
- Ramírez-Briebesca J.E., Tórtora J.L., Huerta M., Aguirre A., Hernández L.M. 2001. Diagnosis of selenium status in grazing dairy goats on the Mexican plateau. *Small Rumin. Res.* 41: 81-85.
- Rathmann R.J., Bernhard B.C., Swingle R.S., Lawrence T.E., Nichols W.T., Yates D.A., Hutcheson J.P., Streeter M.N., Brooks J.C., Miller M.F., Johnson B.J. 2012. Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 90: 3301-3311.
- SAGARPA. 2012. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estadisticas/PaginasEscenarioBase2008-2018.aspx>.
- Schaefer DM, Liu Q., Faustman C., Yin M. 1995. Supranutritional administration of vitamins E and C improves oxidative stability of beef. *J. Nutr.* 125: 1792S-1798S.
- Strachan D., Yang A., Dillon R. 1993. Effect of grain feeding on fat colour and other carcass characteristics in previously grass-fed *Bos indicus* steers. *Aust. J. Exp. Agric.* 33: 269-273.
- Swatland H.J. 1988. Interference colors of beef fasciculi in circularly polarized light. *J. Anim. Sci.* 66: 379-384.
- USDA. 2010. Dietary Guidelines for Americans. U.S. Department of Health and Human Services. <http://www.cnpp.usda.gov/dietaryguidelines.htm>
- Walker P.J., Warner R.D., Winfield C.G. 1990. Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production.* Werribee, Victoria, Australia.
- Wood J.D., Enser A.C. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Br. J. Nutr.* 78: S49-S60.
- Yang A., Larsen T.W., Tume R.K. 1992. Carotenoid and retinol concentrations in serum, adipose-tissue and liver and carotenoid transport in sheep, goats and cattle. *Austr. J. Agric. Res.* 43: 1809-1817.
- Yang A., Tume R.K. 1993. A comparison of beta-carotene-splitting activity isolated from intestinal mucosa of pasture-grazed sheep, goats and cattle. *Biochem. Molec. Biol. Intern.* 30: 209-217.
- Zamiri M.J., Izadifard J. 1995. Effect of metaproterenol, a beta-adrenergic agonist, on feedlot performance and body composition of two fat-tailed breed of sheep. *Small Rumin. Res.* 18: 263-271.
- Zamiri M.J., Karimi A. 2005. Effect of ephedrine on carcass characteristics of fat-tailed sheep. *Iranian J. Sci. Tech.*, 29: 19-27.
- Zerby H.N., Belk K.E., Dofos J.N., McDowell L.R., Smith G.C. 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with alphatocopheryl acetate. *J. Anim. Sci.*, 77: 2458-2463.
- Zinn R.A., Shen Y., Adam C.F., Tamayo M., Rosalez J. 1996. Influence of dietary magnesium level on metabolic and growth-performance responses. *J. Anim. Sci.* 74: 1462-1469.





# Inocuidad en el manejo de productos hortofrutícolas

Martínez-Martínez, T.O.<sup>1</sup>; Gallardo-Sandoval, A.<sup>2</sup>; García Osorio, C.z.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende CP 38110, Celaya, Guanajuato.

<sup>2</sup>Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura; Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco C.P. 56230, Texcoco, Edo. México.

<sup>3</sup>Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco C.P. 56230, Texcoco, Estado de México.

**Autor responsable:** talolivia77@hotmail.com

## RESUMEN

La producción de frutas y hortalizas inocuas en México es una prioridad para asegurar la salud del consumidor y evitar rechazos de los mercados nacionales e internacionales. Debido a la detección de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos por el consumo de productos mexicanos, desde 2000 el sector federal ha implementado prácticas de producción que reducen los riesgos de contaminación. En este trabajo se presenta la importancia de la inocuidad en la producción de frutas y hortalizas, y algunas de las acciones que se han implementado para minimizar el riesgo de contaminación durante la producción..

**Palabras clave:** mercado inocuo, calidad, exportación.

## INTRODUCCIÓN

La inocuidad en un alimento representa la garantía de que no causará daño al consumidor (Fernández, 2000). Esta cualidad es afectada por la presencia de peligros físicos, químicos y biológicos que pueden ser introducidos tanto en la producción primaria como en los procesos de transformación (FAO-OMS, 2003). La presencia de patógenos en los alimentos es una razón frecuente para el rechazo de productos, además de que genera situaciones de enfermedad, pérdidas económicas y problemas sociales (SENASICA, 2011). La situación mundial del comercio de alimentos obliga a los países exportadores a reforzar sus sistemas de control, así como a adoptar y vigilar estrategias de control de la inocuidad basadas en el riesgo de contaminación (Figura 1).

**Valor nutricional de frutas y hortalizas**

Las frutas y hortalizas frescas poseen un alto contenido de agua, carbohidratos, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes necesarios para una dieta saludable y balanceada (López, 2003; Berger et al., 2010) (Cuadro 1). Lo anterior ha incrementado la demanda y el consumo de productos frescos en forma de ensaladas, jugos y cócteles, y ha incentivado su uso como remedios para enfermedades crónico degenerativas (López de Val y Martínez, 2005).

**Importancia de los productos hortofrutícolas**

En las últimas décadas la producción de frutas y hortalizas se intensificó como resultado de la globalización de los mercados y el desarrollo tecnológico (Mercado, 2007). A nivel mundial, de 2005 a 2010 se observó un incremento en la producción de 234.9 a 246.1 millones de toneladas, lo que significó un aumento de 4.6% (FAO-FAOSTAT, 2012). Para 2010, México tuvo 0.2% de la producción mundial, mientras que países como China, con altos niveles de población, contribuyeron con 59.1% (Figura 2).

En México, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), informa que en 2006 la exportación de hortalizas y frutas generó divisas por 6,500 millones de dólares. En 2008 esta cifra se elevó a 9,400 millones de dólares, lo que representa 32% de las



Figura 1. Estrategias de control de inocuidad en la producción agrícola A: Lavado de manos, B: Normatividad, C: Trampas para roedores e insectos, D: Sanitarios

Cuadro 1. Contenido de nutrientes esenciales en algunos productos hortofrutícolas en base a 100 g de porción comestible.

Alimento	Proteína (g)	CH (mg)	Fibra (g)	Calcio (mg)	Fierro (mg)	Vit. C (mg)	Vit. B1 (mg)	Vit. B2 (mg)
Espinacas	1.4	4.3	2.0	43	0.5	4.9	0.06	0.05
Pimiento	1.2	3.8	1.0	11	0.4	120	0.07	0.04
Tomate	1.0	4.0	1.5	11	0.6	38	0.09	0.04
Zanahoria	1.2	9.0	3.0	39	1.2	9	0.06	0.06
Cebolla	1.4	10	1.0	32	0.05	28	0.05	0.07
Aguacate	2.1	4.7	2.0	10	0.7	20	0.1	0.18
Melón	0.8	6.5	1.0	18	0.4	10	0.02	0.05
Manzana	0.3	12	2.0	6	0.4	3.0	0.04	0.02
Pera	0.4	14	2.0	12	0.4	3.0	0.02	0.05
Naranja	1.1	9	2	28	0.4	50	0.1	0.03

CH=Carbohidratos; Vit=Vitaminas. Fuente: López de Val y Martínez (2005).

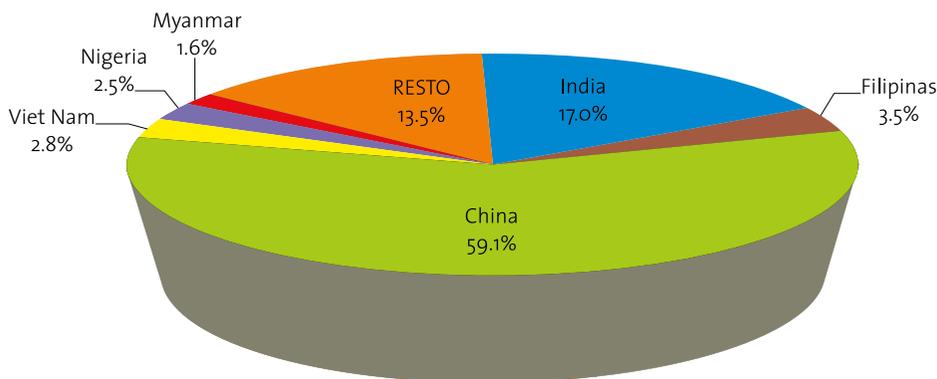


Figura 2. Producción mundial de frutas-hortalizas para el 2010 (FAO-FAOSTAT, 2012).

exportaciones de la producción agrícola en México (Cuadro 2), destacando la exportación de 1.1 millones de toneladas de jitomate y 326 mil toneladas de aguacate, cuyo destino principal fue Estados Unidos. (INEGI, 2012).

**Problemas de contaminación de productos hortofrutícolas**

Además de ser una fuente importantes de vitaminas, minerales, fibra y energía, las frutas y hortalizas frescas pueden ser vehículo de contaminantes químicos, biológicos y físicos (Fernández, 2000). Dentro de los contaminantes biológicos se menciona a bacterias, virus, parásitos y hongos productores de toxinas, microorganismos capaces de colonizar y sobrevivir en o sobre frutas y verduras (Berger *et al.*, 2010). Cuando estos microorganismo causan enfermedades se consideran patógenos (Fernández, 2000); los de mayor incidencia en los productos hortofrutícolas son virus (hepatitis A) y norovirus; parásitos (*Cyclospora cayetanensis*,

Cuadro 2. Divisas generadas por exportación de productos hortofrutícolas en México para 2011 (INEGI, 2012).

Producto	Miles USD*
Tomate fresco o refrigerado	1 193 402
Pepino y pepinillo	132 226
Hortalizas frescas o refrigeradas	830 002
Aguacate, guayaba, mango y piña	515 008
Cítricos frescos o secos	111 463
Melón, sandía y papaya frescos	253 049
Resto	6 422 596
Total	9 457 746

\*USD= dólares americanos.

*Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*); y bacterias (*Bacillus cereus*, *Clostridium* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio cholerae*, *Campylobacter* spp., y *Yersinia enterocolitica*), (Berger et al., 2010).

De estos microorganismos, *Salmonella* spp. y *E. coli* O157:H7 son los que se han relacionado con mayor frecuencia como agentes causales de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (Fernández, 2000). En México, la salmonelosis se considera dentro de los mayores problemas de salud pública. Estudios dirigidos a este género señalan que infecciones causadas por los serotipos de *Salmonella entérica*, *S. typhimurium*, *S. typhi*, y *S. paratyphi*, son las causas más importantes de mortalidad (Zaidi et al., 2006; Gutiérrez-Cogco et al., 2000) y están asociadas al síndrome septicémico y a las fiebres tifoidea y paratifoidea (Gutiérrez et al., 2008). Otros serotipos documentados en México son *S. derby*, *S. agona* y *S. anatum* (Gutiérrez et al., 2008; Zaidi et al., 2006).

El género *Salmonella* se encuentra distribuido por todo el mundo y habita en el tracto intestinal del hombre y de animales salvajes, aves, reptiles, anfibios y artrópodos (Gorbach et al., 2004). La fuente principal de contaminación son las heces fecales cuando se liberaran al medio ambiente; la bacteria es capaz de sobrevivir 87 días en agua, 148 en heces de roedores, 199 en heces de cucarachas, 300 en polvo, y 530 en tierra húmeda (Fernández, 2000). Los cuadros clínicos en una infección por esta bacteria se presentan con fiebre, dolor de cabeza, náuseas, vómito, dolor abdominal y diarrea, tiene un período de incubación de una a dos semanas, con una duración

variable de la enfermedad (Gorbach et al., 2004). Su modo de transmisión es de forma oral a través de agua y alimentos, y de persona a persona vía fecal-oral (Fernández, 2000).

Por otro lado, *Escherichia coli* es un bacteria que habita en los intestinos de todos los animales, incluyendo el humano, y regula la flora intestinal de forma natural al suprimir el crecimiento de bacterias patógenas (Gorbach et al., 2004). Sin embargo, algunas cepas causan padecimientos extraintestinales y otras, diarreas. Las cepas de *E. coli* se clasifican en seis grupos de acuerdo su mecanismo de patogenicidad y cuadro clínico: enterotoxigénica (ETEC), enteroinvasiva (EIEC), enteropatógena (EPEC), enterohemorrágica (EHEC), enteroagregativa (EAEC), y adherencia difusa (DAEC), relacionados con su mecanismo de patogenicidad y cuadro clínico (Hernández-Cortez et al., 2011). Además del hombre, los reservorios principales de este patógeno son reses, ovejas y, en menor medida, cabras, cerdos y pollos. El patógeno se ha asociado con hortalizas crudas y semillas germinadas (“germinados”), aunque también se ha aislado de tuberías, drenaje, equipos de ordeña, mesas de trabajo, tanques de refrigeración, guantes, y ropa de manipuladores. La importancia de determinar la presencia de *E. coli* en un alimento es que el patógeno es un indicador de exposición a heces fecales (Fernández, 2000). Las condiciones óptimas para su crecimiento son: temperatura mínima de 2.5 °C y máxima de 45 °C; puede sobrevivir a temperaturas de refrigeración y congelación (Hernández-Cortez et al., 2011).

Otras bacterias patógenas que se han determinado en hortalizas son *Listeria monocytogenes*, *Shi-*

*gella* spp, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, y *Vibrio cholerae*, microorganismos que se caracterizan por causar diarreas, dolor abdominal y muscular, cefaleas, fiebre, septicemia, sangre en heces fecales y, en algunos casos, afecciones crónicas (Hernández-Cortez et al., 2011). Los parásitos que se han documentado en hortalizas contaminadas son *Entamoeba histolytica*, *E. dispar*, *Blastocystis hominis*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* spp., *Endolimax nana*, *Hymenolepis nana*, *Fasciola hepatica*, *Strongyloides stercoralis*, *Anquilostomideos*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Enterobius vermicularis*, *Toxocara canis*, *Taenia* spp, *Trichostrongylus* spp., y *Toxoplasma gondii* (Erdoğanlı y Şener, 2005), comúnmente conocidos como amibas, solitarias y lombrices. El agua es el vehículo principal de contaminación, seguido de materia fecal de origen humano o de fertilización con desechos humanos, también por el transporte o manipulación humana (Hernández-Cortez et al., 2011).

La mayoría de las ocasiones es difícil asociar los contaminantes químicos con los episodios de enfermedad por el consumo de un alimento, debido a que la intoxicación aparece mucho tiempo después. Dentro de este tipo de contaminantes se encuentran plaguicidas, fertilizantes, aditivos alimentarios, toxinas naturales o de microorganismos, y metales pesados (FAO-OMS, 2003; Guerrero, 2003). En México se estima que el uso de estos productos se ha incrementado en el tiempo; tan sólo para el año 2000 se consumieron 50,000 toneladas, mientras que para 2006 fueron 95,025 toneladas (González-Arias, 2010). El uso inadecuado de estos productos representa un riesgo para la salud humana, causando

alteraciones hormonales, malformaciones congénitas, capacidad mutagénica, y diferentes tipos de cáncer (González-Arias, 2010; Guerrero, 2003). Existe un riesgo latente cuando los plaguicidas son arrastrados por los escurrimientos durante lluvias o riego agrícola hacia los cuerpos de agua superficiales y subterráneos (Hernández-Antonio y Hansen, 2011).

**En México, 80% del total del uso de plaguicidas se concentra en los estados de Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México, Puebla y Oaxaca. Los principales grupos de compuestos asociados con intoxicaciones son piretroides, organofosforados, carbamatos y organoclorados (González-Arias et al., 2010). Los síntomas generales que se presentan durante la intoxicación aguda son fatiga, mareos, náuseas y vómitos, y problemas respiratorios y neurológicos (Guerrero, 2003).**

Los metales pesados pueden introducirse en los alimentos a través del suelo del agua o del material en contacto con los alimentos (FAO-OMS, 2003). En diferentes estudios con campos contaminados se demostró la transferencia de metales pesados, como cadmio, plomo, zinc y cobre, a los vegetales sembrados en esas áreas. Los metales pesados suelen llegar a los suelos agrícolas por el arrastre de estos compuestos a través del agua (Alama et al., 2003).

Las micotoxinas son otro grupo de contaminantes químicos tóxicos o cancerígenos, producidos por algunas espe-

cies de hongos (Figura 3). Las más conocidas son aflatoxinas, ocratoxinas, fumonisinas, zearalenona, y tricotecenos. Algunos cultivos, como cacahuete, maíz, pistaches, nueces, café, copra y frutos en refrigeración (Figura 3), presentan una marcada susceptibilidad a la contaminación; también en leche y carne se han detectado estos compuestos por el uso de piensos (forrajes) contaminados en la alimentación del ganado (FAO-OMS, 2003).

#### **Brotos de ETAS causados por el consumo de productos mexicanos**

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) se originan por la ingestión de alimentos o agua contaminada con agentes contaminantes en dosis suficientes para afectar la salud del consumidor. Dos conceptos fundamentales durante la aparición de ETA son el de “caso”, cuando se trata de un individuo que muestra una o más de las características clínicas de alguna enfermedad, y el de “brote epidemiológico”, cuando es un evento masivo de enfermedad y se confirma al observar un número inusual de casos en relación con una misma sintomatología y una fuente común (Fernández, 2000). Las enfermedades de transmisión alimentaria son uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial, debido a que ocasionan alta morbilidad y mortalidad, además de generar pérdidas económicas y generación de mayores costos a los servicios de salud. En México, en los últimos años se ha señalado la frecuencia de brotes por enfermedades transmitidas por la ingesta de alimentos y, en su mayoría, se han atribuido a la presencia de contaminantes de tipo biológico (Fernández, 2000). Tan sólo para 2010 se detectaron 40,903 casos por intoxicación alimentaria bacteriana sin especificar patógeno, 120,414 casos por paratifoidea y otras salmonelosis, 44,757 por fiebre tifoidea, 11,378 por shigelosis, 20,678 por giardiasis, y 18,398 por hepatitis tipo A (CENAVECE, 2011).

Se calcula que en países desarrollados los plaguicidas causan hasta un millón de casos de intoxicación y 20,000 muertes (Klein-Schwartz y Smith, 1997). Los países en vías de desarrollo son particularmente vulnerables, debido a que las regulaciones y cumplimientos de las normas son flexibles, además de que no se mantiene un sistema de vigilancia acertado. En México, en el año 2010 se diagnosticaron 3,068 casos por intoxicación con plaguicidas (CENAVECE, 2011); aunque estos datos se refieren principalmente a intoxicación durante la aplicación (Figura 4), es importante mencionar que no existe información suficiente sobre los productos involucrados y en la mayoría de las veces no se levantan los reportes correspondientes.



Figura 3. Microfotografía de *Rhizopus* spp.



Figura 4. Aplicación de plaguicidas en campo sin el equipo de protección y presencia de ganado en huertas de hortalizas.

### Implicaciones de aparición de brotes

En México se calcula que anualmente mueren 16,000 personas por ETAs y se generan pérdidas de aproximadamente 1.1 billón de dólares por concepto de productividad. Los efectos colaterales son cierre temporal de fronteras, destrucción de cultivos, suspensión de exportaciones, pérdidas valoradas en millones de dólares anuales, clausura de empresas, mala imagen de productos nacionales en el exterior, ausentismo laboral y escolar, y gastos en atención médica entre otros (Cuellar, 2001). Según datos del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, durante 2008 y 2011 se presentaron 97 casos de rechazo de productos hortofrutícolas; 73, por la presencia de residuos químicos, 24 por peligro biológico y 2 por riesgo físico (SENASICA, 2011). No obstante, los peligros biológicos son los que han repercutido en mayor proporción al comercio internacional. A continuación se mencionan los brotes más importantes para México.

En marzo de 1997 un brote de hepatitis tipo A afectó a más de 200 es-

tudiantes y maestros en Michigan, Estados Unidos, y fue atribuido al consumo de fresas producidas en el Valle de San Quintín, Baja California. Un segundo brote por este virus, en noviembre de 2003 en Pennsylvania, fue atribuido al consumo de cebollín fresco proveniente de la parte norte de la misma zona, y afectó fuertemente a los productores del Valle de Mexicali, cerrándose temporalmente el mercado estadounidense, con lo cual los productores perdieron gran parte de este nicho de mercado (Calvin, 2003).

**En el periodo 2001-2002, en Estados Unidos se detectaron brotes de *Salmonella* spp. y dos personas murieron presuntamente por consumo de melones importados de México. Según el reporte emitido, la contaminación ocurrió debido a condiciones laborales insalubres en las huertas de producción, lo que llevó a la suspensión parcial de las importaciones de melón mexicano (Castillo et al., 2004).**

Durante 2008 y 2009, en Estados Unidos se detectó la presencia de *Salmonella* spp. en tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), chile (*Capsicum annum* L.), hierbas y cebollines (*Allium schoenoprasum*). El valor de las exportaciones de tomate fresco y refrigerado disminuyeron 40.7%, lo que representó pérdidas millonarias por 1200 millones de pesos (80 millones diarios) para México, repercutiendo en la pérdida de empleos directos e indirectos ligados a esta cadena productiva (Mejía y López, 2008). Finalmente, de enero a agosto de 2011, en 25 estados de los Estados Unidos se detectaron 106 casos de salmonellosis por el consumo de papaya de origen mexicano contaminada por *Salmonella agona* (FDA, 2012). Los estudios epidemiológicos indicaron que la fuente de contaminación fue la papaya importada de México por una empresa de McAllen, Texas. La presencia de la bacteria ocasionó el retiro del mercado del producto, además de gastos para detectar a *Salmonella agona* en todos los contendedores de papaya procedentes de México al momento de ingresar al territorio estadounidense (SENASICA, 2011).

### Sistemas de inocuidad alimentaria

En México, desde el año 2000, a través de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (DGIAAP), y con marco legal de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, se ha promovido la implementación de Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC) basados en la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manejo (BPM), Buenas Prácticas de Higiene (BPH), y Procedimientos de Operación Estándar de Saneamiento (POES), para reducir la incidencia de brotes de enfermedades gastrointestinales atribuidas al consumo de hortalizas frescas crudas.

Para desarrollar estos programas, la DGIAAP se apoya en los Comités Estatales y las Juntas Locales de Sanidad Vegetal de todos los Estados de la República Mexicana (SENASICA, 2011). Los SRRC se encuentran implementados en productos hortícolas de importancia económica, como jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), chile (*Capsicum annum* L.), cebollín (*Allium schoenoprasum*, ajo (*Allium sativum*), calabaza (*Cucurbita* spp.), cebo-

lla (*Allium cepa*), cilantro (*Coriandrum sativum*), tomate (*Physalis* spp.), pepino (*Cucumis sativus*), lechuga (*Lactuca sativa*), chícharo (*Cicer arietinum*), albahaca (*Ocimum basilicum*), dill (*Anethum graveolens*), tomatillo (*Physalis philadelphica*), hierbas aromáticas, limón (*Citrus* spp.), pimiento (*Capsicum frutescens*), brócoli (*Brassica oleracea italica*), apio (*Apium graveolens*), aguacate (*Persea americana*), menta (*Mentha piperita*), salvia (*Salvia* spp.), tomillo (*Thymus vulgaris*), jícama (*Pachyrhizus erosus*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), haba (*Vicia faba*), acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), ejote (*Phaseolus* spp.), espinaca (*Espinacea oleracea*) espárrago (*Asparagus officinalis*), zanahoria (*Daucus carota*), coliflor (*Brassica oleracea*), repollo (*Brassica oleracea* var. *viridis*), nopal verdura (*Opuntia ficus indica*) (SENASICA, 2011) (Figura 5).

A nivel internacional, las primeras regulaciones en materia de inocuidad se establecieron en 1998 cuando la Food and Drug Administration (FDA) y el Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN) expidieron lineamientos sobre lo que constituyen las Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura a través de la “Guía para reducir al mínimo el



Figura 5. Buenas prácticas de manejo en empaque de diversos productos hortofrutícolas.

riesgo microbiano en los alimentos en el caso de frutas y hortalizas”. A través de la asociación Euro-Retail Produce Working Group (EUREP), en Europa se implementaron normas de calidad, estándares y procedimientos, con el fin de lograr el desarrollo de BPA en frutas, vegetales y plantas ornamentales. Sin embargo, existen directrices internacionales generadas por el *Codex Alimentarius*, que mantienen normas para el funcionamiento de los sistemas de seguridad alimentaria a través de la implementación de la BPM's y BPA's, así como el sistema de análisis de riesgos y puntos críticos de control (HACCP, por sus siglas en inglés) y otros sistemas internacionales de gestión de la inocuidad de alimentos (FAO-OMS, 2003). En cuanto a legislaciones en materia de inocuidad alimentaria, en América Latina no se observa una falta de leyes o reglamentos; sin embargo, a muchas de ellas no se les da cumplimiento, o bien, no están actualizadas y sustentadas científicamente y reflejan un sistema jurídico débil (Mercado, 2007).

## CONCLUSIONES

**La aparición** de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos es una limitante para la comercialización de productos hortofrutícolas. Como parte de las estrategias para reducir los riesgos de contaminación, se deben implementar programas de buenas prácticas de producción y empaque, aunado al marco normativo nacional e internacional vigente. Es indispensable que el productor conozca el alcance de los sistemas de inocuidad y la forma de integrarlos a sus sistemas de producción.

## LITERATURA CITADA

Alama M.G.M., Snow E.T., Tanaka A. 2003. Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. *Science of The Total Environment*. 308 (1-3): 83-96.

Berger C.N., Sodha V.S., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P., Frankel G. 2010. Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12 (9): 2385-2397.

Calvin L. 2003. Produce, Food Safety and International Trade: Response to US Foodborne Illness Outbreaks Associated with Imported Produce”, en Jean Buzby C., *International Trade and Food Safety, Agricultural Economic Report No. 828, Economic Research Service, USDA*.

Castillo A., Mercado I., Lucía M.L., Martínez R.Y., De León P.J., Murano A.E., Acuff R.G. 2004. Salmonella contamination during production of cantaloupe: a binational study. *J. Food Prot. (USA)*. 67(4):713-720.

CENAVECE. 2011. Anuarios de Morbilidad 1984-2010. Disponible en: <http://www.dgepi.salud.gob.mx/anuario/html/anuarios.html>. Accesado: agosto 8 de 2012

Cuellar J. 2001. El *Codex Alimentarius* y su importancia para la Salud Pública. Taller subregional sobre gestión del codex y programación de

actividades del proyecto TCP/RLA/0065. República Dominicana. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/prior/comagric/codex/rla0065/gestion.htm>

Erdoğrul Ö., Şener H. 2005. The contamination of various fruit and vegetable with *Enterobius vermicularis*, *Ascaris* eggs, *Entamoeba histolytica* cysts and *Giardia* cysts. *Food Control*. 16: 559-562.

FAO-OMS. 2003. Garantía de la Inocuidad y Calidad de los Alimentos: Directrices para el Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Control de los Alimentos. Organización Mundial de la Salud-Organización de las Naciones Unidas, la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO Alimentación y Nutrición No. 76. 94 p.

FAO-FAOSTAT. 2012. The state of Food and Agriculture. Investing in Agriculture for a better future. Rome, Italy. 164 p.

FDA. 2012. Brote de origen alimentario podría estar relacionado con la papaya distribuida por Agromod Produce, Inc. U.S. Food and Drug Administration. Disponible: <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/2011/ucm266453.htm>. Accesado: agosto 8 de 2012.

Fernández E.E. 2000. Microbiología e inocuidad de los alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. 931 p.

González-Arias C.A., Robledo-Marengo Ma. de L., Medina-Díaz I.M., Velázquez-Fernández J.B., Girón-Pérez M.I., Quintanilla-Vega B., Ostrosky-Wegman P., Pérez-Herrera N.E., Rojas-García A.E. 2010. Patrón de uso y venta de plaguicidas en Nayarit, México. *Rev. Int. Contam. Ambie*. 26 (3) 221-228.

Gorbach S. L., Bartlett J.G., Blacklow N.R. 2004. *Infectious Diseases*. 3rd ed. USA. 2700 p.

Guerrero J.A. 2003. Estudio de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas en áreas específicas de Colombia. *Agronomía Colombiana*. 21(3):198-209.

Gutiérrez C.A.D., Paasch M.L.H., Calderón A.N.L. 2008. Salmonelosis y campilobacteriosis, las zoonosis emergentes de mayor expansión en el mundo. *Vet. Mex*. 39: 81-90.

Gutiérrez-Cogco L., Montiel-Vázquez E., Aguilera-Pérez P., González-Andrade M. del C. 2000. Serotipos de Salmonella identificados en los servicios de salud de México. *Salud Pública Mex*. 42:490-495.

Hernández-Antonio A., Hansen A.M. 2011. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Rev. Int. Contam. Ambie*. 27 (2): 115-127.

Hernández-Cortez C., Aguilera-Arreola Ma. G., Castro-Escarpullí G. 2011. Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *Enf. Inf. Microbiol*. 31 (4): 137-151.

INEGI. 2012. Boletín de información oportuna del sector alimentario. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en línea: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sectorial/biosa/biosa.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sectorial/biosa/biosa.pdf). Accesado: agosto 14 de 2012.

Klein-Schwartz W., Smith G.S. 1997. Agricultural and horticultural chemical poisonings: mortality and morbidity in the United States. *Ann Emerg Med*. 29(2):232-8.

López de Val T., Martínez de Icaya P. 2005. Verduras, hortalizas y frutas. *In: Alimentación y Nutrición: Manual Teórico-Práctico*. Vázquez C., De Cos A. I. y López-Nomdedeu C. (eds). 2da. Ed. España.

López C.A.F. 2003. Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas del campo al mercado. INTA E.E.A. Balcarce, Argentina. FAO (151).

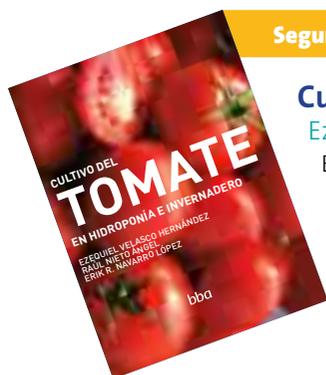
Mejía A.A., López H.R. 2008. Proposiciones de Ciudadanos Legisladores. Senado de la República. Segundo Periodo Comisión Permanente. Gaceta: 16.

Mercado C.E. 2007. Los ámbitos normativos, la gestión de la calidad y la inocuidad alimentaria: una visión integral. *Agroalimentaria*. 24: 119-131

SENASICA. 2011. Informe de Resultados 2008- 2011. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección de Inocuidad Agroalimentaria, Operación orgánica y plaguicidas de uso agrícola. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/?id=3376>.

Zaidi M.B., López-Macías C., Calva E. 2006. Estudios mexicanos sobre Salmonella: epidemiología, vacunas y biología molecular. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 48(2): 121-125.

Segunda edición



## Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero

Ezequiel Velázquez Hernández, Raul Nieto Ángel, Erik R. Nanárrro López

El uso de invernaderos y de la hidroponía para el cultivo comercial de diferentes especies hortícolas se ha incrementado aceleradamente en los últimos quince años. El conocimiento sobre las especies o variedades más rentables, y el manejo de los factores que influyen en la producción, se han ido desarrollando hasta integrar los paquetes tecnológicos más adecuados para las diferentes condiciones ambientales y económicas de producción. Los autores del presente libro, además de dominar los fundamentos de la Fisiología Vegetal, poseen una amplia experiencia práctica en el manejo del cultivo de tomate (tomate rojo o jitomate) bajo esta condición ambiental.

El contenido del libro se presenta en forma lógica y gradual e incluye los siguientes temas:

- *El sistema de cultivo en invernadero: ventajas y desventajas*
- *Factores que influyen significativamente en la producción*
- *Nutrición mineral y riego*
- *Preparación de la solución nutritiva*
- *Plagas, enfermedades, y desórdenes fisiológicos*
- *Maduración fisiológica para cosecha*
- *Uso de portainjertos*

El texto guía al productor, desde la definición del material vegetal y todo el proceso de producción, hasta las nuevas tecnologías más eficientes para que el tomate exprese su máximo potencial.

## El Camino Real de Tierra Adentro

Tomás Martínez Saldaña

Este libro encierra en sus páginas una narrativa fascinante. Describe la saga de una ruta entrañable: El Camino Real de Tierra Adentro, senda proverbial para viandantes que la han recorrido durante siglos; sendero vital entre el norte de México y el suroeste de los EE.UU. El camino real de tierra adentro comenzó como un sendero de indecisas huellas, de mercaderes nativos, frailes incautos, gambusinos osados y esperanzados labradores y pastores. Con el tiempo se formaron a su vera importantes poblaciones como Querétaro, San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Fresnillo, Sombrerete, Durango, Paso del Norte, Socorro, Alburquerque y Santa Fe.

A lo largo del camino, y de la mano de una lectura atenta, descubriremos la antigua ruta que va de Zacatecas a Paso del Norte, y de allí hasta Santa Fe del Nuevo México. El contraste con las supercarreteras es alucinante. Aquí se narra el nacimiento del moderno norte novohispano.



## El cultivo del maíz – Temas selectos / Volumen 2

Rafael Rodríguez Montessoro y Carlos de León

Este segundo volumen de temas selectos del cultivo del maíz incluye una gran diversidad de temas: desde los más tradicionales como su iconografía en Mesoamérica, hasta su utilización para producir biocombustibles, pasando por los posibles efectos deletéreos de los transgenes en otras plantas cultivadas. Seguramente esta nueva obra recibirá la misma favorable acogida que su predecesora.

Otros temas que conviene destacar son:

- *El maíz y sus usos estratégicos*
- *La importancia del riego*
- *Mecanización del cultivo*
- *El maíz en la bioeconomía*
- *Genotecnología convencional y moderna del maíz*



## El libro de los Bovinos Criollos de América

Jorge de Alba Martínez

Hace cinco siglos comenzó la conquista y colonización del Continente Americano, que trajo consigo plantas y animales exóticos que invadieron el ambiente original; entre ellos el ganado bovino, que se reprodujo y extendió ampliamente en tierras templadas, tropicales y desérticas del nuevo mundo. Comenzó así el proceso descrito por Darwin como la evolución bajo domesticación a través del tiempo.

Un científico mexicano, el Dr. Jorge de Alba, encontró núcleos de vacas criollas lecheras en Centroamérica y posteriormente en Suramérica. Estos hatos tenían detrás quinientos años de historia y desafiaban con éxito todos los problemas y retos que limitan drásticamente la producción y la vida misma de esos animales, mejor adaptados a lugares templados, cuando son llevados a climas más adversos.

El Dr. de Alba, maestro e investigador en Turrialba, Costa Rica, se percató de que esas vacas criollas eran un tesoro genético para la producción de leche en los trópicos del mundo. Los siguientes sesenta años de su vida los dedicó a localizar hatos, y a conservar y mejorar la productividad de esas vacas mediante la investigación y la transferencia.

En este libro póstumo Don Jorge relata, con lenguaje claro y preciso, la historia completa de los viajes, descubrimientos, los resultados de los proyectos de investigación y los colaboradores participantes. La saga culmina con la creación de una asociación de productores de ganado criollo lechero y para carne con base en México, que se extiende a Mesoamérica. Se describen más de veinte razas criollas supervivientes: desde Argentina hasta la costa este de EEUU.



## Herbolaria mexicana

F. Alberto Jiménez Merino

El conocimiento y uso de las plantas medicinales para mantener o recuperar la salud es tan antiguo como la existencia del hombre. La herbolaria ha sido practicada por la mayoría de las civilizaciones; fue ampliamente difundida por griegos y romanos como Galeno e Hipócrates, cuya enseñanza médica rigió al mundo hasta la Edad Media.

Recientemente ha resurgido el interés por las plantas medicinales. Muchos de los medicamentos de la industria farmacéutica contienen derivados de ellas. Según la herbolaria china existe una planta para casi cualquier trastorno de la salud. Por otra parte, también debemos tomar en cuenta el carácter preventivo que tiene el consumo de las plantas para muchas enfermedades.

*En esta obra se caracterizan 457 plantas y productos como una contribución al estudio de la herbolaria, destacando el papel que pueden jugar en la economía de las comunidades rurales, debido a la creciente industria de productos herbales farmacéuticos. Se previene también sobre la recolección excesiva de algunas especies, varias de ellas en peligro de extinción.*

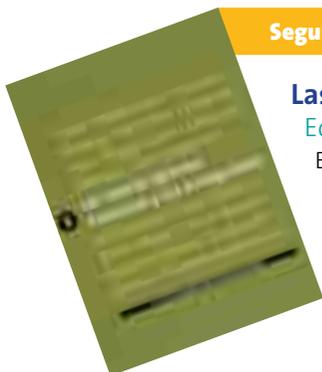


Segunda edición

## Las ciencias agrícolas mexicanas y sus protagonistas / Volumen 1

Eduardo Casas y Gregorio Martínez

El prólogo de Norman Borlaug que honra este volumen presenta un vívido recuento de los trabajos y los días de los pioneros de la investigación agrícola en México: de Edmundo Taboada a Basilio Rojas Martínez pasando por una lista de epónimos que el lector puede revisar en la portada. Los 14 protagonistas de esta saga son tan notables que destacar a algunos sería una injusticia histórica. Sin duda, los más de 100,000 agrónomos mexicanos encontrarán en esta obra de Eduardo Casas Díaz y Gregorio Martínez Valdés una referencia histórica y, los más afortunados, alguna alusión personal: directa o indirecta.



## Las ciencias agrícolas mexicanas y sus protagonistas / Volumen 2

Eduardo Casas, Gregorio Martínez y Said Infante

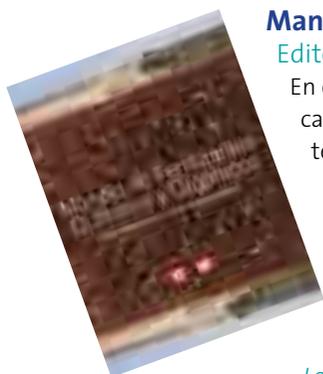
El primer volumen de esta saga, que documenta las contribuciones de los investigadores en ciencias agrícolas al desarrollo del país, incluyó entrevistas con 14 precursores y adelantados. En él predominaron, como es de justicia histórica, los fundadores de la Oficina de Estudios Especiales y posteriormente del INIA y del Colegio de Postgraduados. En esta secuela, que es el segundo capítulo de esta historia, se privilegia la diversidad. Se incluye a tres mujeres formidables: Czeslawa Prywer Lidbarzka, María Luisa Ortega Delgado y Evangelina Villegas. También aparecen agrónomos egresados de diversas instituciones, como la Escuela Nacional de Agricultura (ahora UACH), la Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro (ahora UAAAN), o investigadores cuyo origen profesional no es agronómico, pero que incidieron en este ámbito. Más alentador: hay entrevistas con notables investigadores todavía en activo, por lo que hay futuro para la investigación en ciencias agrícolas en México.



## Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos

Editores: Sergio Salgado García y Roberto Nuñez Escobar

En este siglo la población del mundo podría duplicarse, lo que requerirá incrementar en la misma medida la capacidad de producir alimentos. Los fertilizantes son uno de los principales insumos necesarios para mantener e incrementar los rendimientos de los cultivos. Los fertilizantes químicos de mayor uso se elaboran a partir del petróleo, lo que encarece su costo y reduce su disponibilidad en regiones de extrema pobreza. Por ello, en este libro se proponen soluciones para producir alimentos con alternativas más sustentables de fertilización del suelo. Los diferentes capítulos de esta obra se centran en los siguientes tópicos:



- Importancia de los fertilizantes
- El suelo y la nutrición de los cultivos
- Los fertilizantes químicos
- Fertilizantes de liberación lenta
- Micronutrientes
- Recomendaciones de fertilización
- Los fertilizantes y la fertirrigación
- Los abonos orgánicos

Este libro será una referencia útil para estudiantes y profesores de agronomía, así como para agricultores, estudiosos de la fertilidad del suelo y para técnicos asesores en fertilización de cultivos.

## Manual práctico de ArcView GIS 3.2 / Temas selectos

Coordinador: Enrique Mejía Sáenz

ArcView® es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio desarrollado por Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI); el nombre, software y logotipos de ArcView® nombrados y mostrados en este libro son propiedad exclusiva de ESRI, y se hace referencia a ellos con un solo objetivo, el de mostrar la facilidad y conveniencia del uso del SIG ArcView®. <http://www.esri.com>





## Turismo Rural

Experiencias y desafíos en Iberoamérica

José Pedro Juárez Sánchez

Benito Ramírez Valverde

En los años recientes el turismo rural ha crecido a una tasa anual de seis por ciento, dos puntos por arriba de la del turismo en general en el mundo; lo que implica que tres de cada cien actividades turísticas están relacionadas con el sector rural.

Aunque el crecimiento de la actividad ha sido sorprendente, también se han tenido numerosos fracasos de empresas u organizaciones civiles que se iniciaron en este rubro. La razón principal es el desconocimiento -por parte de los empresarios y gestores sociales- de una industria compleja y mutable; que requiere un alto nivel de profesionalización y una capacidad de innovar que responda a las demandas de una clientela con niveles muy altos de exigencia.

Esta obra, escrita por especialistas muy avezados en el tema recoge experiencias, no todas exitosas, de diversos países de Iberoamérica. Entre otros: Argentina, Brasil, Colombia, Chile, España, México, Perú y Venezuela.

El libro está dirigido a académicos, empresarios, y lectores curiosos interesados en el tema, los que la encontrarán muy útil.

NOVEDAD

## Semillas mexicanas mejoradas de maíz: Su potencial productivo

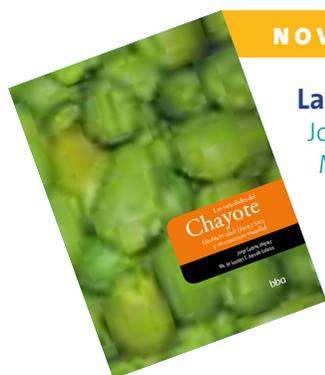
Alejandro J. Trueba Carranza

Este libro es producto del esfuerzo y el empeño de un grupo de técnicos coordinados por Alejandro Trueba Carranza, un destacado agrónomo mexicano, especialista en suelos, ex Director General de Política Agrícola y de la Dirección General de Fomento a la Agricultura. Reseña la que es, sin duda, la más completa investigación sobre las semillas mejoradas de maíz en México; asimismo presenta un análisis de la evolución de los rendimientos del grano de 2000 a 2010; describe la evolución del germoplasma; las fortalezas y debilidades de las variedades más utilizadas; su demanda por los productores; e incluye un catálogo de variedades mejoradas.



También incluye aspectos organizativos, legales, como estrategias de apoyo a la producción, y muchos tópicos más. Puesto que, como escribió Miguel Ángel Asturias, somos hombres de maíz, este libro será lectura indispensable para un vasto sector de las sociedades mesoamericanas.

NOVEDAD



## Las variedades del chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) y su comercio mundial

Jorge Cadena Iñiguez

Ma. de Lourdes C. Arevalo Galarza

En esta obra se hace una descripción detallada de las principales variedades de chayote (*Sechium edule*), un recurso alimentario usado desde tiempos precolombinos. El propósito de los autores es revalorar, promover la conservación y abrir ventanas de oportunidad para esta planta.

Los principales tópicos tratados son:

*Variedades de Chayote • Características nutricionales • Mercado de exportación  
Composición bioquímica (con resultados inéditos) • Momento óptimo de corte (hortícola y fisiológico)*

## NOVEDAD



## El zacate búfalo (*Buchloe dactyloides*)

Un césped para zonas semiáridas: establecimiento y manejo

Juan Manuel Martínez Reyna

En esta obra se tratan, de manera amplia y detallada, los principales tópicos relevantes para el uso del zacate búfalo como césped en zonas semiáridas. Es producto de 10 años de investigación en el Programa de Pastos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Los temas discutidos son:

• *Origen y distribución* • *Descripción* • *Mejoramiento genético para césped* • *Adaptación climática y edáfica* • *Establecimiento de césped con zacate búfalo* • *Mantenimiento del césped* •

Aunque algunos capítulos son esencialmente para técnicos, hay temas adecuados para jardineros aficionados, incluyendo amas de casa.

## NOVEDAD

## Ariete Hidráulico

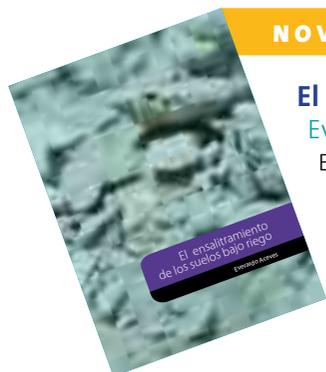
Felipe de Jesús Ortega Rivera

El ariete hidráulico es un aparato que se utiliza para elevar el agua a diferentes alturas, mediante la energía generada por él mismo. Su origen puede remontarse al año de 1772, cuando John Whitehurst inventó la “máquina de pulsación”, su antecesor. El “golpe de ariete” es el choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado cuando el movimiento del líquido cesa bruscamente, creando un incremento de presión por encima de su carga inicial. Es un fenómeno de corta duración que ocurre por maniobras de cierre de compuertas o válvulas, arranque, frenado, o cambio de velocidad de una válvula o turbina.

En esta obra se describe la evolución histórica del Ariete, se presentan y discuten las ecuaciones matemáticas necesarias para entender su funcionamiento, y se describen algunas aplicaciones prácticas. El público al que está dirigido es el de los profesionales de la ingeniería.



## NOVEDAD



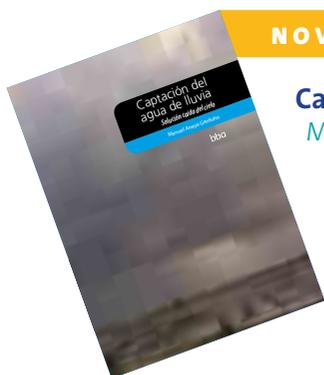
## El ensalitramiento de los suelos bajo riego

Everardo Aceves

El ensalitramiento de los suelos bajo riego afecta severamente los rendimientos de los cultivos, obviamente más a los ubicados en sistemas de irrigación muy tecnificados. En este libro se describen los mecanismos mediante los cuales las sales se originan y se acumulan en el suelo, cómo se identifican, y cómo se clasifican los suelos con diferentes grados y tipos de afectación salina; cómo las sales afectan el desarrollo de los cultivos, y qué métodos son recomendables para controlar y combatir el ensalitramiento.

La primera edición de este libro se publicó en 1979, en una edición muy limitada pero que, sin embargo, obtuvo el primer lugar en el Premio Banamex de Ciencia y Tecnología de ese año, en el ramo agropecuario. Agotada la primera edición, en ésta; la segunda, se incluyen correcciones, se adicionan temas; y se intenta aclarar fenómenos que ocurren en el sistema agua-suelo-planta. Se presentan también ejemplos prácticos para entender los cambios que ocurren en las propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y microbiológicas del suelo cuando se ensalitra.

NOVEDAD



## Captación del agua de lluvia / Solución caída del cielo

Manuel Anaya Garduño

Datos para el asombro

- De los 6700 millones de habitantes del planeta, el 21% (1400 millones) no tienen acceso al agua entubada
- En el tercer mundo, 85% de las enfermedades de la población se derivan de la mala calidad del agua que se consume, la cual provoca la pérdida de más de 5000 vidas diariamente
- Cada año se pierden 443 millones de días escolares por enfermedades relacionadas con el agua
- Millones de mujeres dedican hasta cuatro horas diarias al acopio de agua.

Los temas en esta obra

- *El agua en el mundo*
- *Gestión del agua en el ámbito internacional*
- *Experiencias en sistemas de captación del agua de lluvia*
- *Diseño de sistemas de captación*
- *Métodos de purificación y potabilización*
- *Agua de lluvia para la agricultura de temporal.*

¡Todos los seres vivos requieren agua en cantidad y calidad en forma continua!

NOVEDAD / Segunda Edición

## Los transgénicos / Oportunidades y amenazas

Víctor M. Villalobos A.

Los transgénicos son organismos (vegetales o animales) usados en la agricultura, la medicina o la industria, que han sido modificados genéticamente para conferirles ventajas de las que no disponían originalmente; y son resultado de la investigación científica, principalmente en la Ingeniería Genética, la Biología Molecular y, sobre todo, la Agronomía. La primera edición de este libro se publicó en 2008, y ha tenido varias reimpressiones, concitando un gran interés —obviamente controversial— en toda Iberoamérica. Esta segunda edición incorpora los avances en el tema en los pasados tres años, y pretende inducir un debate inteligente, civilizado e informado —muy lejos de bataholas ideológicas— sobre la ingeniería genética.



NOVEDAD



## Sabiduría del desierto, agaves y cactus: CO<sub>2</sub>, agua, cambio climático

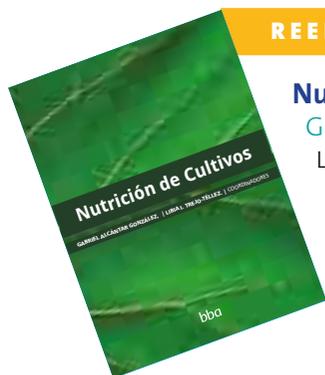
Park S. Nobel

A pesar de la gran diferencia en su taxonomía, los agaves y los cactus son muy afines en su fisiología. Ambos conservan el agua y producen biomasa en las regiones secas y muy secas; y pueden tolerar el cambio climático, que incluye incrementos en los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, e incrementos en temperatura y cambios en los regímenes de precipitación. En realidad, son plantas ideales para el futuro. ¡Lo mejor está por venir!

Contenido

*Sabiduría del desierto, agaves y cactus: CO<sub>2</sub>, agua, cambio climático; presenta información científica crucial del Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (Capítulo 2), tolerancias vegetales (Capítulo 3), y el mejoramiento vegetal a través del Índice de Productividad Ambiental (Capítulos 5 y 6). El lector puede también enfocarse en los aprovechamientos de los agaves y cactus (Capítulo 1), implicaciones del cambio climático (Capítulo 4), e ideas brillantes para enfrentar los climas futuros (Capítulo 7). Contiene, además, referencias cruzadas, un glosario e información sobre lecturas adicionales que incrementan su utilidad para cada uno de los lectores.*

REEDICIÓN 2012



## Nutrición de cultivos

Gabriel Alcántara González y Libia I. Trejo-Téllez

La colección de libros que ahora se denomina Biblioteca Básica de Agricultura (BBA) se inició en 2007 con este título, el cual seguramente fue un buen augurio. Se reedita continuamente, y seguramente se convertirá en un clásico de la literatura agronómica en español.

Los temas más relevantes en la obra son:

*Nutrición de Cultivos, Desarrollo histórico de la disciplina, Nutrientes y elementos benéficos, Diagnóstico de la condición nutricional, Concentración de elementos en el tejido vegetal, Fertilización, Hidropnía y Fertirriego.*

NOVEDAD / Segunda Edición

## Herbolaria mexicana

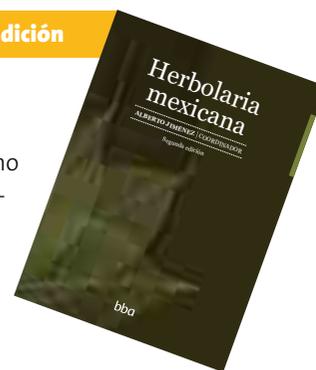
F. Alberto Jiménez Merino

El conocimiento y uso de las plantas medicinales para mantener o recuperar la salud es tan antiguo como la existencia del hombre. La herbolaria ha sido practicada por la mayoría de las civilizaciones; fue ampliamente difundida por griegos y romanos como Galeno e Hipócrates, cuya enseñanza médica rigió al mundo hasta la Edad Media.

Recientemente ha resurgido el interés por las plantas medicinales. Muchos de los medicamentos de la industria farmacéutica contienen derivados de ellas. Según la herbolaria china existe una planta para casi cualquier trastorno de la salud. Por otra parte, también debemos tomar en cuenta el carácter preventivo que tiene el consumo de las plantas para muchas enfermedades.

En esta obra se caracterizan 457 plantas y productos como una contribución al estudio de la herbolaria, destacando el papel que pueden jugar en la economía de las comunidades rurales, debido a la creciente industria de productos herbales farmacéuticos. Se previene también sobre la recolección excesiva de algunas especies, varias de ellas en peligro de extinción.

La primera edición de este libro se publicó en 2011 y está prácticamente agotada. En esta, la segunda, se ha ampliado considerablemente el ámbito geográfico de ocurrencia de las plantas y animales, aumentando así su utilidad.



NOVEDAD 2012



## Las ciencias agrícolas mexicanas y sus protagonistas / Volumen 3

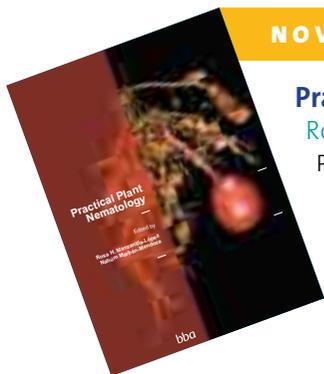
Casas, Infante, Jiménez y Martínez

La historia de esta serie de publicaciones, que pretende honrar a los iniciadores—y ahora continuadores—de la investigación en ciencias agrícolas en México se remonta a 1982, cuando el Dr. Leobardo Jiménez Sánchez—un visionario—empezó a entrevistar personas paradigmáticas en la investigación agrícola de nuestro país, publicando un volumen de entrevistas con ellos en 1984. Posteriormente Eduardo Casas Díaz y Gregorio Martínez Valdés recogieron unas cuantas entrevistas de aquel volumen y las completaron con otras realizadas por ellos, todas las cuales se publicaron en la obra Las Ciencias Agrícolas Mexicanas y sus Protagonistas, ya en esta colección (BBA). Un segundo volumen, editado por Eduardo

Casas, Said Infante y Gregorio Martínez, incorporó investigadores más jóvenes, pero también incluyó semblanzas de personas ya fallecidas.

Este tercer volumen reproduce tres entrevistas de la obra de Jiménez y añade otras 15 de investigadores/as todavía, felizmente, en activo.

NOVEDAD 2012



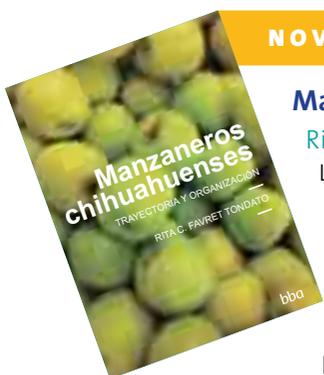
### Practical plant nematology

Rosa H. Manzanilla y Nahúm Marbán

Plant-parasitic nematodes, often referred to as the 'hidden enemy', are responsible for major crop losses worldwide, both in commercial and subsistence agriculture. Unfortunately, this cryptic nature contributes to the reduced attention paid to these pests – they may even be excluded from major crop protection and plant breeding programs. The purpose of this book is to provide an introduction to practical plant nematology and is aimed at degree level and postgraduate students of agronomy, biology, extension, phytosanitation, and at other professionals involved in crop protection activities and plant disease diagnostics.

The book has three main sections. The first six chapters cover the biology, morphology, taxonomy and practical aspects of symptomatology, sampling, preparation and identification of nematodes using both classical and molecular approaches. The second part of the book comprises ten chapters and deals with the taxonomy, diversity and bionomics of the most economically important plant-parasitic nematode groups. Thirdly, the final seven chapters deal with the ecological (*e.g.*, nematodes as bioindicators), biochemical and molecular processes involved in plant-nematode interactions, and with the chemical and non-chemical methods used to manage nematodes as part of an integrated pest management approach. Statutory measures dealing with quarantine issues and knowledge dissemination (farmer field schools and knowledge transfer) aspects are also included to demonstrate the need for a more holistic approach. Finally, a statistics chapter outlining the planning and analysis of experiments is provided, this being an area where many students frequently require advice and support.

NOVEDAD 2012



### Manzaneros chihuahuenses / Trayectoria y organización

Rita C. Favret Tondato

La importancia de este libro está en identificar la producción de la manzana como una actividad dinámica en el territorio del oeste del estado de Chihuahua, y la trayectoria de los empresarios frutícolas con sus organizaciones.

En el mismo, se relata la historia de esta zona manzanera, aunque el objetivo principal es explicar las acciones de los empresarios manzaneros y la consolidación de sus organizaciones para mejorar la calidad de la fruta y defender su venta en el mercado nacional, en la etapa de la apertura comercial, la globalización de la economía y la competencia con la fruta importada de Washington (Estados Unidos).

Con este estudio, se pretende lograr que las políticas públicas perfeccionen el enfoque territorial integrando las distintas redes productivas, con el propósito de apoyar la valoración espacial que realizan los actores locales, considerar la importancia histórica de los cultivos, las inversiones tecnológicas y en infraestructura, el arraigo cultural, el potencial de los actores sociales y sus organizaciones; tener políticas públicas comprometidas con una producción saludable, con cuidado del medio ambiente y que permitan mejorar la alimentación de los mexicanos.

NOVEDAD 2012



## Métodos estadísticos / Un enfoque interdisciplinario

Said Infante Gil

La primera edición de la obra *Métodos Estadísticos: un Enfoque Interdisciplinario*, vio la luz en enero de 1984, agotándose su primer tiraje (de 3,000 ejemplares) en menos de seis meses. Desde entonces se ha reimpresso regularmente, en promedio una vez por año, con tirajes de entre 1,000 y 1,500 ejemplares cada vez. Puede decirse que, dentro de la exigua tradición de la literatura científica en México, se ha convertido en un clásico en el que han abrevado ya 29 cohortes de estudiantes de licenciatura, maestría y doctorado de México, Centro y Sudamérica, y del suroeste de los EE UU.

Esta tercera edición, ahora bajo el sello editorial del Colegio de Postgraduados, incluye varias novedades; entre ellas la posibilidad de usar el paquete R (de libre acceso) para trabajar los ejemplos en el texto y los ejercicios al final de cada capítulo. Seguramente este libro seguirá siendo una referencia adecuada para todo estudiante de ciencias experimentales y sociales.

Serie: Memoria recobrada



NOVEDAD 2012



## Vivir entre dos siglos / La vida de un agrónomo

Emilio Alanís Patiño

Don Emilio Alanís Patiño fue un agrónomo emblemático de los mejores valores de la Escuela Nacional de Agricultura en el Siglo XX. Miembro de la primera generación que terminó sus estudios en la ex- hacienda de Chapingo, habiéndolos iniciado en San Jacinto, Don Emilio fue un precursor en muchos sentidos. Por intermediación del Ing. Juan de Dios Bojórquez (otro agrónomo ilustre) fue, junto a Gilberto Loyo, uno de los dos primeros mexicanos en cursar un postgrado en disciplinas estadísticas; y nada menos que bajo la tutoría de Corrado Gini, seguramente el estadístico más influyente en la década de los años veinte del siglo pasado.

En sus más de 50 años subsecuentes de ejercicio profesional, Alanís Patiño marcó el crédito agrícola, la demografía, las estadísticas agrícolas y, en general, la vida intelectual del país. En esta autobiografía, publicada por primera vez en 1990, el autor establece un paralelismo entre su vida (de ahí el título “Vivir entre dos Siglos”) y el devenir del Siglo XX. Los lectores maduros encontrarán gratas remembranzas, y los jóvenes seguramente aprenderán algo de la historia, ya no tan reciente.



NOVEDAD 2012

### Haré valla en la calle de victoria / Relatos de Goyo Martínez

Gregorio Martínez Valdés

El libro Haré Valla en la Calle de Victoria, Relatos de Goyo Martínez, tiene una larga historia. La parte de evocaciones—y por supuesto invenciones—de la vida de un estudiante excepcional (Gregorio Martínez Valdés) de la Narro se publicó en una edición muy modesta en 1991. No es un anecdotario. El personaje principal será siempre la Narro, y el trasfondo será el eje Buenavista-Saltillo. Cada quién pondrá una cara y una voz a la protagonista saltillense, en particular a Estrella, que aparece aquí y allá, y cada quién pondrá una cara y una voz—y a veces nombres y apellidos—, a los actores incidentales. Será un juego divertido y levemente nostálgico. Sin embargo, los acontecimientos enmarcados en una época determinada (los años cincuenta) no serán exclusivos: habían ocurrido antes o habrán ocurrido después en Buenavista, pero quizás también en Chapingo o Ciudad Juárez.

Ahora se presenta una edición muy cuidada del libro original, adicionando diversos relatos del gran Goyo. Seguramente la disfrutaremos todos los agrónomos de México.



NOVEDAD 2012

### Orden, azar y causalidad / El lenguaje de la ciencia moderna

Said Infante Gil

En este ensayo se analiza el decurso de tres ideas fundamentales en el desarrollo de la ciencia: el orden, la causalidad y el azar. Partiendo del orden Aristotélico fundado en los cuatro elementos; y pasando por la Revolución Científica que culmina con Newton y el primer paradigma; se analiza la confluencia de la ciencia, el arte y la filosofía.

El relato nos lleva; por la ruta de la física, por los trabajos de Kepler, Ticho Brahe, Copérnico, Galileo, Newton, Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg... Por la ruta de la Biología, la atención se centra en los trabajos de Darwin, Mendel y Galton. Se analiza también el papel de la metodología estadística en el predominio actual de la idea de Modelo Probabilístico, enfatizando el papel de Karl Pearson y Ronald Fisher en este cambio de paradigma.

# Guía para autores

## Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación, auspiciada por el Colegio de Postgraduados para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines a los técnicos y productores. En ella se podrá publicar información relevante al desarrollo agrícola en los formatos de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones serán arbitradas y la publicación final se hará en idioma español.

La contribución tendrá una extensión máxima de 16 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos.

Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW y el tamaño, dependiendo de la imagen y su importancia de acuerdo con la tabla comparativa.

## La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas o Ensayos: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten en lenguaje llano, con un uso mínimo de términos técnicos especializados.

## Formato

**Título.** Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en itálicas.

**Autor o Autores.** Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

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

**Figuras.** Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Las fotografías deben ser de preferencia a colores. Se debe proporcionar originales en tamaño postal, anotando al reverso con un lápiz suave el número y el lugar que le corresponda en el texto. Los títulos de las fotografías deben mecanografiarse en hoja aparte. La calidad de las imágenes digitales debe ceñirse a lo indicado en la tabla comparativa.

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

**Tabla comparativa.**

Centímetros	Píxeles	Pulgadas
21.59×27.94	2550×3300	8.5×11
18.5×11.5	2185×1358	7.3×4.5
18.5×5.55	2158×656	7.3×2.2
12.2×11.5	1441×1358	4.8×4.5
12.2×5.55	1441×656	4.8×2.2
5.85×5.55	691×656	2.3×2.2
9×11.5	1063×1358	3.5×4.5
9×5.55	1063×656	3.5×2.2

**Nota:** Con objeto de dar a conocer al autor o autores, se deberá proporcionar una fotografía reciente de campo o laboratorio de carácter informal.

Ofrece sus Maestrías en Ciencias y Doctorados en Ciencias, competentes a nivel internacional, reconocidos por el Padrón Nacional de Postgrado de Calidad del CONACYT



**Colegio de Postgraduados**  
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas  
CAMPUS MONTECILLO



## Orientación en Fisiología Vegetal

La Orientación en Fisiología Vegetal forma parte del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad. A la Orientación ingresan profesionistas que han completado su licenciatura o maestría. Los aspirantes al postgrado son seleccionados con base en el Reglamento de Actividades Académicas del CP y los demás requisitos exigidos por el Postgrado en recursos Genéticos y Productividad.

Actualmente, el postgrado cuenta con reconocimiento por el Padrón Nacional de Postgrados de Calidad del CONACYT, como Competente a Nivel Internacional para la Maestría en Ciencias y como Alto Nivel para el Doctorado en Ciencias.

La Orientación en Fisiología Vegetal enfatiza los estudios de los procesos fisiológicos que suceden durante el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales, en respuesta a las condiciones ambientales y al manejo agrícola, para determinar estrategias que permitan maximizar el aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles, tanto para la producción de cultivos como para la mejora genética de su potencial productivo. Por lo que tiene como objetivo formar recursos humanos altamente capacitados y generar conocimientos básicos y tecnologías en esta área de estudio.

### Objetivo

Formar y capacitar recursos humanos de alto nivel académico, en disciplinas afines a la producción pecuaria, como son los especialistas de diversas áreas: biólogos, ingenieros agrónomos zootecnistas, médicos veterinarios y carreras afines.

### Perfil del egresado (a)

El egresado(a) esta preparado(a) para generar soluciones e innovaciones de acuerdo con la problemática de la producción agrícola, en un contexto de sustentabilidad ambiental; adquiere una actitud

de empatía social y de liderazgo que le permita ejercer y ocupar posiciones que demandan altos niveles de responsabilidad y capacidad técnica en los sectores público, privado y educativo; también, emprender y desarrollar empresas exitosas. Asimismo, está preparado para formar recursos humanos con capacidad analítica y científica, que contribuyan a resolver problemas y generar innovaciones tecnológicas.

### Plan de estudios

Los y las estudiantes de maestría o doctorado aceptados en este postgrado entregarán su plan de estudios con base en su interés y perspectivas profesionales, bajo la supervisión de un Consejo Particular. El plan se integra con cursos reguales, seminarios, problemas especiales y un proyecto de investigación en cualquiera de las áreas de investigación del Programa.

### Líneas de investigación

- Fisiología agropecuaria
- Producción Vegetal
- Biotecnología Vegetal
- Postcosecha de Granos y Oleaginosas
- Postcosecha Hortofrutícola

### Ventaja competitiva

- 50 años de Excelencia Académica
- Planta docente con postgrados reconocidos
- Educación flexible y personalizada
- Becas para estudiantes de origen nacional
- Infraestructura pertinente y actualizada
- Centro de investigación con reconocimiento nacional e internacional

#### INFORMES

**Departamento de Servicios Académicos**  
Carretera México-Texcoco, Km. 36.5  
Montecillo, Estado de México, 56230  
Tel. (595) 952.0200 ext. 1516 y 1517  
01 (55) 5804.5900 ext. 1516 y 1517

#### CORREO ELECTRÓNICO Y PÁGINA EN INTERNET

[www.agropostgrados.mx](http://www.agropostgrados.mx)  
[www.colpos.mx](http://www.colpos.mx)  
[www.coordfis.mx](http://www.coordfis.mx)

#### FECHAS DE INGRESO

Primavera y otoño  
Fecha límite para presentación de solicitudes:  
Septiembre y mayo, respectivamente



Ofrece sus Maestrías en Ciencias y Doctorados en Ciencias, competentes a nivel internacional, reconocidos por el Padrón Nacional de Postgrado de Calidad del CONACYT



**Colegio de Postgraduados**  
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas  
CAMPUS VERACRUZ



## Postgrado en Agroecosistemas Tropicales

**Colegio de Postgraduados**  
**Campus Veracruz**

Este Postgrado mantiene los lineamientos y nivel de excelencia propios del Colegio de Postgraduados y se ubica dentro del Padrón Nacional de Postgrado de Calidad del CONACYT

Actualmente, el postgrado cuenta con reconocimiento por el Padrón Nacional de Postgrados de Calidad del CONACYT, como Competente a Nivel Internacional para la Maestría en Ciencias y como Alto Nivel para el Doctorado en Ciencias.

### Objetivo

Los Egresados son personas con calidad académica, científica y humanista que contribuyen al desarrollo sustentable regional y de los Agroecosistemas Tropicales en un marco de respeto a los valores culturales y humanos.

### Perfil del egresado

El egresado es una persona creativa, promotor, difusor e intérprete de la ciencia y la tecnología con alta sensibilidad social y humana; preocupado por la adquisición de conocimiento para promover una relación equilibrada en el manejo de los recursos naturales del trópico y capaz de mejorar los agroecosistemas con base en las diferentes formas de organización social que permita un aprovechamiento racional e integral de los recursos naturales.

**RECONOCIDOS POR EL PADRÓN  
NACIONAL DE POSTGRADO DE  
CALIDAD DEL CONACYT**

#### CORREO ELECTRÓNICO Y PÁGINA EN INTERNET

<http://www.colpos.mx/web11/index.php/campus-veracruz>  
(01 229) 2 01 0770 Ext. 64307  
agroecosistemas@colpos.mx

#### INFORMES

Departamento de Servicios Académicos  
Carretera México-Texcoco. Km. 36.5  
Montecillo, Estado de México, 56230  
Tel. (595) 952.0200 ext. 1516 y 1517  
01 (55) 5804.5900 ext. 1516 y 1517

Ofrece sus Maestrías en Ciencias y Doctorados en Ciencias, competentes a nivel internacional, reconocidos por el Padrón Nacional de Postgrado de Calidad del CONACYT



## Colegio de Postgraduados

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas  
CAMPUS MONTECILLO

RECONOCIDOS POR EL PADRÓN  
NACIONAL DE POSTGRADO DE  
CALIDAD DEL CONACYT

## Maestría y Doctorado en Botánica

La formación de Maestros(as) y Doctores(as) en Botánica se lleva a cabo mediante un programa de cursos y un trabajo de investigación. Los cursos tienen la finalidad de fortalecer y actualizar los conocimientos del estudiante en aquellas áreas de la ciencia requeridas en su formación académica. El trabajo de investigación permite a los candidatos(as) a Maestros(as) y Doctores(as) una vivencia directa con el método científico.

Botánica es el único postgrado en México con esta especialidad y cuenta con planes de estudio flexibles que permiten interactuar con los demás programas del Colegio de Postgraduados, así como con otras instituciones del país y del extranjero.

La importancia de este postgrado radica en el hecho de que México es uno de los 11 países reconocidos como Megadiversos, por albergar una desproporcionada riqueza de flora y fauna, así como un acervo extraordinario de endemismos.

### Objetivo

Formar Doctores(as) y Maestros(as) en Ciencias en Botánica, con nivel académico alto, dedicados(as) a la comprensión de las jerarquías biológicas, que permitan una gestión pertinente de los recursos naturales renovables relacionados con la producción alimentaria y los que producen otros bienes y servicios demandados para el desarrollo económico del país; así como, académicos(as) enfocados al entendimiento de los sistemas vegetales que propicie la utilización racional, manejo, conservación y recuperación de los recursos naturales.

### Perfil del egresado

Los y las especialistas formados en el Programa de Botánica amplían sus oportunidades y conocimientos para enfrentar retos en el uso, manejo y conservación de la biodiversidad, que incluye especies silvestres y domesticadas, con importancia alimentaria, agronómica, farmacéutica, forestal, medicinal y forrajera, entre otras.

### Líneas de investigación

- Fisiología y Bioquímica Vegetal y su relación con el ambiente
- Botánica Funcional
  - Biofísica
  - Bioquímica
  - Ecofisiología de Cultivos
  - Fisiología Vegetal
  - Fitoquímica
- Morfología y Anatomía Vegetal
- Botánica Estructural
  - Anatomía
  - Histoquímica
  - Morfología Vegetal
- Biosistemática, Ecología y Gestión de Recursos Naturales
- Botánica de Campo
  - Biología de malezas
  - Ecología
  - Etnobotánica
  - Sistemática

### Ventaja competitiva

- 50 años de Excelencia Académica
- Planta docente con postgrados reconocidos
- Prestigio nacional e internacional
- Becas para estudiantes de origen nacional
- Centro de investigación con reconocimiento nacional e internacional

#### CORREO ELECTRÓNICO Y PÁGINA EN INTERNET

www.agropostgrados.mx  
www.colpos.mx  
botanica@colpos.mx

#### Colegio de Postgraduados

Carretera México-Texcoco, Km. 36.5  
Montecillo, Estado de México, 56230  
Tel. (55) 5804.5947  
(595) 952.0247  
(595) 952.0200 ext. 1276

#### Departamento de Servicios Académicos

Carretera México-Texcoco, Km. 36.5  
Montecillo, Estado de México, 56230  
Tel. (595) 952.0200 ext. 1516 y 1517  
01 (55) 5804.5900 ext. 1516 y 1517