



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD DE LA CARNE DE BOVINO
EN DIFERENTES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN
DEL ESTADO DE PUEBLA**

ANAYELI TORRES BELTRÁN

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2013



**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ.TABASCO-VERACUZ

CAMPUE- 43-2-03 ANEXO

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR
Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe, **Anayeli Torres Beltrán** alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Francisco Calderón Sánchez** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Composición química y calidad de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación del estado de Puebla** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 28 de noviembre del 2013.

Anayeli Torres Beltrán

Dr. Francisco Calderón Sánchez

Vo.Bo. Profesor Consejero o Director de tesis

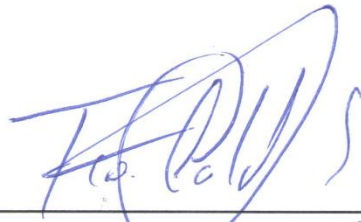
La presente tesis, titulada: **Composición química y calidad de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación del estado de Puebla**, realizada por la alumna: **Anayeli Torres Beltrán**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. FRANCISCO CÁLDERON SÁNCHEZ

ASESOR:



DR. SAMUEL VARGAS LÓPEZ

ASESOR:



Dr. JOSÉ LUIS JARAMILLO VILLANUEVA

ASESOR:



DR. RICARDO ENRIQUE CAICEDO RIVAS

Puebla, Puebla, México, 10 de diciembre del 2013

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD DE CARNE DE BOVINO EN DIFERENTES SISTEMAS DE ALIMENTACION DEL ESTADO DE PUEBLA

Anayeli Torres Beltrán, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

El objetivo fue evaluar la composición química y calidad de la carne de bovinos en diferentes sistemas de alimentación del estado de Puebla, México. Se realizó un muestreo en cuatro regiones: Trópico Este y Trópico Oeste donde la alimentación es en pastoreo más alimento concentrado y en el Centro y Mixteca, donde el sistema es estabulado con alimento concentrado. En cada región se definieron tres sitios y en cada uno se muestrearon 3 animales (n=36). Se evaluó el músculo *Longissimus dorsi* para determinar humedad, proteína, extracto etéreo (EE), cenizas, ácidos grasos, pH, color (L*a*b), capacidad de retención de agua (CRA), pérdida de agua por cocción (PPC), textura, y se colectó una muestra de sangre para determinar clenbuterol. En humedad, proteína y cenizas no existieron diferencias entre sistemas, pero si en EE, que fue mayor en bovinos alimentados con concentrado (P<0.001). En ácidos grasos el más abundante fue el oleico (C18:1), que resultó superior (P<0.001) en animales de pastoreo (36.6% vs 31.9%). En el análisis físico de la carne no hubo diferencias en textura, CRA, PPC y el índice de color b*; sin embargo, el pH y los índices de color L* y a* fueron mayores en bovinos alimentados con concentrado (P<0.001). En clenbuterol se encontraron valores más altos en animales con concentrado (521.1 ppt VS 204.9 ppt). Se concluye que en la alimentación de pastoreo puede tener efectos positivos sobre el perfil de ácidos grasos de la carne, pero con concentrado tiene una mejor calidad sensorial. El contenido de clenbuterol nos indica que no hay un control sobre su uso y que por las concentraciones, pueden dañar la salud del consumidor.

Palabras clave: Ácidos grasos, bovinos, calidad de carne, clenbuterol.

CHEMICAL COMPOSITION AND MEAT CATTLE QUALITY IN DIFFERENT FEEDING SYSTEMS IN THE PUEBLA STATE, MEXICO.

Anayeli Torres Beltrán, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

The purpose was to evaluate the chemical composition and meat cattle quality in different feeding systems in the state of Puebla, Mexico. Data was gathered by sampling in four regions: the tropical eastern and tropical west where feeding is grazing plus concentrated. In the center and Mixteca region, where the system is feedlot with concentrated feed grazing. In each region, three sites were defined and 3 animals (n=36) were sampled in each of them. *Longissimus dorsi* muscle was evaluated for moisture, protein, ether extract (EE), ash, fatty acids, pH, color (L * a * b), water holding capacity (WHC), cooking loss of water (PPC) texture, and a blood sample was collected to determine clenbuterol. Moisture, protein and ash no differences between systems, but in EE, which was higher in cattle fed concentrate (P<0.001). In fatty acids, the most abundant was oleic (C18:1), which was higher (P<0.001) than the others in grazing animals (36.6% vs 31.9 %). In the physical testing of meat there was no difference in texture, CRA, PPC and the color index b *, however, the pH and the color indices L * and a * were higher in cattle fed the concentrate (P <0.001). In clenbuterol highest values were found in animals with concentrate (521.1 VS 204.9 ppt ppt). It is concluded that the feeding of grazing can have positive effects on the fatty acid profile of the meat, but concentrate has better sensory quality. The content of clenbuterol indicates that there is no control over its use and that concentrations can damage the health of consumers.

Key words: Cattle, clenbuterol, fatty acids, meat quality.

Agradecimientos

Esta tesis representa una parte muy importante en mi experiencia de estudiante como mi formación en la investigación.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

A la **LPI 7: Inocuidad Calidad de alimentos y bioseguridad** del Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado a la presente investigación

A las **Asociaciones ganaderas** por facilitar las muestras para esta investigación.

Al **Laboratorio de Nutrición Animal** del Colegio de Postgraduados por permitirme realizar todas la pruebas del laboratorio.

Debo agradecer de manera especial y sincera al **Dr. Francisco Calderón Sánchez** por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis, muchas gracias.

Quiero extender un sincero agradecimiento a mis asesores al **Dr. Samuel Vargas López**, por su paciencia, amistad y disponibilidad para compartir su experiencia y amplio conocimiento, no solamente en el desarrollo de esta tesis sino también en mi formación como investigadora. Al **Dr. José Luis Jaramillo Villanueva** por su disponibilidad y aporte sobre la elaboración del material estudiado en esta tesis y al **Dr. Ricardo E. Caicedo Rivas** que conozco desde hace años por brindarme su amistad y confianza, por su aporte, su experiencia y conocimiento en este trabajo, Gracias.

A la **Dra. Magdalena Crosby Galván** por su enseñanza en todas las técnicas de laboratorio realizadas en esta tesis. A los técnicos **Jorge y Don Tacho** por su ayuda en mi estancia en el laboratorio.

Y por supuesto el agradecimiento más profundo y sentido va para mi **familia**. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo este duro trabajo.

Dedicatoria

A Mis padres a quienes amo, **Rafael** y **Ana María**, por su ejemplo de lucha y honestidad y porque han estado conmigo en todo momento, gracias por creer en mí y estar en todo momento a mi lado, por sus consejos que me orientaron a tomar las mejores decisiones, esta tesis es suya.

A mi hermano **Rafael** por su apoyo, a mi cuñada **Erika** y a mis dos sobrinos que los quiero mucho **Ian y Vale**.

A mi familia en general por brindarme su apoyo, abuelos, tíos, primos, gracias

A mis primas por su sustento **Rosa, Yola, Yolis, Itzel, Fer y Eli**, por preocuparse y darme ánimos en este proyecto.

A mis amigos de años que ya forman parte de la historia de mi vida, por estar conmigo en todo momento los quiero mucho: **Pepe, Sarai, Jack, Paco, Risis, Ari, Héctor, Mel, Mota, Lors, March, Marisol, Gaby, Laura, Merab**. Ustedes han enriquecido mi vida con su cariño y alegría.

A mis amigos que emprendieron conmigo esta pasión por la investigación: **Lidia, Yahana, Delfino, Idania, Goyo, Moni, Arturo, Néstor, Enrique, Chucho, Yunin, Juan, Sergio, Cinthya, Liliana, Rafa, Javier**. Por ser unos amigos increíbles con quienes he compartido muchos momentos que siempre llevaré en mi corazón.

A mis amigos del Campus de Montecillos, que a pesar de que fue poco el tiempo de conocerlos, siempre los tengo en mis pensamientos: **Edgar HM, Rox, Horte, Mariana, Melissa, Julio, Maricela, Edgar, Pablo, Soni, Jennifer, Vero, Diana, Janeth, Sandra, Lalo** compis los extraño.

A todos que de alguna manera pudieron contribuir con esta investigación Gracias

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	2
2.1	Problema y pregunta de investigación.....	2
2.2	Objetivos	3
2.2.1	General.....	3
2.2.2	Específico.....	3
2.3	Hipótesis	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1	Marco de referencia de la ganadería bovina a nivel nacional y estatal.....	4
3.2	Descripción de los sistemas locales de producción de carne.....	5
3.3	La carne bovina.....	6
3.3.1	Conceptualización de la calidad.....	7
3.3.2	Calidad de la carne.....	8
3.4	Factores que afectan la calidad de la carne.....	9
3.4.1	Factores intrínsecos del animal.....	9
3.4.2	Factores extrínsecos del animal.....	11
3.5	Composición química de la carne.....	13
3.5.1	Componentes bromatológicos.....	13

3.5.2	Ácidos grasos en la carne y su relación con la salud	16
3.6	Características físicas de la carne.....	19
3.7	Calidad higiénica (clenbuterol)	23
3.8	Normatividad de la carne bovina en México.....	24
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	26
4.1	Áreas de estudio.....	26
4.2	Etapas de la investigación.....	27
4.2.1	Muestreo de carne y sangre.....	27
4.2.2	Análisis en laboratorio.....	28
4.3	Análisis de resultados.....	30
4.3.1	Prueba de normalidad.....	30
4.3.2	Análisis de varianza.....	30
4.3.3	Análisis por agrupación.....	31
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
5.1	Peso vivo y de la canal	32
5.2	Análisis químico de la carne.....	34
5.3	Perfil de ácidos grasos.....	37
5.4	Análisis físico de la carne.....	43
5.5	Calidad Higiénica (clenbuterol).....	48
5.6	Clasificación de ganaderos por calidad de la carne.....	50

VI.	CONCLUSIONES.....	55
VII.	LITERATURA CITADA.....	56
	ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Volumen de producción de carne de bovino en pie en los Distritos del estado de Puebla.....	5
Figura 2	Aspecto físico de la canal de animales alimentados en pastoreo y estabulados.....	12
Figura 3	Espacio del color en la escala CIE L* a* y b*.....	22
Figura 4	Fórmula estructural del clenbuterol.....	23
Figura 5	Regiones definidas para el estudio de la calidad de carne.....	26
Figura 6	Muestra del longissimus dorsi, de sangre y del plasma sanguíneo.....	28
Figura 7	Histogramas de los pesos vivos, de la canal (kg) y el rendimiento de canal de bovinos.....	33
Figura 8	Histogramas de la composición química de la carne.....	35
Figura 9	Histograma del perfil de ácidos grasos saturados de la carne.....	37
Figura 10	Histograma del perfil de ácidos grasos insaturados de la carne.....	40
Figura 11	Histogramas de la calidad física de la carne.....	43
Figura 12	Niveles de clenbuterol en sangre de bovinos en diferentes regiones del estado de Puebla	49
Figura 13	Dendograma de clasificación de los ganaderos por la calidad de carne en diferentes regiones del estado de Puebla.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Composición química de la carne con diferentes sistemas de alimentación.....	15
Cuadro 2	Nomenclaturas para los diferentes ácidos grasos.....	17
Cuadro 3	Contenido de ácidos grasos en carne bovina bajo diferentes sistemas de alimentación	18
Cuadro 4	Valores de pH de la carne de bovino en diferentes tipos de alimentación	19
Cuadro 5	Valores de textura de la carne en diferentes tipos de alimentación.....	20
Cuadro 6	Valores de CRA de la carne en diferentes tipos de alimentación.....	20
Cuadro 7	Valores de PPC en carne de bovinos en diferentes tipos de alimentación.....	21
Cuadro 8	Valores del color de la carne en las coordenadas L* a* y b*.....	22
Cuadro 9	Municipios definidos para el muestreo en las diferentes regiones del estado de Puebla.....	27
Cuadro 10	Peso vivo y de la canal de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla.....	34
Cuadro 11	Composición química de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla.....	36
Cuadro 12	Perfil de ácidos grasos saturados de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla	39
Cuadro 13	Perfil de ácidos grasos insaturados de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla	42
Cuadro 14	Características físicas de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla.....	47
Cuadro 15	Análisis de varianza para los grupos de ganaderos del estado de Puebla obtenidos del clúster	52

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que en México se producen 6 millones de toneladas de carne en canal, de las cuales el 30.5% corresponde a los bovinos, que ocupan el segundo lugar en el aporte de carne sólo después de las aves, que contribuye con el 46.8% de la producción (SIAP, 2012). Se reconocen tres grandes regiones productoras de carne de bovino bien definidas: la región árida y semiárida que aporta el 33.9% de la producción, la templada con el 29.3% y el Trópico húmedo y seco que producen el 36.9% (SAGARPA, 2006).

Por sus condiciones agroclimáticas, en el estado de Puebla pueden diferenciarse los tres sistemas arriba citados, a) la región semiárida representada por la Mixteca en los Distritos de Tehuacán e Izúcar de Matamoros, b) la zona templada que corresponde al centro del estado donde se encuentran los distritos de Cholula, Libres y Tecamachalco, y c) Trópico en Huachinango y Teziutlán. El manejo y la alimentación para cada una de las regiones citadas son diferentes, lo que pudiera resultar en la obtención de productos cárnicos con diferencias en términos de calidad.

Las nuevas tendencias del mercado de carnes se orientan al conocimiento de la calidad, la cual está relacionada con la composición química, sensorial y sanitaria que además, pueden ser parámetros para definir su precio. Pará Carvajal. (2001), la calidad de la carne está definida básicamente por su composición química en términos de contenido de proteína, grasa y minerales, principalmente y sus características sensoriales como terneza, jugosidad, sabor y color (López y Casp, 2004). Dichas características pueden estar influenciadas por factores intrínsecos del animal como la raza, edad, peso al sacrificio, sexo y factores extrínsecos como el tipo y la forma de alimentación, los factores post sacrificio como la maduración de la carne, pH, refrigeración y cocción. (Frías, 2010)

Dentro de los factores arriba citados, el tipo y forma de alimentación, es uno de los que de manera directa influyen sobre la calidad de la canal, resaltando el hecho de que sea manejado en pastoreo o estabulado, alimentado a base de forrajes o concentrados, suplementado con o sin aditivos, etc., lo que afecta las cualidades nutritivas y organolépticas de la carne, que a su vez repercute sobre la economía, la nutrición y la salud del consumidor (Martínez, 2008).

En el estado de Puebla, la calidad de la carne bovina en sus regiones productoras puede ser diferente en función del tipo y forma de alimentación de los animales. En la Mixteca la alimentación se basa en el pastoreo en selva baja caducifolia, con suplementación en la época de sequía; en la zona Centro se manejan animales que son engordados en estabulación a base de granos y esquilmos agrícolas. Para el Trópico, la alimentación depende principalmente del pastoreo de gramíneas nativas e introducidas. Para cada uno de los sistemas mencionados, puede haber variantes, sin embargo, a la fecha no existen estudios que indique cual es la calidad de la carne en cada una de las regiones bajo el manejo tradicional que realizan los productores. Con base a lo anterior, la finalidad del presente trabajo es determinar la calidad de la carne bovina producida en las diferentes regiones del estado de Puebla en base a su alimentación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. Problema y pregunta de investigación

Partiendo de la existencia de diferentes sistemas de producción asociados a los diversos factores que definen una región, en el estado de Puebla pueden identificarse tres regiones productoras de carne bovina, que por tener diferentes formas y tipos de alimentación del ganado se intuye que existen diferencias en la calidad de los productos cárnicos que en ellas se generan. La calidad de la carne es un tema de actualidad que puede funcionar como un parámetro para darle valor agregado a la producción y para garantizar un producto sano y de alto valor nutritivo para los consumidores; sin embargo, la información que se tiene de los diferentes sistemas de producción y las características de la producción cárnica de las regiones tropical, Centro y Mixteca del estado de Puebla, es limitada. En este sentido, el trabajo tiene como propósito determinar la calidad de la carne con base a la composición química, física y sanitaria de la carne para explicar el efecto de la forma y tipo de alimentación que se ofrece a los animales, para ello, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo es la calidad de la carne bovina procedente de las diferentes regiones y sistemas de alimentación del estado de Puebla?

2.2. Objetivos

2.2.1 General

- Evaluar la composición química y la calidad de carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación y regiones de estado de Puebla.

2.2.2 Específico

- Determinar la composición química, las características físicas e higiénicas de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación y regiones del estado de Puebla.

2.3 Hipótesis:

- La calidad de la carne del ganado bovino en el estado se relaciona con la procedencia del animal y el sistema de alimentación.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3. 1 Marco de referencia de la ganadería bovina a nivel nacional y estatal.

La ganadería en México utiliza cerca del 53.7% de los 200 millones de hectáreas de la superficie del país, contribuye aproximadamente con el 40% del producto interno bruto (PIB) del Sector Agropecuario (INEGI, 2006) y genera 1.1 millones de empleos directos y 3 millones de empleos indirectos o relacionados (Barrio, 2007). La superficie es ocupada principalmente por la ganadería bovina, de tal manera que es una actividad presente en todos los estados de la república. La población de bovinos es de 30.5 millones de cabezas y anualmente se producen 1.8 millones ton de carne, que representan el 30.5% de la producción nacional (SIAP, 2012). El consumo per cápita de carne bovina es de 58.6 kg/habitante/año, cifra muy por debajo de países desarrollados como Dinamarca y Nueva Zelanda, donde consumen 145.9 y 142.1 kg, respectivamente (FAO, 2004).

Los estados con mayor población de bovinos son Veracruz (3'866,199), Jalisco (2'620,863) y Chiapas (2'491,025). El estado de Puebla cuenta con una población de 487,236 cabezas de bovinos y produce 77,209 toneladas de carne en pie. Con base a las regiones definidas por su similitud de condiciones agroecológicas en el estado, la región de mayor importancia es el Centro donde se produce el 51%, seguido por la región tropical que provee el 32% y finalmente, la Mixteca, donde se genera el 17% restante. Los tipos y la intensificación de los sistemas de producción son muy variables, encontrándose desde aquellos sistemas familiares de traspatio, hasta los más sofisticados en manejo (INEGI, 2008).

El estado de Puebla se divide en ocho Distritos Políticos, los cuales geográficamente están distribuidos en las regiones arriba citadas de la siguiente manera: Libres, Cholula y Tecamachalco en la región Centro, Huachinango, Zacatlán y Teziutlán en el Trópico y en la región Mixteca los Distritos de Tehuacán e Izúcar de Matamoros. Con base a esta clasificación y como se muestra en la Figura 1, la mayor producción de carne se registra en el Distrito de Tecamachalco, que corresponde a una región propiamente de finalización donde se genera el 40% del volumen producido; posteriormente, Huachinango y Teziutlán, cuya producción está basada en sistemas de pastoreo y suplementación.

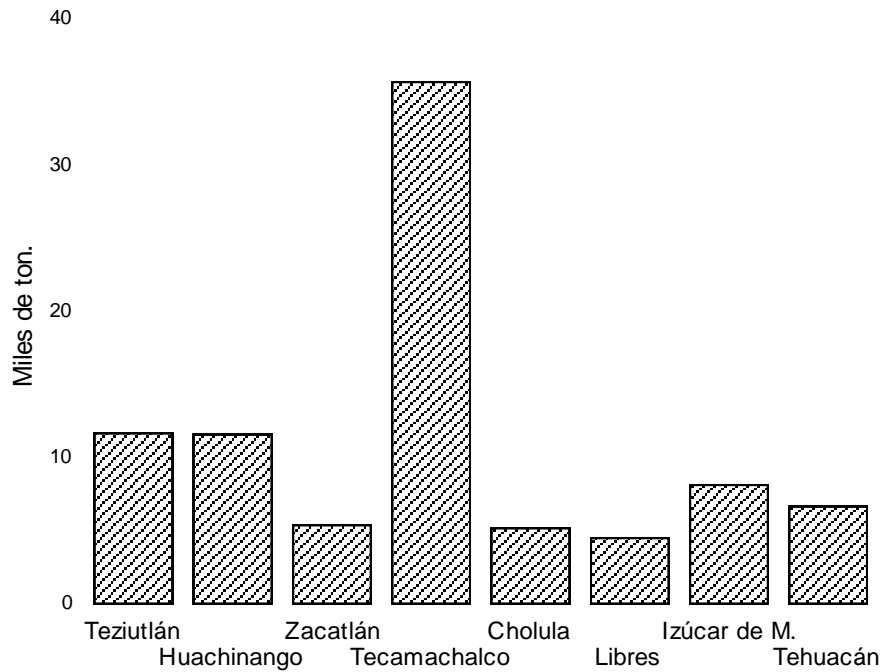


Figura 1. Volumen de producción de carne de bovino en pie en los Distritos del estado de Puebla (SIAP, 2011).

3.2 Descripción de los sistemas locales de producción de carne

México se divide en cuatro regiones agroecológicas: árida y semiárida, templada, tropical seca y tropical humedad. Para cada región y en función del clima y la relación planta-suelo-animal, se han definido características propias de la ganadería bovina, diferenciándose el tipo de bovino, los recursos disponibles para su alimentación, el manejo y su destino comercial (Suarez y López, 1996). En el estado de Puebla puede representarse parte de esta diversidad de climas, la región Mixteca corresponde a la zona árida y semiárida, en la parte central del estado se ubica la región templada y el Trópico en los Distritos de Huachinango, Teziutlán y Zacatlán.

En la región Mixteca se utiliza un sistema de crianza en pastoreo y una finalización estabulada. Desde el nacimiento hasta el destete el becerro permanece con la vaca en el sistema de rejería, posteriormente se suelta en el agostadero hasta lograr un peso aproximado de 320 kg. En esta fase el ganado se mantiene con pastos nativos o mezclados, con forrajes de menor calidad y con poca o sin complementación alimenticia, no utilizan promotores de crecimiento, sus instalaciones son rústicas, y se tienen los mínimos cuidados de salud preventiva (Nava *et al.*, 2008). Estos sistemas se ven afectados por la estacionalidad de la lluvia, que condiciona la

disponibilidad de forraje. En los meses de mayo a octubre hay una sobre producción de materia seca favorecida por el crecimiento de los pastos y especies arbustivas, que son la principal fuente de alimento de dichos sistemas y resulta en una sobre oferta de producto con la consecuente caída de los precios (Villamar y Cázares, 2005); sin embargo, para la época de secas la disponibilidad de alimento disminuye considerablemente, por lo que los animales tienen que caminar mayores distancias para conseguir forraje.

En la región del Trópico el pastoreo se realiza en agostaderos de gramas nativas y en praderas inducidas. Dentro de las gramas nativas se encuentran *Paspalum Spp*, *Desmodium spp* (*D. canum*, *D. incanum*, *D. triflorum*) (Bosmas *et al.*, 1990), en los pastos inducidos se encuentran (*Cynodon dactylon*), pasto estrella (*Cynodon plectostachium*) y el zacate gordura (*Melinis minutiflora*). El sistema común de producción es el de vaca-becerro, con ordeña estacional en la época de lluvias. Este sistema de doble propósito constituye una estrategia que busca una mayor liquidez para las explotaciones, siendo uno de sus objetivos la venta de las crías al destete.

En la región Centro se maneja un sistema intensivo, el ganado permanece en confinamiento hasta su finalización, con una alimentación a base de raciones balanceadas constituidas con sorgo, soya, rastrojo y silo de maíz, pan molido, pollinaza, vitaminas y minerales. También, se realizan engordas intensivas con granos y alimentos balanceados (FIRA, 1994). Para este sistema se utiliza poca superficie de terreno para engordar a los animales en periodos de tiempo cortos. En este sistema los animales obtienen más peso debido a la tranquilidad, al menor ejercicio, y por lo tanto al menor desgaste de energía (Financiera Rural, 2009). Los animales generalmente son provenientes de las regiones tropicales, utilizándose esquemas de engorda que aprovechan las ganancias compensatorias.

3.3 La carne bovina

La carne está compuesta de tejido muscular, conjuntivo, adiposo y nervioso; estos tejidos se convierten en carne mediante procesos bioquímicos y físicos posteriores al sacrificio (*post mortem*); por lo que, el término músculo no es equivalente de carne, aunque se encuentra constituido en su mayoría por este tejido (Jerez, 2005). La carne para el consumo se obtiene después de un cierto tiempo de

almacenamiento en refrigeración (0-5°C) conocido como maduración, tras el cual la carne resulta más tierna y jugosa. La maduración habitual de la carne se realiza por almacenamiento en frío de la canal durante 10 a 14 días (López y Casp, 2004). La carne está constituida aproximadamente por un 75% de agua, 19 de proteína, 3.5% de sustancias no proteicas solubles y un 2.5% de grasa (López y Casp, 2004).

3.3.1. Conceptualización de la calidad

Para la norma ISO 9000, la calidad es definida como “El conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confiere la aptitud para satisfacer necesidades de los usuarios declaradas como implícitas”, confiriéndole al producto un grado de aceptación y precio frente a los consumidores, aspecto que representa ventajas competitivas en el mercado. Desde el punto de vista de los productos agroalimentarios, según la FAO (2004), la calidad puede considerarse como una característica compleja de los alimentos que determina su valor o aceptabilidad para los consumidores; En este sentido, es fundamental que cuando se habla de productos de calidad, pensar en quiénes serán los usuarios del producto y cuáles son las necesidades específicas y siempre cambiantes que se espera satisfacer.

El productor-ganadero focaliza los parámetros de calidad hacia el animal, y tienen relación con los parámetros productivos como el crecimiento rápido y la eficiencia en el consumo y conversión alimenticia medida por tiempo, unidad de superficie y por capital invertido (Bavera, 2005); además, es importante el aspecto físico del animal y el nivel de engrasamiento.

Para el introductor de ganado a los rastros, puede referirse al peso de los bovinos comprados, edad, conformación corporal, procedentes de razas o cruza con aptitud cárnica que asegure un buen rendimiento de la canal (Horcada, 2005). Para los rastros municipales y TIF, la calidad se relaciona con el rendimiento en canal (cantidad de músculo y de hueso), además de un grado de finalización o engrasamiento (Bavera, 2005).

En el tablajero (carnicerías), la calidad se refiere con al rendimiento de la canal, las características de procesamiento (capacidad de retención de agua, textura, vida de anaquel) tamaño de piezas y cantidad de grasa que poseen los cortes de valor comercial que les permita satisfacer los requerimientos del consumidor (Consigli,

2001); pero está condicionado a las características de las canales que el rastro o el introductor comercialice.

Para el consumidor final, la calidad se relaciona con las características propias que percibe en la carne como color, textura, jugosidad y sabor (Téllez, 2005); además de la composición química, donde sobresale el contenido de proteína y el perfil de ácidos grasos para consumidores de mayor exigencia. Por otra parte, considera el precio y el etiquetado (Bredahl, 2003) y más recientemente, aspectos de inocuidad del producto, referido a que esté sea totalmente libre de agentes contaminantes (Wilmer *et al.*, 2011., Bavera, 2005)

3.3.2 Calidad de la carne

Como fue abordado anteriormente, la calidad de la carne puede definirse como el conjunto de cualidades apreciadas y demandadas por los consumidores (Téllez, 2005); es el conjunto de características cuya clase inherente le confiere al producto un mayor grado de aceptación y precio frente a los consumidores, aspecto que representa ventajas competitivas en el mercado. A pesar de existir divergencia en cuanto a perspectivas, en la carne bovina se identifican tres tipos de calidad: la higiénico-sanitaria, la nutricional y la organoléptica o sensorial (Jerez, 2005). La primera, asegura que la carne a consumir no presenta riesgo para la salud humana; es decir, ausencia de contaminantes (Canizal y Rivera, 2007). La segunda se refiere al contenido y valor nutritivo de la carne como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, (Jerez, 2005), además del pH, capacidad de retención de agua, conductividad térmica, consistencia y otras más. La tercera se refiere a las características que se perciben por medio de los sentidos al momento de la compra o consumo como color, olor, terneza, jugosidad, sabor y aroma (De León, 2005)..

La calidad higiénica es lo primero que debe tener la carne, libre de agentes bacterianos y de residuos que constituyan un riesgo para su consumo (Gracey, 1989). La calidad tecnológica de la carne se relaciona con las propiedades que determinan su aptitud para la transformación y conservación (Dikeman, 1991). La calidad organoléptica o sensorial, puede definirse como las características percibidas por los sentidos en el momento del consumo e influyen en la satisfacción sensorial (Romans y Norton, 1989., Ingr, 1990., Wal, 1991., Bocard, 1992., Sañudo

et al., 1992). La caracterización de los factores determinantes de la calidad de la carne (Oliver *et al.*, 1990) está adquiriendo una importancia creciente, en gran parte debido al interés de los consumidores por adquirir productos de calidad controlada, lo que ha incrementado las denominaciones de origen o de los distintivos de calidad en los productos alimenticios, que aseguran unas condiciones de producción y venta de la carne controladas por instituciones oficiales (García, 2000).

3.4 Factores que afectan la calidad de la carne

Existen varios factores que condicionan las características de la canal y de la carne de ganado vacuno, como a continuación se mencionan.

3.4.1. Factores intrínsecos del animal

Raza

En producción animal, el término de raza se conceptualiza como un grupo de animales domésticos con características fenotípicas y físicas similares (color, cuernos, tamaño corporal, etc.) que se transmiten por generaciones (Bustamante, 2004). En México existe una gran diversidad de razas bovinas con orientación cárnica, entre las principales razas se encuentran las siguientes: Hereford, Charolais, Brahman, Nellore y Pardo suizo Europeo (Financiera Rural, 2009). También existe la raza criolla, la cual tiene como cualidades la adaptación al medio, habilidad para caminar así como resistencia a enfermedades (Félix *et al.*, 2006). La raza va a influir principalmente en la conformación de la canal, que a su vez va a indicar la constitución general y forma de los animales. Existen razas que presentan una mayor velocidad de crecimiento y un mayor nivel de engrasamiento como la raza Aberdeen Angus, Charolais, etc., por lo tanto, la raza va a ser un factor de gran importancia en la calidad de la canal (Zea y Carballo, 2007). La raza Wagyu originaria de Japón es considerada con la mejor calidad de carne en el mundo, se distingue por tener una carne muy marmoleada y un alto porcentaje de grasas insaturadas (Seimei, 2009).

Edad

La edad es un factor que va relacionado con el peso de la canal, de forma que a mayor edad del animal aumenta su peso, la deposición de grasa y el amarillamiento de ésta (López y Casp, 2004). Las diferencias de calidad pueden deberse a cambios profundos en la composición y características de los músculos, encontrándose que los bovinos presentan una mayor ternura o suavidad entre los 18 y 42 meses de edad. A mayor edad menos ternura y mayor intensidad del color debido a que incrementa la tasa de acumulación de mioglobina. En tanto, la jugosidad disminuye a mayor edad, (Depetris, 2000).

Peso

Con base a las Normas FEDNA (2010), el peso recomendado para el inicio de engorda de bovinos para machos es de 65 kg y 70 kg en hembras y su peso de finalización es de 496 kg y 390 kg, respectivamente; la ganancia debe ser de 1.5 kg/d, logrando un peso final de la canal para machos de 278kg y 218 kg para hembras. El peso de la canal va a condicionar la composición tisular y el tamaño de las piezas obtenidas, por lo que es un factor que va a influir de una forma importante en el precio pagado al ganadero. Durante el periodo de cría o de ceba, a medida que el ternero aumenta de edad va aumentando de peso, debido al desarrollo de sus tejidos. Primero, la estructura ósea, después su musculatura se desarrollará al máximo y por último se irá engrasando (Berg y Walters, 1983). Además, el peso de la canal va a indicar su rendimiento, que a su vez puede ser utilizado como indicador del grado de engrasamiento y acabado del animal, ya que a un aumento del rendimiento va ligado a la deposición de grasa (Depetris, 2000)

Sexo

Las diferencias entre sexos están bien definidas: a la misma edad, las hembras tienen la carne más tierna que los machos, y los machos castrados son más tiernos que los enteros (Field, 1971). Generalmente la carne de las hembras es de mejor calidad sensorial que la de los machos (Purchas *et al.*, 2002). El sexo también tiene influencia sobre el color, la cantidad de pigmentos es mayor en las hembras que en los toros, no existiendo diferencias entre estos últimos y los novillos (Depetris, 2000). El sexo también influye en el desarrollo y crecimiento de los diferentes tejidos,

presentándose las mayores diferencias en el desarrollo del tejido adiposo, siendo las hembras las que antes van a desarrollar este tejido (López y Casp, 2004)

3.4.2 Factores extrínsecos del animal

Sistemas de manejo

Pastoreo

Los sistemas de pastoreo se definen como sistemas pecuarios donde el animal permanece en el agostadero. En éstos, más del 90 por ciento de la materia seca suministrada como alimento a los animales es producida en los pastizales o agostaderos y menos del 10 por ciento del valor de la producción total procede de actividades agrícolas no ganaderas (FAO, 2012).

En las zonas tropicales de México predominan los sistemas de pastoreo extensivo que son afectados por una producción estacional de los pastos. Además, esta ganadería tiene límites que reducen su productividad, como son la fuerte dependencia en los pastos para la alimentación animal, la escasez de agua, los bajos índices de tecnificación y la baja aplicación de medidas preventivas sanitarias.

Estos sistemas de producción convencionales no siempre satisfacen las necesidades nutricionales del ganado y regularmente se recurre a la suplementación (FAO, 2003). Los sistemas de producción de carne a base de hierba son sistemas de bajos insumos que satisfacen la demanda de minoristas de la carne y de consumidores locales (Fisher *et al.*, 2000). Existe un problema sobre el sistema de producción en pastoreo, por la pérdida de peso, especialmente durante la estación seca, que en esta instancia, es probable que afecte el rendimiento de carne y la calidad (Bester *et al.*, 2003).

A pesar que la relación alimentación-calidad es compleja, se ha encontrado en diversas investigaciones que los bovinos en pastoreo presentan menor porcentaje de grasa y menor marmoleo que los alimentados a base de granos (Ortega *et al.*, 2005); por otra parte, se ha señalado que la carne es de color más oscura y en la grasa presenta un color amarillento (Allingham *et al.*, 200; Varela *et al.*, 2004), que pueden ser características no muy aceptables en los hábitos de los consumidores locales, pero que en realidad son propiedades positivas derivadas de los lípidos,

carotenoides y otros compuestos contenidos en el forraje verde que contienen funciones antioxidantes preventivas de ciertas enfermedades (Figura 2). En términos generales, la carne de animales alimentados con forrajes, además de contener menos grasa, tiene mayor contenido relativo de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) respecto a los ácidos grasos saturados (AGS) que los animales alimentados con concentrados a base de cereales (Naughton et al. 1986).



Figura 2. Aspecto físico de la canal de animales alimentados en pastoreo (a) y estabulados (b)

Existe un problema sobre el sistema de producción en pastoreo, por la pérdida de peso, especialmente durante la estación seca, que es probable que afecte el rendimiento de carne y la calidad (Bester *et al.*, 2003).

Estabulado

El sistema estabulado tiene la mayor producción y mejor calidad de la carne en el menor tiempo posible. El objetivo es proporcionar una alimentación para satisfacer los requerimientos del animal y que muestre su potencial genético en la producción de carne (Martínez, 2008). La alimentación de bovinos con un concentrado alto en energía se relaciona con la ganancia de peso y mayores niveles de grasa intramuscular (Moloney, 2002). Está ampliamente constatado que el sistema de alimentación influye en el estado de engrasamiento de la canal. Así, ritmos de crecimiento elevado asociados a una dieta alta de energía durante la finalización de los animales, mejoran significativamente la conformación y el estado de engrasamiento de las canales. También, la alimentación a libre disposición en pesebre y el incremento del tiempo de ceba contribuyen a mejorar las características de las canales (Ortega et al., 2005).

La producción de carne de res magra se logra con el uso de dietas concentradas, que puede ser desfavorable para la relación de n-6/n-3 ácidos grasos poliinsaturados en la carne, debido a que la grasa en alimentos concentrados contiene niveles más altos de C18: 2n-6. El forraje en la dieta se utiliza para mejorar las concentraciones de ácidos grasos n-3, porque los forrajes son una buena fuente de C18: 3n-3 (Scollan *et al.*, 2003).

Una alternativa adicional de producción es el sistema semi estabulado, donde se divide la alimentación en una parte del día en pastoreo y el resto del tiempo se mantiene estabulado (González *et al.*, 2007).

3.5 Composición química de la carne

3.5.1 Componentes bromatológicos

La composición química de la carne está determinada por humedad, proteína, extracto etéreo y cenizas. En el Cuadro 1 se presenta la composición química de la carne reportada por diferentes autores para el músculo *Longissimus* y sistemas de alimentación. Donde en principio se observa que el músculo *longísimus*, es el más utilizado en la investigación de calidad de carnes, en promedio está compuesto de

72.8% de humedad, 21.5% de proteína, 3.9% de extracto etéreo (EE) y 1.2% de cenizas.

Humedad: La determinación de humedad es un paso obligado en el análisis de alimentos. Es la base de referencia que permite comparar valores y convertirlos a base seca, húmeda o a tal como se ofrece (FAO, 2007). En general los porcentajes de humedad de la carne en base a diferentes tipos de alimentación y de músculo, donde se observa que el rango de humedad para la alimentación es de 71.1 a 77.1%.

Por su costo, la proteína es el nutriente más importante en la dieta en una operación comercial; su evaluación permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos o del alimento que se está suministrando (Oliveira *et al.*; 1993). En el Cuadro 1 se puede observar que con la alimentación de pastoreo el contenido de proteína va de 20.8% (Montero *et al.*, 2011) a 22.3% (Moloney *et al.*, 2008); en tanto que, en las dietas a base de concentrado aumentan ligeramente (French *et al.*, 2000) y los valores de 23.5% más altos fueron reportados en pasto + concentrado (French *et al.*, 2000).

El extracto etéreo (EE) o grasa bruta es el conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (ésteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres) (Manzano *et al.* 2008). En el Cuadro 1, se muestra que los valores más altos son para los animales alimentados con concentrado (5.4%) (Oliveira *et al.*, 2011) y en pasto + concentrado (5.5%) según Minchin *et al.* (2009).

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica; representan el contenido mineral, es decir, el conjunto de nutrientes elementales que están presentes en determinada muestra. En el Cuadro 1 se observa que el contenido de cenizas sigue el mismo patrón que los compuestos anteriores, de forma que hay valores más altos en animales alimentados con pasto + concentrado de 1.50% según Minchin *et al.* (2009) y con un porcentaje menor en animales alimentados con pasto según, Padre *et al.* (2006).

Cuadro 1. Composición química de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación.

Autor	Alimentación	Músculo	Humedad	Proteína	Extracto etéreo	Cenizas
Montero <i>et al.</i> (2011)	pastoreo	LD	NA	20.80	2.25	1.26
Oliveira <i>et al.</i> (2011)	concentrado	LT	71.29	20.16	5.45	1.13
Minchin <i>et al.</i> (2009)	P+C	LD	72.80	20.90	5.50	1.50
Muchenje <i>et al.</i> (2008)	pastoreo	LT	77.10	21.00	NA	1.18
Moloney <i>et al.</i> (2008)	P+C	LD	74.10	22.30	2.10	1.10
Padre <i>et al.</i> (2006)	pastoreo	LD	72.34	20.43	3.38	0.90
French <i>et al.</i> (2000)	pastoreo	L	72.30	22.30	4.36	1.35
French <i>et al.</i> (2000)	concentrado	L	71.10	22.60	4.49	1.07
French <i>et al.</i> (2000)	P+C	L	71.10	23.50	4.02	1.14

LD: *Longissimus dorsi*, LT: *Longissimus thoracis*, L: *Longissimus (sin especificación)*

3.5.2 Ácidos grasos en la carne y su relación con la salud

La producción de carne bovina en la actualidad se orienta a la diversificación y oferta de productos de mejor calidad y con valor agregado. Los ácidos grasos de los alimentos pueden ser clasificados en saturados e insaturados, los primeros se encuentran más en estado sólido a temperatura ambiente y los segundos en líquido (Castañeda y Peñuela, 2010). Los ácidos grasos saturados ingeridos en la dieta, proceden principalmente de productos de origen animal y están relacionados con factores de riesgo a la presencia de hipercolesterolemia, de ahí la importancia de conocer cuál es la concentración en la carne. Para bovinos alimentados a base de concentrados y en pastoreo, Montero et al. (2011) reportan que los ácidos grasos saturados representan el 48% del total de ácidos grasos en ambas dietas.

En el Cuadro 2 se especifica la nomenclatura de diferentes ácidos grasos, haciendo referencia únicamente a los que se estudiaron en el presente trabajo. Los ácidos grasos saturados varían de C4 a C20, los más comunes en la carne son el palmítico (C16) y el esteárico (C18). Los ácidos grasos insaturados tienen una mayor reactividad química que los saturados debido a la presencia de dobles enlaces (carbono: carbono) en su estructura química, que les permite actuar como captadores de radicales libres (O⁻). Esta característica provoca daño celular y por eso, es referido a compuestos preventivos de ciertas enfermedades. Es así que, los más importantes son el linoleico y linolénico, de los cuales el primero es el más activo. A éstos, también se les denomina ácidos grasos esenciales, ya que el metabolismo del hombre no los sintetiza y por lo tanto, la dieta los debe contener a razón de 1 – 2 % del total de lípidos consumidos (Lehninger et al., 1995). Algunas funciones biológicas de los ácidos grasos esenciales son la estimulación del crecimiento humano, mantenimiento de la piel y el pelo, regulación del metabolismo del colesterol, la actividad lipotrópica y el mantenimiento del sistema reproductivo (Badui, 1999).

Cuadro 2. Nomenclaturas para los diferentes ácidos grasos

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Nomenclatura</i>	<i>Formula química</i>
<i>Ácidos grasos saturados</i>			
Mirístico	Tetradecanoico	14:00	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH
Palmítico	Hexadecanoico	16:00	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH
Esteárico	Octadecanoico	18:00	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH
Margarico	Heptadecanoico	17:10	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ COOH
<i>Ácidos grasos insaturados</i>			
Palmitoleico	Hexadeca 9 enoico	16:1 Δ 9	C ₁₅ H ₂₉ COOH
Oleico	Octadeca 9 enoico	18:1 Δ 9	C ₁₇ H ₃₃ COOH
Linoleico	Octadeca 9:12 :15 trienoico	18:2 Δ 9, 12	C ₁₇ H ₃₁ COOH

Badui(1999).

Existe evidencia experimental y clínica, respecto de la relación directa entre el consumo de grasas saturadas y el mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares (Grundy, 1997). La carne y los productos de secreción (leche y derivados) de los rumiantes, contienen pequeñas cantidades de AGT (alanina gamma glutamina). La carne puede contener 1g de AGT/100g, la grasa 5-6g/100g, la mantequilla 2-7g/100g, y la leche entera 0.07-0.1g (Valenzuela, 2008). Los ácidos grasos de la carne bovina contienen ácido esteárico, único ácido que tiene un efecto neutral sobre los niveles de colesterol en sangre; por su parte el ácido oleico parece ser benéfico para reducir el colesterol en plasma y el total de colesterol en las lipoproteínas de baja densidad en humanos (Grundy, 1986; Kazala et al., 1999).

En el Cuadro 3 se presentan diferentes porcentajes de ácidos grasos en carne bovina reportados por nueve autores, donde se observa que la mayoría de estudios se han realizado con regímenes de dieta bien diferenciados (pastoreo o concentrados). En el mismo se especifica que, independientemente de la dieta, el ácido oleico (C: 18-1), que corresponde a los insaturados, es el de mayor predominancia representando en promedio 35.2%, seguido por el palmítico (C: 16) y esteárico (C: 18) que son saturados que corresponden al 24.1 y 17.5%, respectivamente. Comparando por autores diferencias entre tipos de dietas, a excepción de Nuernberg et al. (2005), se encuentran porcentajes más altos de ácido oleico (C: 18-1) en las dietas basadas en pastoreo (Enser et al., 1997; French et al., 2000; Varela et al., 2004)

Cuadro 3. Contenido de ácidos grasos en carne bovina bajo diferentes sistemas de alimentación

Autor	Alimentación	Músculo	Mirístico	Palmítico	Estearico	Heptadec.	Palmitoleico	Oleico	Linoleico
Jaturasitha <i>et al.</i> (2009)	pastoreo	LD	2.74	27.93	17.64	4.42	4.42	38.36	2.70
Leheska <i>et al.</i> (2008)	pastoreo	Bistec	2.85	26.90	17.00	1.42	3.27	36.50	2.01
Fredriksson <i>et al.</i> (2007)	pastoreo	LD	2.54	30.7	15.60	NA	2.48	31.30	NA
Varela <i>et al.</i> (2004)	pastoreo	LT	2.28	17.10	19.45	1.10	3.87	35.19	5.07
Varela <i>et al.</i> (2004)	concentrado	LT	2.92	20.03	17.96	1.07	4.24	34.45	6.04
Padre <i>et al.</i> (2006)	pastoreo	LD	2.09	23.18	26.65	1.34	0.30	28.52	1.68
Nuernberg <i>et al.</i> (2005)	pastoreo	LD	2.23	23.25	18.28	NA	2.88	34.10	4.32
Nuernberg <i>et al.</i> (2005)	concentrado	LD	3.27	25.10	14.56	NA	3.70	39.30	4.11
Velasco <i>et al.</i> (2004)	concentrado	LT	3.81	24.21	15.63	0.32	3.26	32.03	5.91
French <i>et al.</i> (2000)	pastoreo	L	2.71	22.84	14.72	0.97	3.88	40.58	2.32
French <i>et al.</i> (2000)	concentrado	L	2.52	24.72	16.13	1.19	3.86	38.62	2.96
French <i>et al.</i> (2000)	P+C	L	2.61	24.07	15.51	1.05	3.82	39.61	2.60
Enser <i>et al.</i> (1997)	pastoreo	LD	2.30	24.30	15.80	NA	3.65	34.70	2.50
Enser <i>et al.</i> (1997)	concentrado	LD	2.49	23.20	13.70	NA	3.58	29.80	8.28

LD: *Longissimus dorsi* LT: *Longissimus thoracis* Heptadec: heptadecanoico

3.6 Características físicas de la carne

pH

El pH condiciona la actividad enzimática, el sabor, el color de la carne, la ternura y la carga microbiológica (Villace *et al.*, 1999). El pH de los animales vivos se sitúa en un rango entre 7.08 y 7.30. Durante el sacrificio del animal se produce un descenso del mismo hasta valores entre 5.4 y 5.6 por medio de los fenómenos de conversión músculo a carne como lo señala Beltrán *et al.* (1997). En el Cuadro 4 se muestran valores de pH en la carne en los diferentes tipos de alimentación, el promedio es de 5.53%. Los factores que afectan esta variable, están ligados a la raza, edad, sexo, peso y tipo de músculo, como las extrínsecas que es la alimentación, ejercicio, manejo, estimulación eléctrica y velocidad de enfriamiento de la canal (Barriada, 1995).

Cuadro 4. Valores de pH de la carne de bovino en diferentes tipos de alimentación

Autor	Alimentación	Músculo	pH (%)
Moloney <i>et al.</i> (2007)	ensilado+pasto	LD	5.5
Muchenje <i>et al.</i> (2007)	pasto	LT	5.7
Razminowicz <i>et al.</i> (2005)	pasto	NA	5.5
Varela <i>et al.</i> (2004)	pasto	LT	5.4
Varela <i>et al.</i> (2004)	concentrado	LT	5.4
French <i>et al.</i> (2000)	pasto	NA	5.5
French <i>et al.</i> (2000)	concentrado	NA	5.5

LD:*Longissimus dorsi* LT: *Longissimus thoracis*

Textura

La textura de la carne está definida por la composición de los elementos estructurales del músculo. La textura se ha determinado por la dureza de corte medida por una navaja de Warner Bratzler, que indica los kilos de fuerza requeridos para cortar un centímetro cuadrado del músculo, realizando el corte en orientación perpendicular a las fibras musculares. La clasificación de Warner Bratzler (FCWB) maneja los valores de dura mayor de 9 kgf, ternura intermedia entre 6 y 9 kgf, ligeramente tierna menor de 6 kgf. Pero según Schakelford *et al.* (1997), Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leindenz *et al.* (1998) es: dura mayor de 3.63 y menor de 5.44 kgf, medianamente tierna entre 2.27 y 3.63 kgf y tierna menor de 2.27 kgf. Animales

alimentados con pasto se encuentran en un promedio de 2.5 kgf, que estaría en la clasificación de tierna y cuando los animales son alimentados con pasto + concentrado es de 4.3 kgf que estaría en la clasificación dura (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de textura de la carne en diferentes tipos de alimentación

Autor	Alimentación	Músculo	Textura (kgf)
Pordomingo <i>et al.</i> (2012)	pastoreo	LD	2.6
Minchin <i>et al.</i> (2009)	pasto+ensilado	NA	1.1
Muchenje <i>et al.</i> (2008)	pastoreo	LT	2.7
Ruiz <i>et al.</i> (2003)	pastoreo	LT	2.2
French <i>et al.</i> (2001)	pasto+concentrado	NA	4.3

LD: *Longissimus dorsi* LT: *Longissimus thoracis*

Capacidad de retención de agua

Para Hamm (1960), el término capacidad de retención de agua (CRA) se define como la propiedad de una proteína cárnica para retener el agua tanto propia como añadida, cuando se somete a un proceso de elaboración. Otros autores distinguen la CRA, como la capacidad de retener el agua propia y la capacidad de ligar agua (CLA) que se adiciona (Carballo y López de Torre, 1991). El CRA afecta la apariencia externa de la carne, la pérdida de agua durante su preparación culinaria, la impresión de jugosidad que se percibe al consumirla, así como la retención de vitaminas, minerales y sales (Berriain *et al.*, 2000). Los valores de CRA mostrados en el Cuadro 6, indican un valor porcentual más bajo para animales que son alimentados con concentrado (17.8 %) que aquellos a base de pastoreo (18.7-22.7%) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores de CRA de la carne en diferentes tipos de alimentación

Autor	Alimentación	Músculo	CRA (%)
Panea <i>et al.</i> (2010)	pastoreo	LT	22.7
Reséndiz <i>et al.</i> (2010)	pastoreo	LD	19.4
Reséndiz <i>et al.</i> (2010)	concentrado	LD	17.8
Onega <i>et al.</i> (2003)	pastoreo	LT	18.6

LD: *Longissimus dorsi*, LT: *Longissimus thoracis*

Pérdida de agua por cocción

En este método de Pérdida de agua por cocción (PPC), se determina el fluido liberado tras el calentamiento de la carne, sin aplicar fuerzas externas. Durante el calentamiento de la carne hasta una temperatura de 75°C sus proteínas se desnaturalizan, este efecto produce cambios estructurales como son la destrucción de membranas celulares, la contracción longitudinal y transversal de las fibras, la agregación de proteínas sarcoplásmicas y la contracción del tejido conjuntivo. Todos los fenómenos citados y especialmente el último, originan pérdidas por cocción en la carne al someterla al calor (Onega, 2003). En el Cuadro 7 se muestran diferentes porcentajes de PPC, citando diferencias de la carne a base de pastoreo reportando valores de 30.7 a 32.8% para animales alimentados con concentrado y pastoreo.

Cuadro 7. Valores de PPC en carne de bovinos en diferentes tipos de alimentación

Autor	Alimentación	Músculo	PPC (%)
Oliete <i>et al.</i> (2004)	pastoreo	NA	30.7
Bressan <i>et al.</i> (2004)	pastoreo	LD	31.2
Onega <i>et al.</i> (2000)	pastoreo	LT	32.8
Onega <i>et al.</i> (2000)	concentrado	LT	31.7

LD: *Longissimus dorsi*, LT: *Longissimus thoracis*

Color

Dentro de la apariencia física de la carne el color es la principal característica en que se basa el consumidor al hacer su elección inicial (Clydesdale, 1991). El consumidor ha aprendido a través de la experiencia que el color de la carne fresca de vacuno es rojo brillante y considera inaceptable cualquier desviación (Beriaín y Lizaso, 1997). Huffman (1974) indica que el consumidor relaciona el color de la carne con su frescura.

El sistema de representación del color más adecuado es el CIELAB (CIE, 1986), ya que se presenta más uniforme en la zona de los rojos (Hernández, 1994). Este sistema emplea las coordenadas tricromáticas L* (luminosidad), a* (índice rojo) y b* (índice de amarillo), de manera que a partir de relaciones entre ellas se pueden obtener las coordenadas colorimétricas, la intensidad de color o saturación y el tono.

En la Figura 3 se presentan las coordenadas L, a y b, en donde la luminosidad que va entre los valores de 0 a 100 representa lo más oscuro a lo más claro, respectivamente (Warris 1996; Wulf *et al.*, 1997). Si la luminosidad se presenta arriba de 50, se considera un color pálido, de 44 a 50 es rojo y si esta es menor de 44 es oscura.

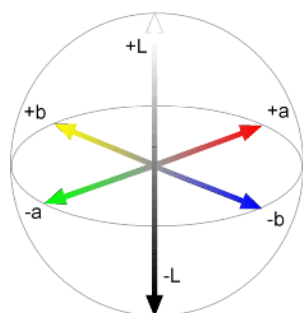


Figura 3. Espacio del color en la escala CIE $L^* a^* y b^*$

La luminosidad es el parámetro que de acuerdo a Mullen *et al.* (2000), predice mejor la calidad de la carne, la cual debe permanecer en valores mayores de 33. En el Cuadro 8 se muestran valores reportados por diferentes autores, el rango de luminosidad es de 34 a 39.8. Valores altos de luminosidad como este último, puede estar asociado a una carne con mayor contenido de grasa y mejor marmoleo (Orellana *et al.*, 2009), a^* presenta valores ligeramente mayores en animales alimentados con concentrado que los de pastoreo (18.3 vs 17.3) y la misma tendencia con b^* (12.3 vs 9.05), pero observa una mayor variabilidad (6.5 a 19.4).

Cuadro 8. Valores del color de la carne en las coordenadas $L^* a^* y b^*$

Autor	Alimentación	Músculo	L	a	b
Torrescano <i>et al.</i> (2010)	concentrado	LT	35.0	21.4	10.9
Muchenje <i>et al.</i> (2008)	pasto	LT	36.5	15.8	6.5
Muchenje <i>et al.</i> (2008)	pasto	LT	38.6	16.0	6.7
Moloney <i>et al.</i> (2008)	concentrado	LD	34.0	12.5	7.0
Razminowicz <i>et al.</i> (2005)	pastoreo	NA	39.8	20.3	10.7
Varela <i>et al.</i> (2007)	pasto	LT	34.2	17.3	12.3
Varela <i>et al.</i> (2007)	concentrado	LT	36.9	17.5	12.2
Raes <i>et al.</i> (2003)	concentrado	LL	34.6	21.7	19.4

LD: *Longissimus dorsi*, LT:*Longissimus thoracis*, LL:*Longissimus Lumborum*

3.7 Calidad higiénica (clenbuterol)

La calidad higiénica de la carne se relaciona con los aditivos que son usados rutinariamente en la alimentación del ganado con tres fines fundamentales: mejorar el sabor u otras características de las materias primas, prevenir ciertas afecciones naturales como la brucelosis, neosporosis, fascioliasis (Paz *et al.*, 2011) y aumentar la eficiencia de producción de los animales (Carrol *et al.*, 1972). La diversidad de aditivos utilizados con estos fines es muy amplia y los β -agonistas sintéticos son los más conocidos y/o utilizados, entre ellos: Cimaterol, clenbuterol, Fenoterol, Rotodrine, Ractopamina, Terbutaline, Salbutamol y Zilpaterol (Caicedo, 2009). El efecto de cada uno puede ser muy diferente; por ejemplo, el efecto del clenbuterol sobre el desarrollo de la masa muscular de un bovino es 2000 veces superior al Zilpaterol (Sumano *et al.*, 2002).

Clenbuterol: Se considera al fármaco β -agonista como un potente broncodilatador, agente lipolítico (Sumano *et al.*, 2002) y cuando se utiliza en dosis de 5 a 10 veces mayores a su concentración terapéutica se convierte en un anabólico (Paz *et al.*, 2011)

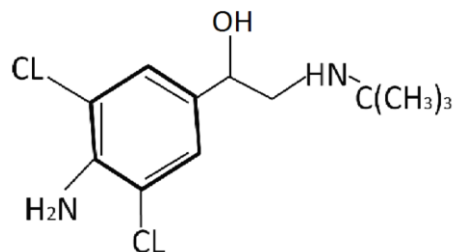


Figura 4. Fórmula estructural del clenbuterol. Nombre químico: (4-Amino-alfa-[(tert-butilamino)metil]-3,5-diclorobenzil alcohol hidrocloreto) (Sumano *et al.*, 2002).

El clenbuterol constituye un miembro de las denominadas fenetanolaminas, medicamentos que para mostrar actividad requieren la presencia de un anillo aromático con un grupo hidroxilo en la posición del grupo alifático (Figura 4); al mismo tiempo, la presencia del cloro en clenbuterol lo hace más liposoluble que sus análogos y por consecuencia tiende a difundirse profundamente en los tejidos, minimizando su excreción (Sumano *et al.*, 2002). Además, es un agente anabólico que se usa en la ganadería de manera ilegal para el aumento de peso en los

bovinos y otras especies. Se considera peligroso para la salud humana porque estimula el sistema cardiovascular, razón por la cual es severamente castigado por las autoridades. También, es un químico comúnmente empleado en enfermedades respiratorias como descongestionante y broncodilatador. En personas que padecen desórdenes respiratorios como asma, se emplea para facilitarle la respiración.

Los residuos de Clenbuterol pueden afectar las funciones de pulmones y corazón, en personas que ingieren carne o hígado de animales que les ha sido suministrado. Normalmente puede encontrarse como clorhidrato de clenbuterol, pero el nombre comercial comúnmente empleado es Ventipulmin (Sotomayor, 2007). Lueso y Gómez, (1990) mencionan que la composición de la canal se modifica, puesto que en animales tratados con β 2- agonistas se observa un aumento en el depósito de proteína (15%) y una disminución en el de grasa (18%).

Desde 1999 en México se han emitido tres Normas Oficiales Mexicanas: NOM -061-ZOO1999, NOM-EM-015-ZOO-2002 y NOM-194-SSA1-2004 (SAGARPA, 1999, 2002, 2004), donde se establece que queda prohibida la producción, manufactura, fabricación, elaboración, transportación, suministro y utilización del Clenbuterol. La ley Federal de Sanidad Animal (Art. 172, 173, 174) da una pena de 4 a 8 años de prisión y una multa de 500 a 3000 veces el salario mínimo por el manejo del clenbuterol.

3.8 Normatividad de la carne bovina en México

De acuerdo a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, establece reglas y especificaciones, aplicables al producto (carne), proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación entre otras, con la finalidad de homogeneizar la producción y a su vez, asegurar la calidad e inocuidad en la carne bovina.

Normas en la producción-industrialización y distribución de la carne.

La normatividad es aplicable en todos los procesos de producción-industrialización-distribución de la carne- consumidor. Para el transporte de bovinos en pie de las unidades de producción a los rastros (TIF o municipales) se tienen las normas, NOM-051-ZOO-1995 referente al trato humanitario en la movilización de animales,

NOM-024-ZOO-1995, especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, NOM-054-ZOO-1996 establecimientos de cuarentenas para animales y productos.

Para los establecimientos de sacrificio y obtención de las canales, se cuenta con la norma NOM-008-ZOO-1994, referente a especificaciones zoosanitarias para su construcción y equipamiento. La norma NOM-009-ZOO-1994, relacionada al proceso sanitario de la carne, establece los procedimientos que deben cumplir los establecimientos destinados al sacrificio de animales y los que industrialicen, procesen, empaquen, refrigeren productos o subproductos cárnicos para consumo humana. La norma NMX-FF-078-SCFI-2002, que tiene por objetivo apoyar a los agentes que intervienen en la producción-distribución-consumo de la carne bovina a través de la definición de las características que deben reunir las canales para su comercialización; dicha norma, define a la calidad como los atributos y características deseables en la carne para el consumo humano, y cuya relación origina los distintos grados de clasificación; los cuales pueden ser calidad suprema, selecta, estándar, comercial y fuera de clasificación.

Normas de especificaciones sanitarias

Las normas referente a especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio, la NOM-033-ZOO-1995 referente al sacrificio humanitario de los animales. Para el transporte de la carne en canal y venta de la carne se tiene la NOM-024-ZOO-1995, NOM-009-ZOO-1994, NOM-194-SSA1-2004 En el caso de importación de carne se cuenta con la normatividad respectiva, entre otras, la norma NOM-030-ZOO-1995 referente a especificaciones y procedimientos para la verificación de carne de importación en puntos de verificación zoosanitaria.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Áreas de estudio

El estudio se realizó en cuatro regiones: Mixteca en los Distritos de Desarrollo Rural de Tehuacán e Izúcar de Matamoros, la región Centro en los Distritos de Cholula, Libres y Tecamachalco y la región trópic en el lado Oeste en el Distrito de Huachinango y del lado Este el Distrito de Teziutlán (Figura 5).

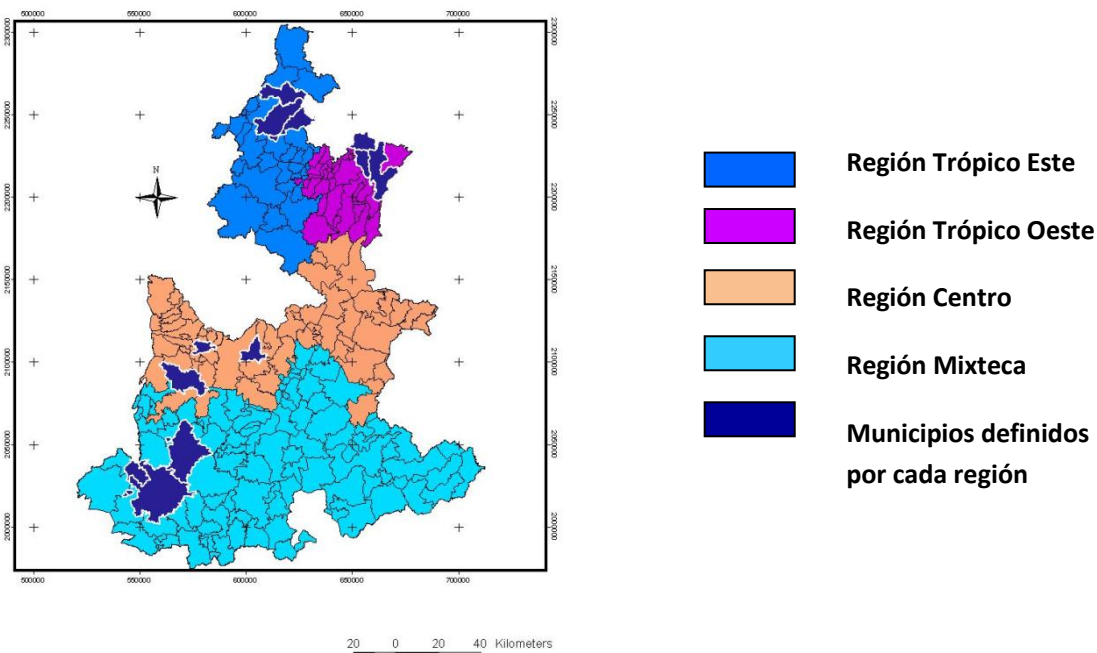


Figura 5. Regiones definidas para el estudio de la calidad de carne

Región Trópico: Clima tropical, con un territorio de 9150.84 km². Su principal vegetación son las gramíneas nativas destinadas al pastoreo. Durante la época seca se reducen drásticamente los recursos alimenticios para el ganado y tienen que utilizarse esquilmos agrícolas como el rastrojo de maíz, sorgo y frijol y pastos naturales residuales como mozote (*Cenchrus ciliaris*) y jaragua. Estos forrajes son de baja calidad, puesto que son altamente fibrosos y con bajo porcentaje de digestibilidad y proteína (SAGARPA, 2005).

Región Centro: tiene clima templado, con una superficie de 13449.43 km², su precipitación de 1 270 mm y su principal cultivo es el maíz, frijol, y algunas gramíneas introducidas (SAGARPA, 2006).

Región Mixteca: tiene un clima predominante cálido semiseco con un territorio de 1,668.74 km², las coordenadas geográficas correspondientes son los 17° 53' y los 18° 21' de latitud norte y los 97° 46' y los 98° 22' de longitud oeste se caracteriza por tener una cobertura de vegetación de bosque tropical caducifolio. En las zonas más desfavorables se presenta un clima de tipo semiseco muy cálido, donde la vegetación es menos densa, con presencia de plantas xerófitas (Guizar *et al.*, 2010).

4.2. Etapas de la investigación

Las etapas del trabajo son tres: a) La primera fue la toma de muestra de carne y sangre de los bovinos en los rastros ubicados en las diferentes regiones del estado de Puebla; b) Análisis químico, físico e higiénico de la carne en el laboratorio y c) Análisis estadístico e interpretación de datos.

4.2.1. Muestreo de carne y sangre

Las muestras de carne fueron obtenidas de bovinos finalizados en las regiones del Trópico Este y Oeste, Mixteca y Centro. Para cada región se definieron tres sitios, cada uno correspondió a un municipio diferente (Cuadro 9), donde a su vez se muestrearon 3 animales (N=36). Para definir los sitios, se consideró el manejo más representativo de la región y se vinculó el proceso con productores cooperantes de las Asociaciones Ganaderas locales y regionales del estado de Puebla

Cuadro 9. Municipios definidos para el muestreo en las diferentes regiones del estado de Puebla.

Trópico Este	Trópico Oeste	Mixteca	Centro
Tenampulco	Xicotepec	Huehuetlan	Atlixco
Hueytamalco	Zihuateutla	Chiautla de Tapia	Cholula
Ayotoxco	Jalpan	Izúcar de matamoros	Amozoc

En los 36 bovinos seleccionados se registró información del manejo durante la fase de engorda y durante el sacrificio. En el manejo se registró el tipo de alimentación y el peso vivo, y durante el sacrificio se registró el peso de la canal. El sacrificio fue realizado en los rastros municipales, donde se colectaron 400 g de carne del músculo *longissimus dorsi* (Figura 6a). Se protegió de la luz con papel aluminio y se guardó en un refrigerador a -4 °C durante 10 días para la maduración de la carne, después se sometieron a -15 °C hasta su análisis.

Adicionalmente, se tomaron muestras de sangre empleando tubos de ensayo al vacío, para obtener el suero sanguíneo que se utilizó para la determinación del clenbuterol (Figura 6b). La sangre fue centrifugada a 2,500 rpm/10min, el suero obtenido se separó en tubos eppendorf y posteriormente, fueron congelados a -20°C hasta su análisis.

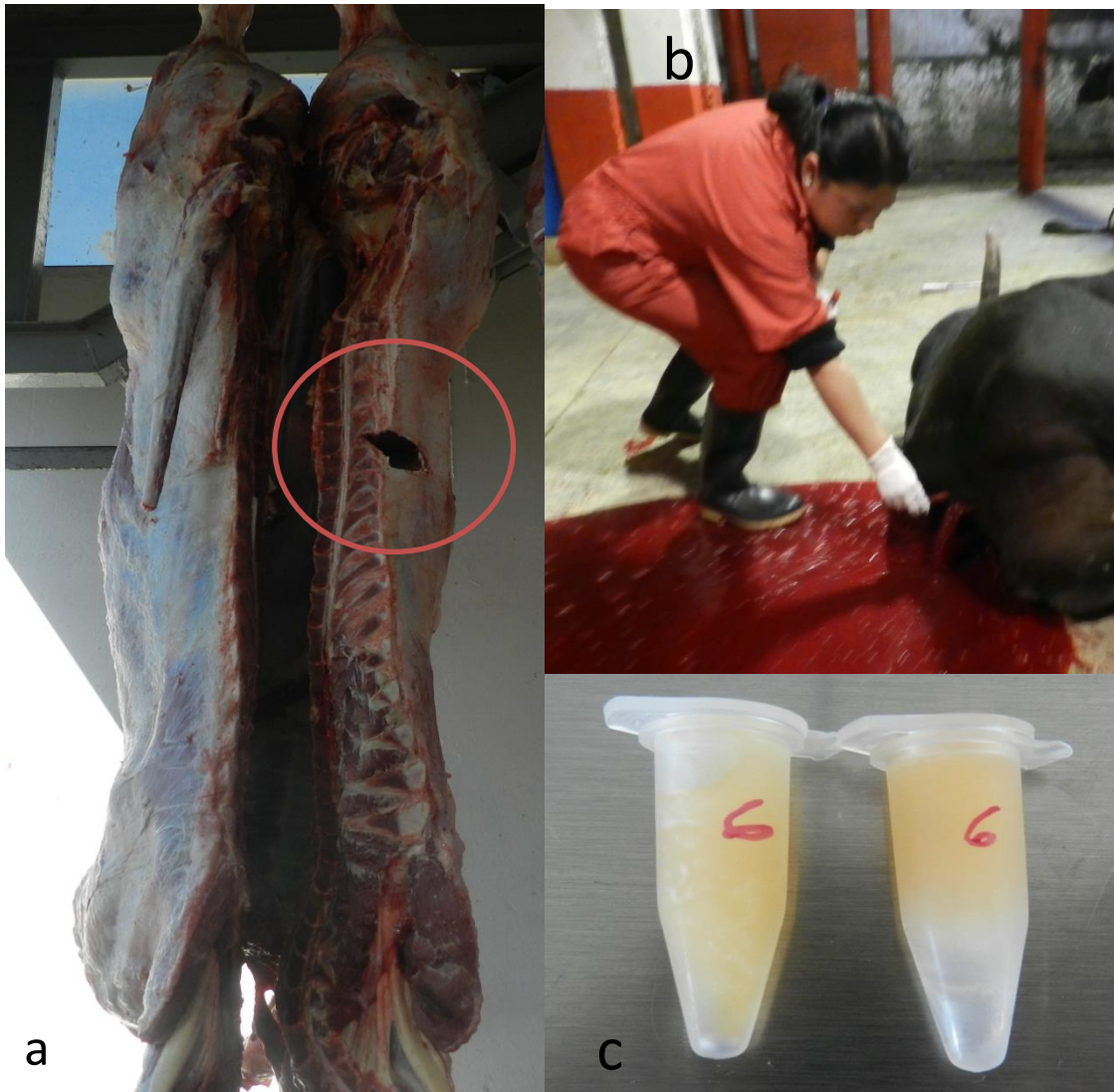


Figura 6. Muestras del *longissimus dorsi* 6(a), de sangre 6(b) y el plasma obtenido de la sangre 6(c)

4.2.2. Análisis en laboratorio

La muestra del músculo *longissimus dorsi* se dividió en tres partes: la primera para la composición química de la carne, la segunda para su análisis físico y la tercera para el perfil de ácidos grasos.

a) Composición química de la carne

En el laboratorio de nutrición animal del Programa de Ganadería, del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, se determinó proteína, extracto etéreo, cenizas y el perfil de ácidos grasos. Para realizar la composición química se sometió la carne a 50°C en una estufa de secado. El contenido de proteína cruda (PC) fue determinado por el contenido total de nitrógeno por el método de Kjeldahl (A.O.A.C. 2005), el extracto etéreo por la técnica de Nielsen (2010) y cenizas por (A.O.A.C, 2000). La Humedad (A.O.A.C, 2000) se determinó en el laboratorio del Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

Para realizar el perfil de ácidos grasos se liofilizó la carne durante tres días, el primer día a 35°C, después a 25°C y finalmente a 15°C. La determinación se realizó con una modificación a la técnica que reporta el AOAC (2005), utilizando un cromatógrafo de gases, con inyector automático. Se determinaron los ácidos grasos saturados: mirístico (C:14), palmítico (C:16), heptadecanoico (C:17) y esteárico (C:18); además de los insaturados: palmitoleico (C:16:1), oleico (C:18:1) y linoleico (C:18:2).

b) Análisis físico de la carne

El análisis físico de la carne se determinó en el laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería, del Colegio de Postgraduados, se determinó pH, capacidad de retención de agua (CRA), color, textura (A.O.A.C, 2000).

Color: Se utilizó el sistema de Hunter Lab, este se basa en la teoría del color de Hering, que señala la existencia de una escala circular en la cual se combinan los colores vecinos: el rojo con el amarillo, el rojo con el azul y el verde con el amarillo.

Textura: La resistencia al corte se realizó, con una navaja de Warner – Bratzler en un analizador de textura TA- XT2 (Textura Technologies Coirp; Scarsdale, NY).

La pérdida de agua por cocción (PPC) se determinó en el laboratorio del Colegio de Postgraduados Campus Puebla, con la técnica de la A.O.A.C. (2000)

c) Calidad Higiénica de la carne (clenbuterol)

Para la determinación del clenbuterol se utilizó el Kit RIDASCREEN, Clenbuterol Fast (R-Biopharm AG, Darmstadt, Germany). La determinación se hizo con la técnica

de ELISA, utilizando el lector de ELISA Microassay Reader Diamedix BP-965.5, en el laboratorio de Neuroendocrinología del Instituto de Fisiología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

4.3 Análisis de resultados

Los datos obtenidos en campo y en laboratorio se capturaron en hoja Excel para su procesamiento estadístico con las siguientes pruebas.

4.3.1 Prueba de normalidad

Debido a la gran variabilidad de los datos obtenidos, se usó una transformación logarítmica para su normalización y homogenización de la varianza, para ello, se utilizó el programa de SAS utilizando el modelo de Shapiro-Wilk 1965.

4.3.2 Análisis de Varianza

Para conocer el efecto de la región en cada una de las variables estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} corresponde a las diferentes variables evaluadas

μ es la media de la muestra

R_i , es el efecto región de muestreo $i=1, 2, 3, 4$

ε_{ij} , es el error.

4.3.3 Análisis por agrupación

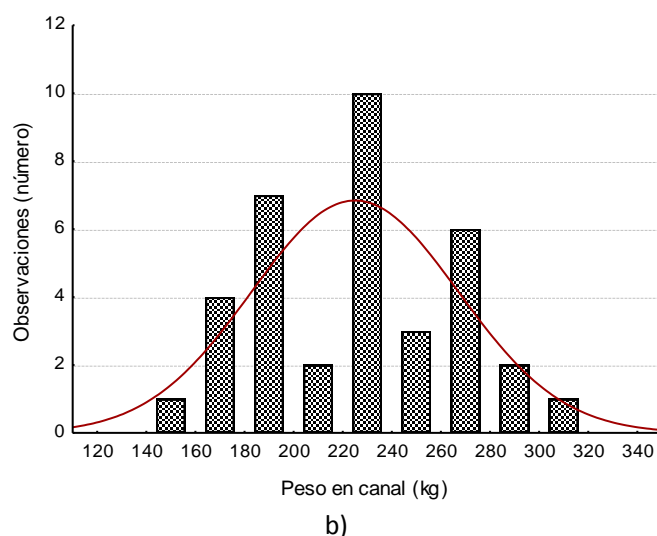
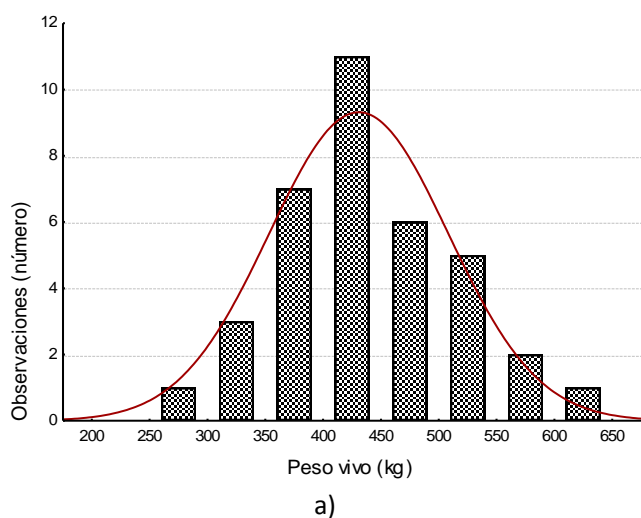
El análisis por agrupación (CLUSTER) se realizó con el SAS (SAS, 1994) y el arreglo de datos propuesto por Johnson (1998). Con este se estimó la matriz de varianza-covarianzas dentro de los agrupamientos y se aplicó a las explotaciones sin datos clasificados. Previamente a los análisis, los datos fueron estandarizados; de este modo en el procedimiento por agrupación se usaron los valores Z, ya que las variables que se estaban analizando tenían desviaciones estándar diferentes. La opción final fue dar la instrucción para que elaborara una gráfica de árbol (OUTREE=TREE), que creó un conjunto de datos nombrados TREE, que contienen la información calculada por el procedimiento de agrupación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados se presentan primero los histogramas de distribución de las variables, subsecuentemente el análisis por región mostrado en cuadros los medios mínimos cuadráticos y al final, se analiza el clúster que clasifica al tipo de ganadero en dos grupos.

5.1. Peso vivo y de la canal

El peso vivo promedio de los bovinos al sacrificio fue de 429.5 kg, con un rango de 280 a 606 kg. En la Figura 7 (a) se observa la tendencia en la distribución de los pesos vivos, donde se observa que el mayor número de observaciones estuvo dada entre 400 y 450 kg de peso vivo. En la Figura 7 (b) se observa la tendencia en la distribución de los pesos en canal, registrando un promedio de 224.4 kg, con un rango de 143 a 318 kg y con observaciones de mayor frecuencia entre los 220 y 240 kg. El rendimiento de la canal obtuvo una media de 52.2%, con un rango de 45.7 a 58.7 % Figura 7 (c) y con observaciones más comunes entre 50 y 54%.



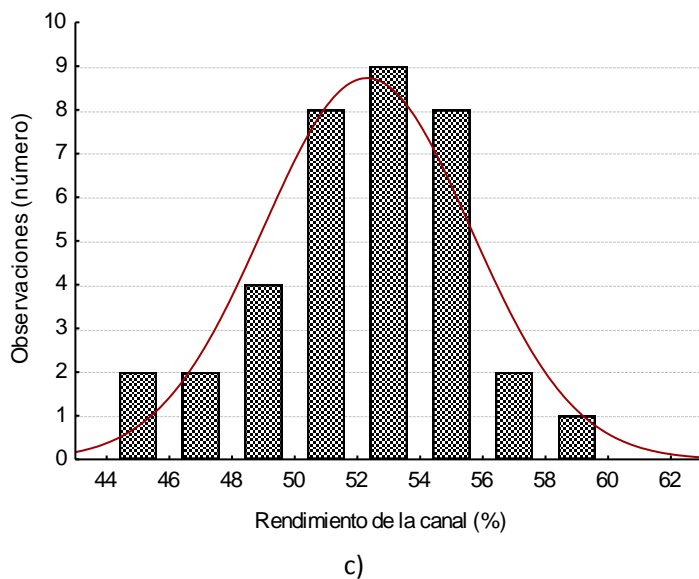


Figura 7. Histogramas de los pesos vivos, de la canal (kg) y el rendimiento de canal de bovinos.

En el análisis de varianza para el factor región no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el peso vivo y de la canal (Cuadro 10), estos resultados fueron similares a los encontrados por Hernández *et al.* (2009), quienes bajo tres sistemas de alimentación (concentrado, pastoreo+concentrado y pastoreo) no encontraron diferencias en ambas variables y reportaron en promedio 419.2 kg de peso vivo y 234.7 kg de peso de la canal, valores que tienen mayor similitud a los encontrados para la región Trópico Oeste en el presente trabajo. La forma de sacrificar al animal es un factor que influye significativamente en la composición de la canal (Butterfield, 1974), ésta también puede modificarse alterando el nivel energético de la dieta (Coleman *et al.*, 1993), y esto último está relacionado con la velocidad de crecimiento. Para Hays y Preston (1994), estos dos factores juntos, contenido energético de la dieta y tasa de crecimiento, explican el 20 % de la variación del contenido graso de la canal, mientras que el peso explica el 55 %.

En el rendimiento de canal se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) entre regiones, mostrándose más baja en la Mixteca con respecto a las dos regiones tropicales, pero sin diferenciarse de la región Centro. El rendimiento en canal se encuentran en el rango reportado por Gorrachategui (1997) quienes encontraron rendimientos entre 53 y 57.8% en animales, con peso al sacrificio entre 240 y 275 kg; por su parte Hernández *et al.* (2009) encontraron valores promedio de 56.1% en

tres tipos de alimentación (pasto, pasto + concentrado, y en concentrado), diferentes a los encontrados en este trabajo que fueron de 49.9 y 51.6 %. El rendimiento en canal, además de estar relacionado con el peso y la edad del animal, McCarthy *et al.* (1985) menciona que existe una disminución del rendimiento de la canal en la alimentación de concentrado debido a un mayor contenido digestivo.

Cuadro10. Peso vivo y de la canal de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla.

Variable	Trópico Este	Trópico Oeste	Mixteca	Centro	SD
	P + C	Pastoreo	Concentrado		
Peso vivo (kg)	451.8 ^{ns}	419.1 ^{ns}	450.6 ^{ns}	396.6 ^{ns}	26.7
Peso canal (kg)	241.8 ^{ns}	225.3 ^{ns}	224.8 ^{ns}	205.6 ^{ns}	21.5
Rendimiento canal (%)	53.8 ^a	53.7 ^a	49.9 ^b	51.6 ^{ab}	1.9

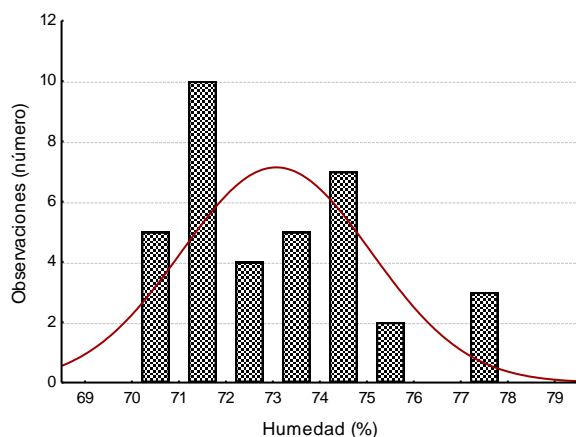
P + C: Pastoreo + concentrado

SD: Desviación estándar

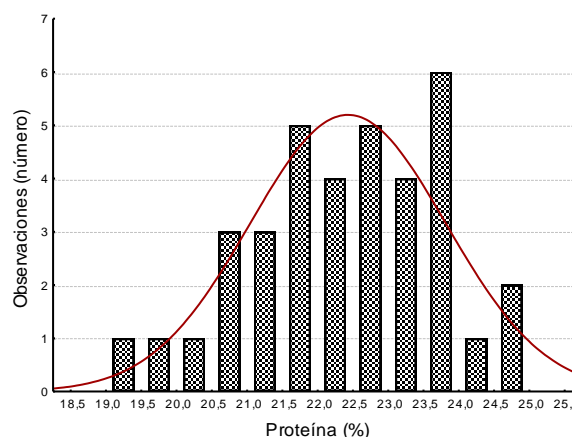
a, b, c : medias con literales distintas en cada fila son diferentes ($P \leq 0.05$).

5.2. Análisis químico de la carne

En la Figura 6 (a) se observa la tendencia en la distribución del porcentaje de humedad (a), de proteína (b), extracto etéreo (c) y cenizas (d). El porcentaje de humedad promedio en la carne fue de 73.0%, con un rango de 70.1 a 77.6 %. La proteína tuvo un promedio de 22.4% y un rango de 19.49 a 24.8%. El EE tuvo un promedio de 3.6 % y un rango de 2.2 a 5.0 % y la ceniza registró una media de 1.08 % en un rango de 0.84 a 1.33 %.



a)



b)

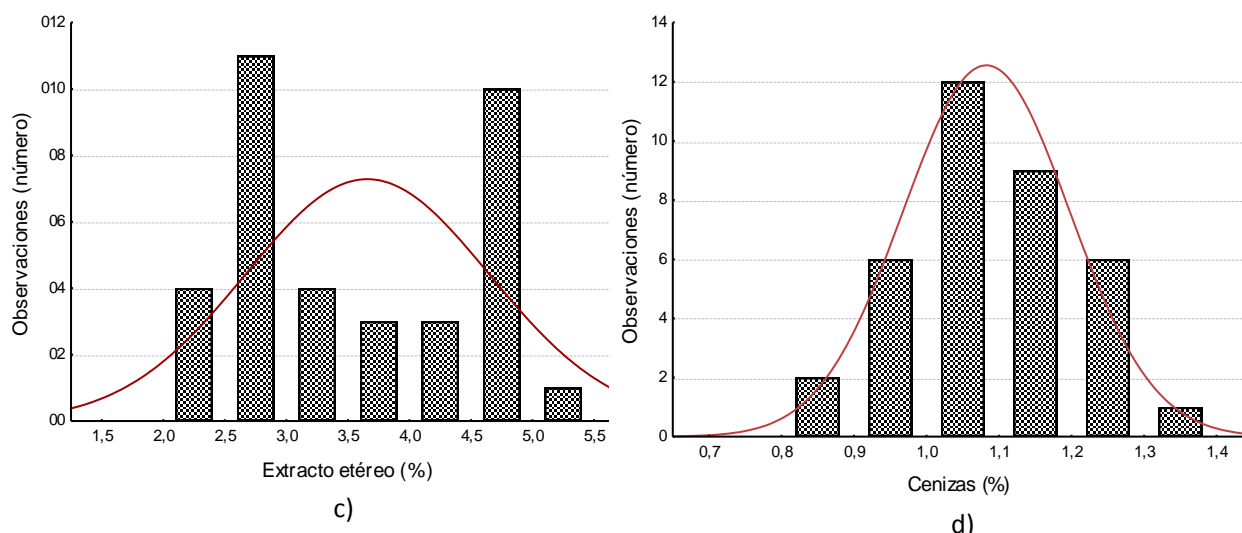


Figura 8. Histogramas de la composición química de la carne.

En el Cuadro 11 se especifican los resultados obtenidos por región en el contenido de humedad, proteína, EE y cenizas. En la humedad y ceniza no se encontraron diferencias significativas, pero si en proteína y EE ($P < 0.001$). El porcentaje de humedad promedió 73.04%, dato similar a aquellos reportados por Padre *et al.* (2006) para animales en pastoreo y ligeramente superiores a aquellos reportados por French *et al.* (2010) y por Leheska *et al.* (2008) en animales alimentados con pastos y concentrados, donde el contenido de humedad fue de 71.60% y 69.52%, respectivamente. Concerniente al contenido de ceniza los valores de este estudio fueron similares a los de Moloney *et al.* (2008) y French *et al.* (2010) para animales en pastoreo y para los animales con concentrado reportados por Sami *et al.* (2004) y Montero *et al.* (2011).

En el contenido de proteína fue estadísticamente mayor ($P < 0.001$) en la región de la Mixteca (24.0%) con respecto a las otras tres regiones que promediaron 21.8%. Los valores más altos en la Mixteca pudieran estar asociados en mayor medida al tipo de animal que a la dieta utilizada, dado que los ingredientes que utilizan los productores de esta región para la finalización, son similares a los de la región Centro. Los valores de la Mixteca son ligeramente superiores a los reportados por Faucitano *et al.* (2011), quienes con animales alimentados a base de maíz y harina de soya encontraron valores de 23.5% de proteína. La mayoría de los datos reportados en la literatura se concentran en valores de 20 a 23% independientemente de la alimentación; sin embargo, French *et al.* (2010) en animales alimentados a base de

pastoreo reporta una concentración de 22.58% y otros como Muchenje *et al.* (2008), Montero *et al.* (2003), Padre *et al.* (2006) y Leheska *et al.* (2008) encontraron porcentajes ligeramente más bajos (19.30% a 20.94%). En cuanto a los animales alimentados con pastoreo + concentrado se reporta un contenido promedio de 21.7%, similares a los de Moloney *et al.* (2008) y French *et al.* (2010).

En EE hay diferencia ($P \leq 0.05$) entre regiones, encontrando menor proporción en animales de la región del Trópico donde promediaron 2.7%, en comparación con valores de las regiones Centro y Mixteca que resultaron con 4.3 y 4.7%, respectivamente (Cuadro 11). Los datos indican que la carne de los bovinos alimentados en pastoreo contiene menos grasa, lo que puede explicarse por el esfuerzo físico que hacen los animales para conseguir su alimento, que hace que no haya acumulación de grasa intramuscular. Los valores encontrados en el presente trabajo son congruentes con lo reportado en la literatura, donde diversos autores han reportado 5% de grasa para animales alimentados con concentrados (Minch *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2011) y de 2.5 a 3.4% para animales en pastoreo (Sami *et al.*, 2004; Gracas *et al.*, 2006; Zea y Carballo, 2007; Montero *et al.*, 2011). El menor contenido de grasa en animales alimentados con pasto, desde el punto de vista de la salud humana, pueden tener consecuencias positivas, especialmente si consideramos que el patrón de consumo demanda carne con menor contenido de grasa con el objetivo de prevenir enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, en términos de calidad por carne marmoleada, es de mejor calidad la carne producida con animales alimentados con concentrado.

Cuadro 11. Composición química de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla (%).

Variable	Trópico Este	Trópico Oeste	Mixteca	Centro	SD
	P + C	Pastoreo	Concentrado		
Humedad	72.3 ^{ns}	72.9 ^{ns}	74.0 ^{ns}	72.8 ^{ns}	0.6
Proteína	21.7 ^b	22.4 ^b	24.0 ^a	21.3 ^b	1.1
EE	2.8 ^b	2.6 ^b	4.3 ^a	4.7 ^a	1.0
Cenizas	1.1 ^{ns}	1.0 ^{ns}	1.0 ^{ns}	1.0 ^{ns}	0.1

P + C = pastoreo + concentrado

SD.= Desviación estándar

a, b, c : medias con literales distintas en cada fila son diferentes ($P \leq 0.05$).

5.3. Perfil de ácidos grasos

Saturados

Los histogramas de los cinco ácidos grasos saturados estudiados en el presente trabajo se muestran en la Figura 7. Los datos muestran que no existe un patrón de comportamiento uniforme y normal, justificando su normalización previo al análisis estadístico. El ácido mirístico (a) obtuvo una media de 4.2% en un rango de 2.5 a 6.6%. En el ácido palmítico (b) se registró una media de 23.5% en un rango de 11.1 a 23%. En el ácido esteárico (c) se encontró una media de 19.1% en un rango de 9.23 a 29.5% y finalmente, en el ácido heptadecanoico (d) tuvo un promedio de 1.69 % con un rango de 1.0 a 2.8 %.

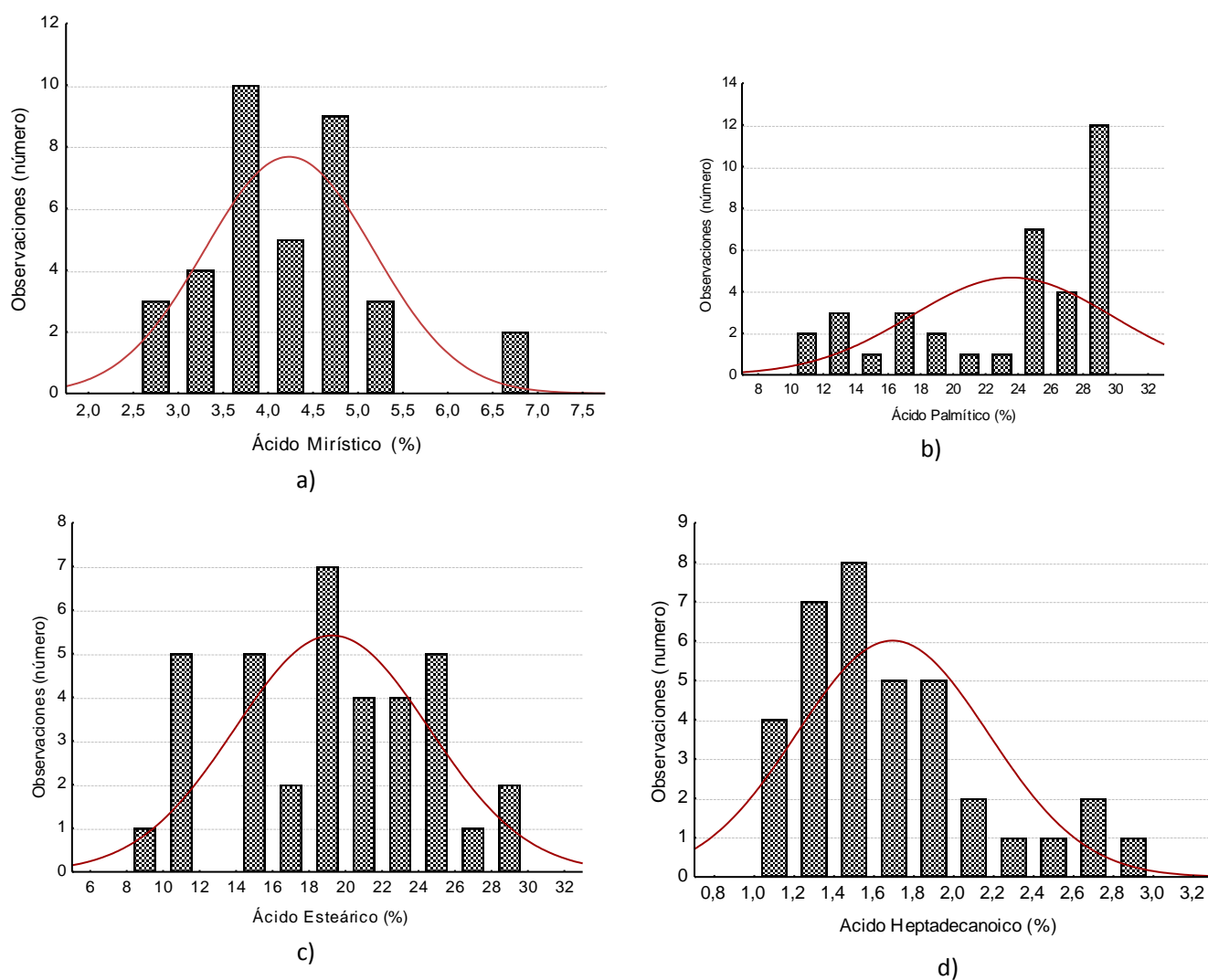


Figura 9. Histograma del perfil de ácidos grasos saturados de carne de bovino.

El análisis de varianza para el factor región se presentó en el Cuadro 12, donde se observa que hubo diferencias entre regiones ($P < 0.001$). El ácido mirístico fue estadísticamente menor en la región Trópico E, con respecto a las otras tres regiones, en las cuales hubo similitud entre ellas. Los valores promedio encontrados en éstas regiones (4.5%) son ligeramente superiores a los reportados en el Cuadro 3 de la revisión de literatura, donde se muestra un rango de 2.1 a 3.8%; sin embargo, autores como Velazco *et al.*, (2004) y Días *et al.*, (2008), reportan valores entre 4.6 y 6.6%. Promediando datos del mismo cuadro, se deduce que los animales alimentados con concentrado presentan porcentualmente mayor contenido de ácido mirístico (3.0%) que los animales en condiciones de pastoreo (2.5); sin embargo autores que estudiaron los dos tipos de alimentación reportaron un mayor contenido en animales bajo condiciones de pastoreo (Enser *et al.*, 1997; French *et al.*, 2000). En el mismo sentido, Montero *et al.* (2011) reportó valores de 3.2% para animales en pastoreo y 2.2 en aquellos alimentados con concentrado. Con base a los anterior y de acuerdo a los datos encontrados en el presente trabajo, no se encontró una tendencia por el tipo de alimentación, dado que los animales bajo condiciones de pastoreo +concentrado fueron más bajos que animales con un solo tipo de alimentación. El ácido mirístico tiene relativa importancia en la grasa de la leche de vaca donde porcentualmente ocupa el cuarto sitio (Daley *et al.*, 2010).

En el ácido palmítico, que es el segundo porcentualmente más importante, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las cuatro regiones, siendo mayor en la región del TO y menor en la Mixteca (Cuadro 12). El rango de valores encontrado en el presente trabajo es coherente con lo reportado en la literatura (Cuadro 3), donde se reporta de 17.1 a 27.9%. Claramente se observa que los animales en condiciones de pastoreo tienen un mayor contenido de ácido palmítico con respecto a los que fueron finalizados con concentrado; dicha tendencia es coherente con los datos mostrados en el Cuadro 3, donde promediando los datos de animales en pastoreo, resulta mayor que el promedio de los animales en confinamiento 24.5 vs 23.5%, respectivamente. El valor de mayor representación porcentual fue de 29.3% para la región de la Mixteca, que es un dato que coincide con datos reportados por Dias *et al.* (2008), quienes reportaron 29.0%. Otros autores encontraron valores menores en este tipo de alimentación Razminowicz *et al.*

(2008), Humada *et al.* (2011), Enser *et al.* (1997) que obtuvieron valores de 20.5, 17.6 y 24.3%, respectivamente.

En el ácido esteárico no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las regiones del Trópico y la Mixteca, pero si para la región Centro que tuvo la cantidad más baja. Los promedios del Cuadro 3 de la literatura, nos indica que el contenido de ácido palmítico es mayor en animales alimentados en pastoreo que en confinamiento (17.9 vs 15.6). Sin embargo, cuando se analizan autores que evaluaron los dos sistemas como Montero *et al.* (2011), Varela *et al.* (2004) y Enser *et al.* (1997), reportan valores ligeramente superiores para animales que son alimentados con concentrado con respecto a los de pastoreo.

En el ácido heptadecanoico se encontraron valores significativamente más altos ($P < 0.001$) en animales alimentados con pasto que aquellos en confinamiento. Dicha tendencia es también reportada en la literatura, encontrando valores para animales en pastoreo que van de 0.97 a 4.4% y de 0.32 a 1.2% para aquellos alimentados con concentrado (Cuadro 3). Sin embargo, no es un patrón común que en pastoreo sean más altos, algunos autores como French *et al.* (2000) y Varela *et al.* (2004) encontraron valores más altos en animales alimentados con concentrado que en pastoreo.

Cuadro 12. Perfil de ácidos grasos saturados de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla (%).

Variable	Trópico Este	Trópico Oeste	Mixteca	Centro	SD
	P + C	Pastoreo	Concentrado		
Mirístico	3.1 ^b	4.7 ^a	4.35 ^a	4.60 ^a	0.7
Palmítico	25.7 ^b	29.3 ^a	16.8 ^d	22.0 ^c	5.3
Esteárico	19.7 ^a	21.2 ^a	20.5 ^a	15.2 ^b	0.5
Heptadecanoico	2.0 ^a	2.0 ^a	1.3 ^b	1.3 ^b	0.4

P + C = pastoreo + concentrado

SD.= Desviación estándar

a, b, c : medias con literales distintas en cada fila son diferentes ($P \leq 0.05$).

Insaturados

El ácido palmitoleico tuvo una media de 4.1%, en un rango de 2.7 a 5.9 %. En la (Figura 8 a) se observa las frecuencias del ácido palmitoleico. En el ácido Oleico se encontró una media 34.3%, en un rango de 24.0 a 44.7 (Figura 8 b) En el ácido Linoleico se halló una media de 1.6% en un rango de 1.0 a 3.6 (Figura 8 c).

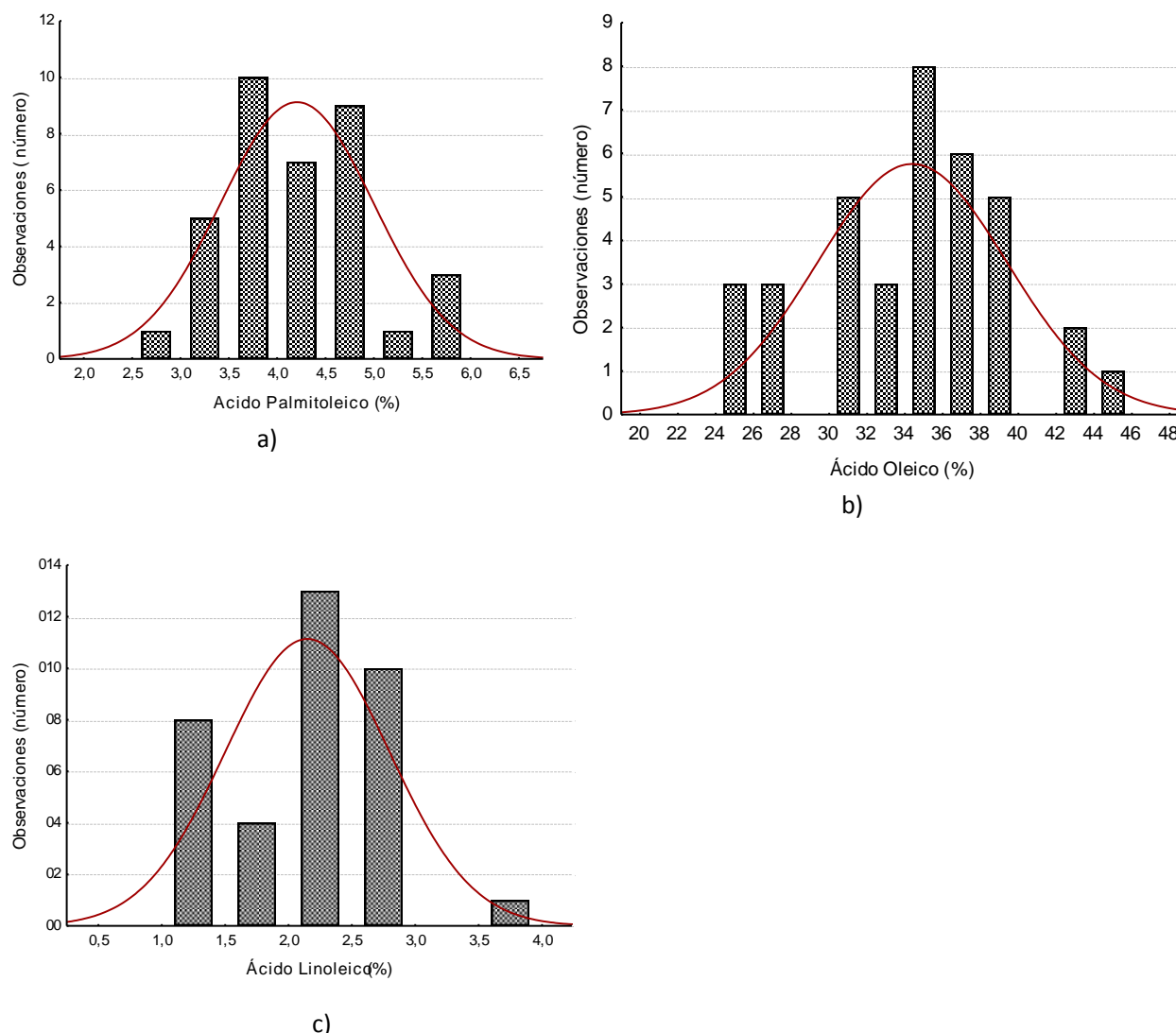


Figura 10. Histograma del perfil de ácidos grasos insaturados de carne de bovino

En el análisis de varianza el ácido palmitoleico se muestran en el Cuadro 13, la carne de los abovinos de la región Mixteca fue más bajo ($P \leq 0.05$) que las otras tres regiones de estudio. Dentro de los valores encontrados, los animales del TO registraron porcentajes ligeramente más altos (4.7%), que los reportados en la literatura y mostrados en el Cuadro 3, donde el valor máximo es de 4.4% con animales bajo condiciones de pastoreo (Jaturasitha *et al.*, 2009) y el mínimo es de

0.3% bajo el mismo régimen (Padre *et al.*, 2006). En el presente trabajo no se observa una tendencia clara de la concentración de palmitoleico en función del tipo de alimentación, dado que los datos del Trópico son equiparables a los del Centro. Lo anterior, es concordante con los porcentajes promedio de los autores que se especifican en la literatura, donde se deduce que los animales en confinamiento tienen 3.7% de palmitoléico y los de pastoreo 3.8%. En la región Mixteca donde estos son alimentados con concentrado se registró un valor de 3.6 %, similares a los de Enser *et al.* (1997) y Nuernberg *et al.* (2005)

El ácido oleico es el más abundante en la carne bovina, se encontraron diferencias muy marcadas por regiones y por tipo de alimentación. Las regiones del Trópico, sin diferencia entre ellas, fueron superiores ($P < 0.001$) a la del Centro y la Mixteca, éstas últimas también diferentes: La Mixteca tuvo los porcentajes más bajos. Contrariamente a lo que se esperaba en el presente estudio para la región Mixteca, donde por tener una vegetación diversificada en la selva baja caducifolia, hipotéticamente se suponía que al ser aprovechada por los becerros, la carne tendría un mayor contenido de ácidos grasos insaturados. Sin embargo, es evidente que por el manejo, los animales son crecidos en el agostadero y finalizados en corrales con dietas convencionales (sorgo, soya, rastrojo), donde la carne pierde sus propiedades. Los datos de esta región (36.6%) son similares a los reportados por Fredriksson *et al.* (2007), French *et al.* (2010) y Leheska *et al.* (2008). En la bibliografía consultada se encontró un rango de datos de 28.5 a 40.5% de ácido oleico, sin una clara diferenciación por el tipo de alimentación, donde los promedios observados de todos los autores fueron de 34.8% para carne de bovinos bajo condiciones estabuladas con concentrado y de 35.2% para animales en pastoreo, incluso, autores como Nuernberg *et al.* (2005) y Varela *et al.* (2004), reportan valores más altos para bovinos alimentados con concentrado que aquellos con pasto. Sin embargo, los datos, son coherentes con lo que teóricamente se hace referencia, la carne proveniente de sistemas pastoriles, tiene una mayor concentración de ácidos grasos insaturados, así como de carotenoides, terpenos, flavonoides y otros, que hacen que sea una carne más sana y con propiedades de tipo funcional que ayudan a prevenir ciertas enfermedades cardiovasculares y cancerígenas.

El ácido linoleico fue mayor ($P \leq 0.05$) en la carne de las regiones Centro y TE, que en Centro y TO. Los valores encontrados (1.8 a 2.4%) caen en los límites inferiores que se reportan en la literatura (Cuadro 3), donde se tienen valores que pueden ir de 1.7 a 8.3%. Por tipo de régimen, Enser *et al.* (1997); French *et al.*, 2000; Nuernberg *et al.*, 2005) se observa que hay una tendencia a tener una mayor concentración en la carne de animales alimentados con concentrado (5.5%) que aquellos en pastoreo (2.9%). Para el presente estudio no hay una clara tendencia por el tipo de alimentación y los valores más bajos fueron para la región Mixteca (1.9%), similares a los reportados por Padre *et al.* (2000) (1.7%), pero muy diferente de Varela *et al.* (2004), Enser *et al.* (1997) y Velasco *et al.* (2004) ellos obtuvieron 6.0, 8.3 y 5.9 %, respectivamente.

Cuadro 13. Perfil de ácidos grasos insaturados de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla (%).

Variable	Trópico Este	Trópico Oeste	Mixteca	Centro	SD
	P + C	Pastoreo	Concentrado		
Palmitoleico	4.2 ^{ab}	4.7 ^{ab}	3.5 ^b	4.1 ^{ab}	0.5
Oleico	36.0 ^a	37.2 ^a	30.1 ^c	33.7 ^b	3.1
Linoleico	2.3 ^a	1.9 ^b	1.8 ^b	2.4 ^a	0.3

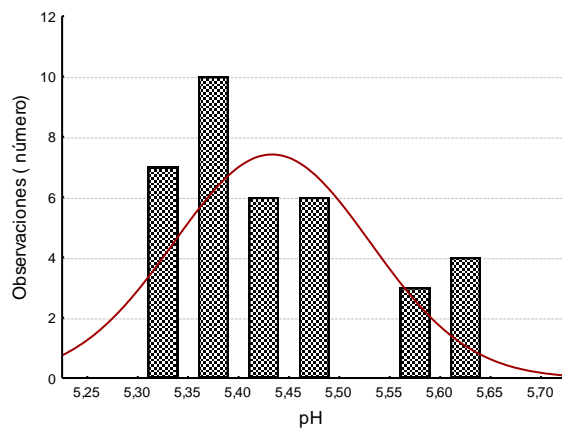
P + C = pastoreo + concentrado

SD.= Desviación estándar

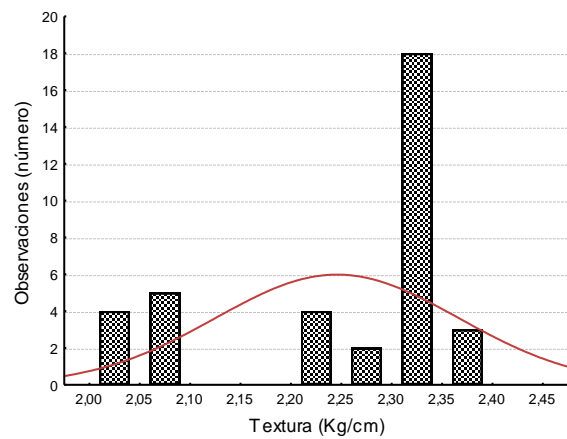
a, b, c : medias con literales distintas en cada fila son diferentes ($P \leq 0.05$).

5.4 Análisis físico de la carne

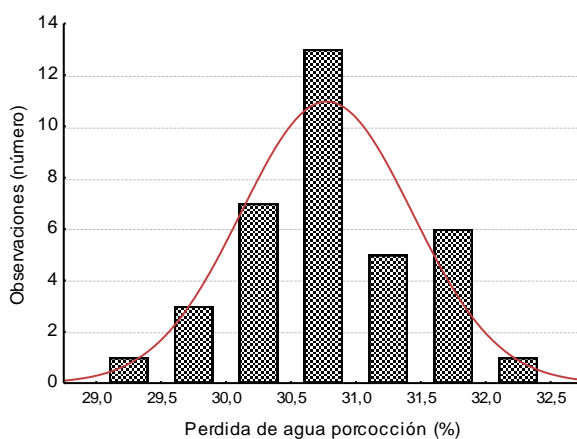
En la Figura 11 se presenta los histogramas resultantes del pH (a), textura (b), (PPC) Pérdida de agua por cocción (c), CRA (d); y los índices de color *L (e), *a (f) y *b (g). Se observa que los datos que mejor normalización mostraron fueron el pH y la PPC. El pH obtuvo una media de 5.4, en un rango de 5.3 a 5.6. En la textura (kgf) se halló una media de 2.24 en un rango de 2.0 a 2.3 kgf. En la PPC se registró una media de 30.7% en un rango de 29.4% a 32.3%. En CRA se obtuvo una media de 15.3% en un rango de 15.0 a 16.0 %. En los índices del color *L se encontró una media de 34.8 en un rango de 31.8 a 37.7. En el índice *a se localizó una media de 16.9 en un rango de 14.1 a 20.5. En el índice *b se halló una media de 5.9, en un rango de 4.3 a 7.1.



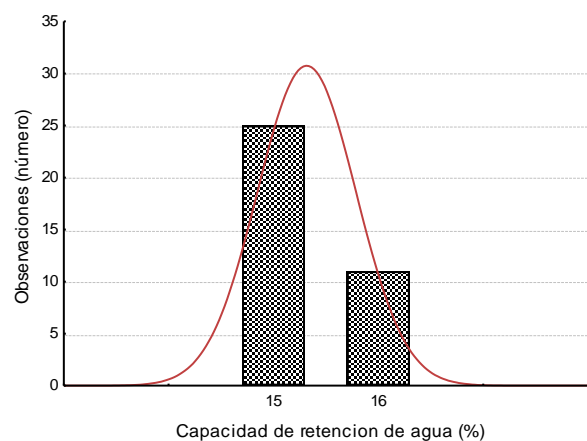
a)



b)



c)



d)

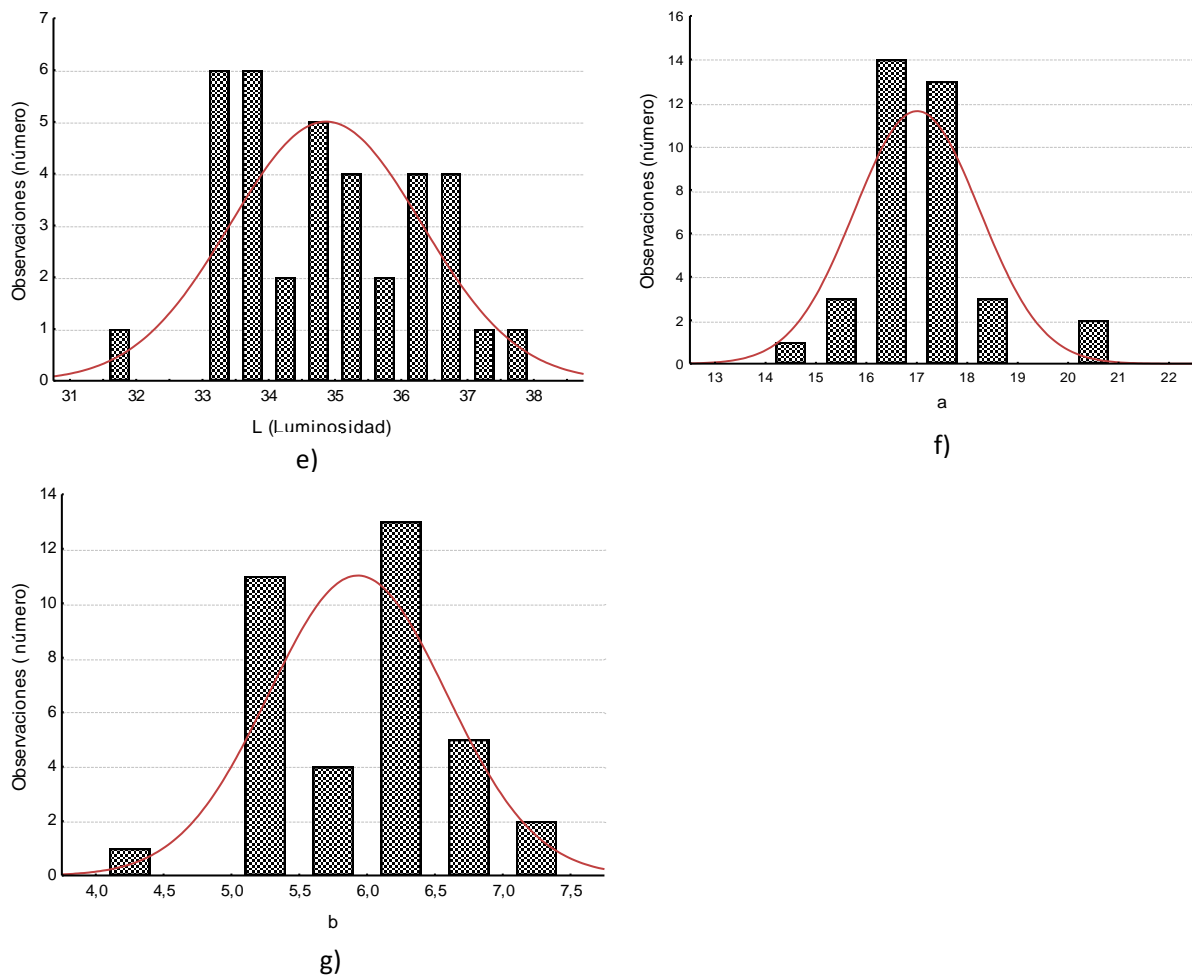


Figura 11. Histogramas de la calidad física de la carne

Dentro de las variables estudiadas, el pH es una en la que se observa muy poca variabilidad (5.3 a 5.5) y son similares con la literatura donde se reportan valores de 5.4 a 5.7 (Cuadro 4). Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), siendo la carne de la Mixteca más elevada con respecto a las otras tres regiones, las cuales fueron similares (Cuadro 14). Los valores encontrados en el presente estudio caen en los rangos técnicamente aceptables, dado que diversos autores mencionan que valores superiores a 5.8, corresponden a animales que fueron estresados. Las condiciones de manejo antes y durante la matanza, además de otros intrínsecos y extrínsecos del animal, son factores fundamentales que influyen sobre el pH de la carne, que a su vez incide sobre el sabor, textura y color. En el presente estudio, el hecho que la Mixteca tenga más alto su pH, puede indicar que los animales se someten a un mayor estrés durante el transporte hacia el rastro o sea manipulado más bruscamente en el proceso de sacrificio. Los bovinos que son sometidos a

estrés, sufren una glucólisis acelerada y el pH final queda arriba de 6.0, dando origen a carnes (PSE) pálida, blanda y exudativa (Prácticas de carne, 2011). Varela *et al.* (2004), Razminowicz *et al.* (2006) y Humada *et al.* (2011), encontraron valores de pH más altos en alimentación a base de pastoreo (5.46, 5.5 y 5.5, respectivamente) y en la alimentación de pasto + concentrado French *et al.* (2001) encontró un pH de 5.5. Estos valores nos indican que los animales alimentados con concentrado cumplieron con lo considerado como en pH normal Beltrán *et al.* (1997).

La textura (kgf) fue diferente entre regiones ($P \leq 0.05$), siendo más alta en la región Mixteca y Centro, con respecto al Trópico Este. El Trópico Oeste fue similar a la región Centro, pero diferente a las otras tres regiones (Cuadros 14). La resistencia al corte de la carne cruda en animales alimentados con concentrado presentó un promedio de 2.31 kgf lo que difiere con Varela *et al.* (2004) y Sami *et al.* (2004) que encontraron valores de 4.20 y 5.9, en animales alimentados con pasto + concentrado fue de 2.05 kgf. Sin embargo, Minch *et al.* (2009) encontraron un valor menor de 1.07 kgf manteniéndose en medio los animales alimentados a base de pastoreo con 2.25 kgf. No obstante Razminowicz *et al.* (2008), Muchenje *et al.* (2008) y Pordomingo *et al.* (2012) encontraron valores más altos 3.40, 2.88 y 2.66 kgf. La carne más dura en animales alimentados con concentrado pudiera explicar a las concentraciones de clenbuterol encontradas en la carne, ya que se sabe que el clenbuterol da como consecuencia una menor ternura debido a la disminución de la grasa intramuscular (marmóreo) resultando en el endurecimiento del músculo y el oscurecimiento de la superficie de los cortes por la menor cantidad de mioglobina oxigenada (Lueso y Gómez, 1990). Estos valores a pesar de que muestran diferencia ($P \leq 0.05$) entre ellos según la clasificación de Warner Bratzler, Schakelford. *et al.* (1997), Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leindenz *et al.* (1998) todos los valores que se registraron se localizan en el rango de carne tierna.

El CRA es la propiedad de la carne para conservar el agua, cuando se somete a factores externos como corte y presión. Una alta CRA mantiene la jugosidad de la carne y mejora el rendimiento en el procesamiento (López y Casp, 2004). La CRA de la carne puede ser afectada por factores como: reducción del pH *postmortem*, pérdida de ATP, establecimiento del *rigor mortis* y cambios en la estructura miofibrilar asociados parcialmente con la actividad proteolítica (Young *et al.*; 2004).

La CRA no fue diferente entre el tipo de alimentación obteniendo un promedio de 15.30 %. Sin embargo Panea *et al.* (2010) y Onega *et al.* (2003) encontraron valores de 22.7 y 18.66 % en animales alimentados a base de pastoreo. La causa más importante para un aumento de CRA durante la maduración, sería el incremento del pH, el transporte durante 24hrs hecho que no se produce es esta investigación.

En la PPC, el proceso de cocción de la carne altera el contenido de proteína, grasa, materia seca y cenizas debido a la pérdida de nutrientes y agua durante el proceso (Pinheiro *et al.*, 2008). La PPC es una medida de la calidad que es asociado con los rendimientos de carne para el consumo y es influida por la capacidad de retención de agua en la estructura de la carne (Rosa *et al.*, 2006). Para el análisis de PPC no se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en ninguna de las regiones y el promedio fue de 30.8 similares a los obtenidos por Oliete *et al.* (2006).

En las coordenadas del color la luminosidad (L) se presentó más elevada en la región de la Mixteca con 36.5 (Cuadro 14). Similares a los de Raes *et al.* (2003) pero difieren Varela *et al.* (2004), Nuernberg *et al.* (2005) y French *et al.* (2005) que encontraron valores más bajos 34.2, 34.4 y 34.9, respectivamente por otro lado, los animales de la región del Centro que también fueron alimentados con concentrado fue de 35.4 que los antes citados. En los animales que fueron alimentados con pasto + concentrado y pastoreo no se mostró diferencias teniendo un promedio de 33.7 afines a los que reporta Frech *et al.* (2001), Moloney *et al.* (2008) y Panea *et al.* (2010).

La intensidad del rojo de la carne (a) no presentó diferencias significativas en ninguna de las regiones ($P \leq 0.05$) Cuadro 14. En *a, no se mostró diferencia en ninguno de los tipos de alimentación manteniéndose en un promedio de 17.0 similares a los obtenidos por Muchenje *et al.* (2008), Velasco *et al.* (2004) y Ruiz *et al.* (2003). Uno de los factores que afecta al color rojo de la carne es la edad, la carne va aumentando de color con la edad del animal (Alberti, 2012), parámetro que no se controló en esta investigación, pero que con base al conocimiento de los sistemas de manejo, pudiera darse una mayor edad al sacrificio en los animales engordados en las regiones tropicales.

La intensidad del color amarillo (b) tuvo diferencia ($P \leq 0.05$) en la región del Trópico Este con 6.3, donde los animales son alimentados en pastoreo + concentrado y se presentó un índice más bajo en animales alimentados sólo con pastoreo de 5.4 (Cuadro 17). En *b el valor más alto fue de 6.34 en animales alimentados con pasto + concentrado similares a los de Ruiz *et al.* (2003), pero difiere con Moloney *et al.* (2008) y Frech *et al.* (2001) que encontraron valores de 7.8 y 7.4, respectivamente, con la misma alimentación. Esto puede ser explicado porque la alimentación con concentrado tienen contenidos inferiores de carotenos que se encuentran en los pastos, lo que puede conducir a la disminución de las concentraciones de este pigmento en la grasa de los bovinos alimentados con concentrado Knight *et al.* (1996); así mismo, pudiera estar asociado al uso de clenbuterol que tiene un efecto sobre el color de la grasa.

Cuadro 14. Características físicas de la carne de bovino en diferentes regiones del estado de Puebla.

	Trópico Este P + C	Trópico Oeste pastoreo	Mixteca concentrado	Centro	SD
pH	5.3 ^b	5.3 ^b	5.5 ^a	5.4 ^b	0.07
Textura (kg/cm ²)	2.0 ^c	2.2 ^b	2.3 ^a	2.3 ^{ba}	0.12
CRA (%)	15.3 ^{ns}	15.3 ^{ns}	15.3 ^{ns}	15.2 ^{ns}	0.06
PPC (%)	30.9 ^{ns}	30.7 ^{ns}	31.0 ^{ns}	30.2 ^{ns}	0.32
Color					
<i>L</i>	33.9 ^c	33.4 ^c	36.5 ^a	35.3 ^b	0.49
<i>A</i>	16.6 ^{ns}	16.4 ^{ns}	17.4 ^{ns}	17.3 ^{ns}	0.78
<i>B</i>	6.3 ^a	5.4 ^b	5.6 ^{ab}	6.1 ^{ab}	0.38

L: Luminosidad; A: índice rojo de la carne; B: índice amarillo de la carne;

CRA: Capacidad de retención de agua (ml/100g de carne)

P + C = pastoreo + concentrado

SD.= Desviación estándar

a, b, c : medias con literales distintas en cada fila son diferentes ($P \leq 0.05$).

5.5. Calidad Higiénica (Clenbuterol)

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre regiones. Los valores son reportados en partes por trillón (ppt), encontrando medias de 205.3, 204.6, 359.0 y 799.4 ppt para las regiones Trópico Este y Oeste, Mixteca y Centro, respectivamente. Se observó una tendencia a ser más alto el nivel en la región Centro. El CENAPA (Centro Nacional Para la Protección Contra Riesgos Sanitarios) validó la prueba de Ridascreen® clenbuterol fast (art. No. R1701) de los laboratorios R-biopharm, obteniendo el valor permitido de clenbuterol en suero de ganado bovino que corresponde a 2000 ppt, valores por encima es considerado como riesgoso para salud humana; sin embargo en la NOM-124-SSA1-204, se especifica que queda prohibido su uso como aditivo para la alimentación animal. A pesar de ello, el presente estudio muestra que los ganaderos están haciendo uso de éste compuesto, aseveración reforzada por López *et al.* (2011) y Caicedo *et al.* (2011) que menciona que se utilizan concentraciones elevadas.

Al hacer un análisis por factor productor (Figura 12), se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), determinando niveles extremos, desde productores de la región Trópico Oeste (2.1 y 2.2) que no hacen uso de este compuesto, hasta el productor 3.1C de la región Centro, donde se determinó que sus animales tienen 4616.5 ppt. Dicho valor supera lo permitido y a esta concentración puede resultar tóxica para el consumidor, dado que estas muestras fueron extraídas de los animales en rastros municipales y su carne es destinada al consumo humano.

Para evitar intoxicaciones, los residuos de clenbuterol en productos animales no deben superar concentraciones de 0.1 mcg por kg en músculo, 0.5 mcg por kg en hígado y riñón y 0.05 mcg por kg en leche Vallejos *et al.* (2007). No hay un valor mínimo en la determinación del Clenbuterol que se pueda considerar seguro, y nunca debe existir esta sustancia en el alimento a consumir (Intoxicación alimentaria; 2012), La administración de dosis mayores de 40 microgramos (mcg) desencadena la sintomatología. La dosis terapéutica media en adultos es de 20 microgramos Kury *et al.* (2007) Después de un periodo de incubación de entre 30 minutos y seis horas se puede presentar un cuadro clínico incluye taquicardia, ansiedad, temblores, palpitaciones, debilidad, cefalea, náusea, mialgias y artralgias, parestesias.

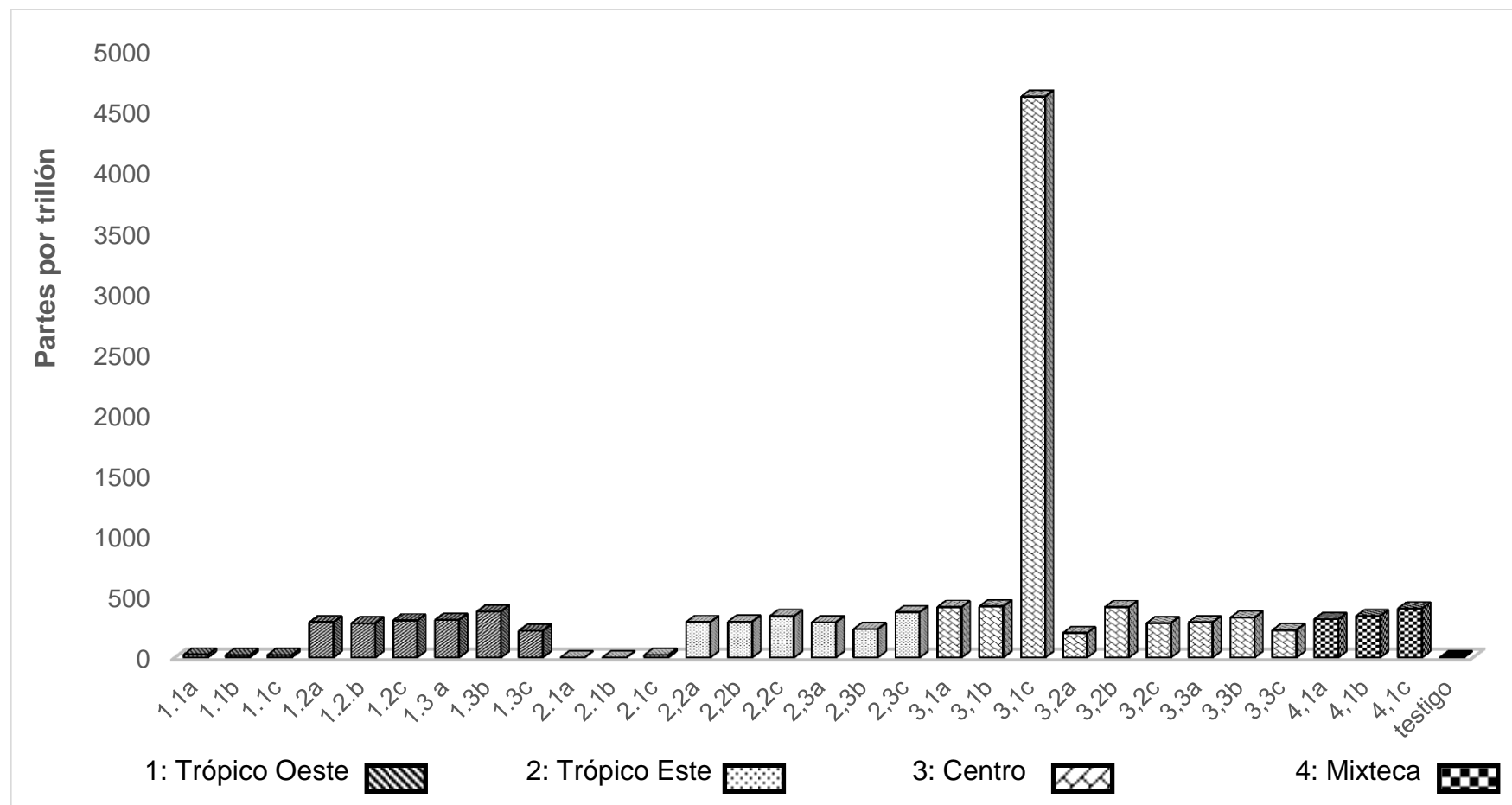


Figura 12. Niveles de clenbuterol en sangre de bovinos en diferentes regiones del estado de Puebla

5.6. Clasificación de ganaderos por calidad de la carne

El análisis clúster formó dos grupos de ganaderos, mostrados en el dendograma (Figura 13). En el Grupo 1 están los productores que alimentan a los bovinos en pastoreo + concentrado en corral y/o pastoreo sólo y el Grupo 2, los productores que alimentan con concentrado en estabulación. No existieron diferencias entre grupos para las variables pesos vivo y de la canal, pero si ($P \leq 0.05$) en el rendimiento de ésta, donde es más alta en el Grupo 1 y que concuerda con la tendencia de Hernández *et al.* (2009), que registraron rendimientos de la canal más alto en bovinos alimentados con pasto (57.0%), que aquellos con pasto + concentrado (56.4%) y en concentrado (54.9%). El rendimiento de la canal está estrechamente relacionado con las características de la dieta a mayor contenido de energía metabolizable y proteína cruda por kg de alimento se obtiene mayor ganancia de peso (Frias *et al.*, 2011). La alimentación con pastoreo según Hernandez, 2009, produce un aumento en el tamaño de las extremidades debido a la mayor necesidad de locomoción, tienen mayor rendimiento en canal, menor contenido de grasa y mayor rendimiento muscular lo que concuerda con esta investigación.

El EE fue más alto en el Grupo 2, lo que indica que hay más grasa en los bovinos alimentados con concentrado. En este sentido Castañeda *et al.* (2010) dice que los animales alimentados con concentrado ingieren mayor cantidad de energía, presentando así mayores tasas de crecimiento, la cual afectará de forma positiva, la textura, la terneza y succulencia de la carne por medio de la mayor deposición de grasa intramuscular.

En el pH también se observan diferencias entre grupos ($P \leq 0.05$); sin embargo este se mantiene en el rango de aceptable. Barriada, (1995) indica que dentro del rango normal de 5.50 a 5.80, al aumentar el pH se reduce la terneza y que si este aumenta a 5.7 el color de la carne es más oscura (Grande, 1999). Algunas características zootécnicas pueden tener efecto sobre el valor de pH de la canal, tanto las inherentes al animal como la raza, edad, sexo, peso y tipo de músculo, como las extrínsecas como la alimentación, ejercicio, manejo, estimulación eléctrica y velocidad de enfriamiento de la canal (Barriada, 1995).

En las coordenadas del color L^* y a^* , son más elevadas con 35.9 y 17.4, respectivamente en los bovinos alimentados con concentrado (Grupo 2) esto nos indica que animales alimentados con concentrado la carne es más blanca. La luminosidad (L) es el parámetro que de acuerdo a Mullen *et al.* (2000), predice mejor la calidad de la carne, la cual debe permanecer en valores mayores de 33. En el índice a^* se mostró más elevado en animales alimentados con concentrado; sin embargo Allingham *et al.* (1998) sugiere que la carne de los animales alimentados con pasto debe ser más oscura.

En cuanto a los ácidos grasos Palmítico, Heptadecanoico, Palmitoleico y Oleico, se presentan más elevados con 27.5, 2.0, 4.5 y 36.6%, respectivamente en animales alimentados con pasto y concentrado + pastoreo. Nuernberg *et al.* (2005) y Fredriksson *et al.* (2007) obtuvieron un porcentaje de ácidos grasos significativamente mayor en animales alimentados en pastoreo en comparación con los alimentados en concentrado. Los sistemas de producción basados en pasturas puede ser recomendados para la producción de carne en beneficio a la calidad nutricional en términos de composición de lípidos y vitaminas (Nuernberg *et al.*, 2005).

Diversos estudios han demostrado que la carne que producen los bovinos engordados con dietas a base de forrajes verdes es benéfico para la salud, por la concentración de ácidos grasos mono y poli insaturados de la carne (French., *et al.* 2000); Jaturasitha *et al.*, 2009; Orellana *et al.* (2009). Reafirmado por Humada *et al.* (2012), que concluyeron que la producción en pastoreo con una baja suplementación con concentrado permite obtener una carne con un perfil de ácidos grasos más favorable para la salud de los consumidores y con posibilidades para producir una carne con una buena calidad organoléptica. Adicionalmente, Padre *et al.* (2006) mencionan que el ácido oleico ayuda a la reducción de la concentración del colesterol de baja densidad en el plasma sanguíneo humano, lo que reduce el padecimiento de enfermedades cardiovasculares.

El rumen a través de las bacterias tiene capacidad de saturación de ácidos grasos insaturados, sin embargo, como dicha capacidad no es total, en la medida que la cantidad de ácidos grasos insaturados aportados por el alimento sea mayor, mayor

será la cantidad de estos ácidos grasos que escapan a la hidrogenación ruminal y por lo tanto una proporción mayor podrá ser depositada en tejido adiposo. Además, los ácidos grasos depositados en la carne sufren un proceso de desaturación parcial, el cual permite aumentar la proporción final de ácidos grasos insaturados. (Santini *et al.*, 2003)

Cuadro 15. Análisis de varianza para los grupos de ganaderos del estado de Puebla obtenidos del clúster.

Variable	Grupo 1 alimentados en pastoreo y concentrado y/o pastoreo sólo	Grupo 2 alimentados en estabulación con concentrado	Probabilidad
peso vivo (kg)	435.4±18.4	423.6±18.4	0.65
Peso en canal (kg)	233.6±9,78	215.2±9,78	0.19
Rendimiento en canal (%)	53.7±0.69	50.7±0.69	0.003
Humedad (%)	72.6 ±0.47	73.4± 0.47	0.23
Proteína (%)	22.1±0.32	22.6±0.32	0.22
Extracto etéreo (%)	2.76±0.10	4.52±0.10	.0001
Cenizas (%)	1.08±0.02	1.07±0.02	0.88
pH	5.38±0.19	5.48±0.19	0.01
Textura (kg/cm)	2.15±0.02	2.31±0.02	0.31
Capacidad de retención de agua (%)	15.3±0.11	15.2±0.11	0.72
Perdida de agua por cocción (%)	30.8±0.15	30.6±0.15	0.31
Color			
<i>l</i>	33.7±0.21	35.9±0.21	0.001
<i>a</i>	16.52±0.27	17.4±0.27	0.001
<i>b</i>	5.90±0.15	5.94±0.15	0.85
Mirístico	3.96±0.21	4.48±0.21	0.09
Palmítico	27.5±1.09	19.4±1.09	0.001
Esteárico	20.5±1.22	17.8±1.22	0.13
Heptadecanoico	0.68±0.11	0.00±0.01	0.0001
Palmitoleico	4.52±0.17	3.86±0.17	0.01
Oleico	36.6±1.05	31.98±1.05	0.003
Linoleico	2.11±0.15	2.15±0.15	0.85
Clenbuterol (ppt)	204.95	521.11	0.05

En clenbuterol se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), la concentración mayor (521.1ppt) fue en la región del Centro, donde los ganaderos agregan a la dieta este betagonista para incrementar la masa muscular de sus animales en el menor tiempo posible. Los bovinos en pastoreo también presentaron clenbuterol, pero en dosis más bajas. El ganadero tiene conocimiento que el clenbuterol se utiliza de manera ilegal, por lo que es necesario hacerles llegar alternativas para que utilicen otros compuestos que el animal puede eliminar fácilmente a través de la orina, como el clorhidrato de Zilpaterol, el Silmax u otros que están permitidos por la SAGARPA y que son menos dañinos.

DENDOGRAMA DE AGRUPACION POR GANADERO

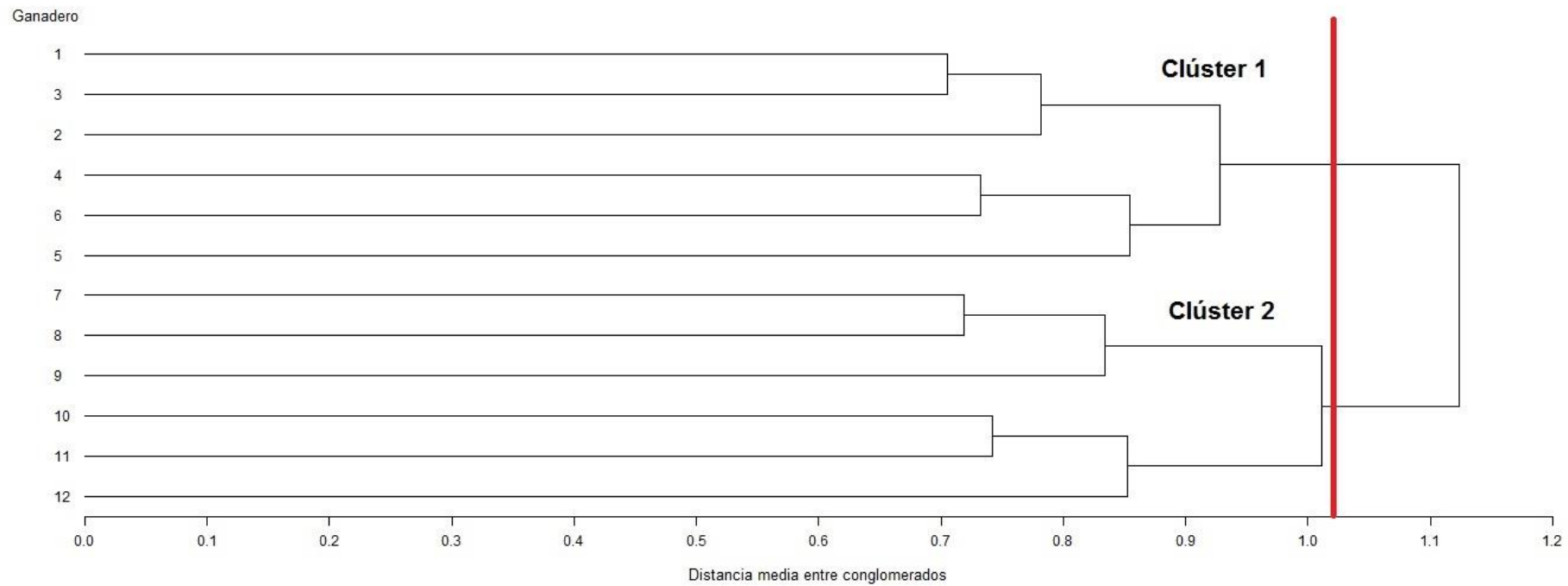


Figura 13 Clasificación de los ganaderos por la calidad de carne en diferentes regiones del estado de Puebla.

VI. CONCLUSIONES

1.- En la composición química de la carne de bovino se encontraron diferencias entre regiones, resaltando que los animales alimentados con concentrado de las regiones Centro y Mixteca tienen mayor contenido de proteína y grasa; sin embargo, la carne de los animales en pastoreo de las regiones Trópico Este y Oeste, presentaron un mejor perfil de ácidos grasos, especialmente del oleico y linoleico.

2.- Los valores observados en las diferentes variables físicas evaluadas, correspondieron a los rangos aceptables para una carne de calidad. Diferencias en textura indicaron que la carne de la región Mixteca y Centro tienen menos ternura, pero con una coloración y luminosidad más aceptable que la de las regiones tropicales.

3.- En la calidad sanitaria se obtuvo que el 83% de los productores utiliza clenbuterol como aditivo para la ganancia de masa muscular de sus bovinos; sin embargo, las dosis fueron bajas y sólo un productor tuvo valores más altos al nivel que es considerado como tóxico. No se observaron diferencias significativas entre regiones, pero aún en dosis bajas, indica que no hay una inocuidad ni seguridad alimentaria en la producción de la carne, ya que el clenbuterol es tóxico para el animal como para el consumidor final y está prohibido su uso.

4.- Con base a la agrupación de los animales en base al tipo de alimentación, se encontró que la carne de los animales en pastoreo tienen un mejor perfil de ácidos grasos insaturados, pero aquellos alimentados con concentrado tienen mayores niveles de grasa y mejores características sensoriales.

VII. BIBLIOGRAFIA

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15 th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the association of Official Agricultural Chemists. 17 th Edition Published by the Association of Official Agricultural chemists. M.D. USA. 1:500.

A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis of the association of Official Agricultural Chemists. Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.

Alberti, P. 2012. Influencia de la alimentación con altos niveles de ácidos grasos insaturados en la calidad de la canal y de la carne de terneros sacrificados a dos niveles de acabado (Doctoral dissertation, PhD Thesis. University of Zaragoza, Spain).

Allingham, P. G., Harper, G. S., & Hunter, R. A. 1998. Effect of growth path on the tenderness of the semitendinous muscle of Brahman-cross steers. *Meat Science*, 48(1–2), 65–67.

Badui, S. 1999. Química de los alimentos. Editorial Pearson Educación. México, 581-613.

Barrio, K. 2007. Producción en la cadena de canal. *Agrociencias* 10(2): 52

Barriada, M. 1995. Variables que determinan la calidad de la canal y de la carne en vacuno. *Bovis*, 66: 95-115.

Bavera, GA. 2005. Calidad de la Carne. Capítulo VII. En: Curso de Producción Bovina de Carne. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. 4p.

Beltrán, J., Jaime I., Santolaria P., Sañudo C., Albertí P., Roncalés P. 1997. Effect of Buiatría. *Conf. Magistral*. P. 71-75.

Bester, J., Matjuda, L.E., Rust, J.M., & Fourie, H.J. 2003. TheNguni: A Case Study. Community-Based Management of Animal Genetic Resources. Agricultural Research Council, Pretoria.

Beriain, M. J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J., & Mendizabal, J. A. 2000. Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *Journal of Animal Science*, 78(12), 3070-3077.

Beriain, M. J., Lizaso, G. 1997. Calidad de la carne de vacuno. In Vacuno de carne: aspectos claves (pp. 493-510). Mundi Prensa Libros SA.

Berg, R. T. y Walters, L. E. 1983. The Meat Animal: Changes and Challenges. *Journal of Animal Science*, 57(Supplement 2), 133-146.

Boccard, R. 1992. Les caractères qualitatifs des viandes et les effects des facteurs biologiques. En: Jornadas sobre tecnología de valoración de canales y carnes y defensa de la calidad de los productos ganaderos. 10 pp. Zafra, España.

Bosman, H. G., Castillo, G. E., Valles, M. B., & De Lucía, G. D. 1990. Composición botánica y nodulación de leguminosas en las pasturas nativas de la planicie costera del Golfo de México. *Pasturas tropicales*, 12(1), : 2-8.

Bredahl, L. 2003. Cue utilisation and quality perception with regard to branded beef. *Food Quality and Preference*, 15(1), 65-75.

Bressan, M. C., Jardim, N. S., Perez, J. R., Thomazini, M., Lemos, A. L. S. C., Oda, S. H., Freitas, R. T. F. 2004. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas da carne de capivara. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(3), 357-362.

Bustamante, J. 2004. Razas y mejoramiento genético de bovinos de doble propósito, INIFAP.

Butterfiel, R. M., 1974. Beef carcass composition. *Austr. Meat Research Committe Review*, 18, 1-43.

Canizal, E.J., Rivera, SM. 2007. Situación Actual de la Ganadería Bovina en México. 40 p. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Cañeque, V. y Sañudo C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa en los rumiantes). *Frayse YL, Darré A*, 58-95.

Carballo, B. y López de Torre, G. 1991. Manual de bioquímica y tecnología de la carne. Servicio de Investigación Agraria de la Junta de Extremadura.

Carvajal, G; 2001. Efecto del grupo racial sobre el valor nutricional, suavidad de la carne y rendimiento de la canal. Tesis Ing. Agrónoma con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 1: 47 - 50.

Carrol, P., Falk, R., Freifeld, M., and Bardin, C. 1972. Estrogen and Progesterone receptors in bovine uterus. *Endocrinology*. 90:(12). 1464

Caicedo Rivas, R.E., Torres Beltrán A., Martínez Badillo S.V., Bustamante Tapia, Y., Paz Calderón Nieto, M., Ramírez Peñaloza, M.P., Hernández Zepeda, J.S., Reséndiz Martínez, R. Pérez Terrón., R.; Cabrera Bautista, E. Y Solís T,M.

2010: Efectos de los beta-agonistas (clenbuterol), en las actividades fisiohepáticas y reproductivas en rumiantes. I^{er} Foro Nacional de Rastros Municipales, Memorias, Puebla. México. pp 26

Castañer, J. L. O., Lasalle, P. A., Arribase, M. C., Panea, B., & Astiz, C. S. 1998. Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. Archivos de zootecnia, 47(178), 397-402.

Castañeda, D.D y Peñuela, S.L. 2010. Ácidos grasos en la carne bovina: Confinamiento VS. Pastoreo. Ganaderia.

CIE. 1986. Colorimetry, Recommendations on Uniform Colour Spaces, Colour Differences Equations. Psychometric Terms.

Consigli, R. 2001. ¿Qué es la calidad de la carne? En: 6^a Jornada El Negocio de la Carne-Producción Bovina de Carne. Universidad Católica de Córdoba, 6 p.

Clydesdale, F. 1991. Colour perception and food quality. J. Food Quality 14, 61-74.

Coleman, S. W., Evans, B. C., & Guenther, J. J. 1993. Body and carcass composition of Angus and Charolais steers as affected by age and nutrition. Journal of Animal Science, 71(1) : 86-95.

Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., & Larson, S. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. Nutrition Journal, 9(1) : 10.

De León, M. 2005. La intensificación de la ganadería y la calidad de la carne. En: Proyecto regional de ganadería. Boletín técnico producción animal 3(1). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.: 18 p. Argentina.

Depetris, J. 2000. Calidad de la carne vacuna, Sitio Argentino de producción animal.

Dias, L. G., Correia, D. M., Sá-Morais, J., Sousa, F., Pires, J. M., & Peres, A. M. 2008. Raw bovine meat fatty acids profile as an origin discriminator. Food Chemistry, 109(4), 840-847.

Dikeman, M.E. 1991. The growth, carcass characteristics and meat quality. Proceedings 37th International Congress of Meat Science and Technology. Vol. 1, 1-15. Kulmbach, Alemania.

Enser, M., Hallett, K. G., Hewett, B., Fursey, G. A. J., Wood, J. D., & Harrington, G. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. Meat science, 49(3), 329-341.

FAO. 2003. Estudio FAO investigación y tecnología 8. Biotecnología Agrícola para países en desarrollo. Resultado de un foro electrónico. Roma. Consultado en: http://www.fao.org/ag/esp/revista_9812sp3.htm

FAO. 2004.
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.

FAO. 2006. Seguridad Alimentaria; Informe de políticas. N° 2.
ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02_es.pdf

FAO. 2008. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana (Consulta de expertos). <http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf>

FAO. 2007. Análisis Bromatológico (producción y sanidad animal).
<http://www.fao.org/docrep/field/003/R6054S/R6054S11.htm>

FAO. 2012. Sistemas de Producción. (Producción y sanidad animal).
http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/animal_production.html

Faucitano, L., Berthiaume, R., D'Amours, M., Pellerin, D., & Ouellet, D. R. 2011. Effects of corn grain particle size and treated soybean meal on carcass and meat quality characteristics of beef steers finished on a corn silage diet. *Meat science*, 88(4), 750-754.

Felix M, Rios J, Erosa G y Rodriguex F. 2006. Secuenciación de nuevos alelos BoLA-DRB3.2 detectados en ganado Criollo mexicano. *Pecu Méx* 2006;44 (1):15-25

Field, R.A. 1971. Effect of castration on meat quality and quantity. *J. Anim. Sci.* 32: 849-853.

Financiera rural. 2009. Bovinos y sus derivados. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial.

FIRA. 1994. Productividad y rentabilidad del sector ganadero. México

Fisher, A. V., Enser, M., Richardson, R. I., Wood, J. D., Nute, G. R., Kurt, E. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed production systems. *Meat Science*, 55, 141–147.

Fredriksson, E. S., y Pickova, J. 2007. Fatty acids and tocopherol levels in M. Longissimus dorsi of beef cattle in Sweden-A comparison between seasonal diets. *Meat science*, 76(4), 746.

French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., & Moloney, A. P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic

acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2849-2855.

French, P., O'riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Mooney, M. T., Troy, D. J., & Moloney, A. P. 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science*, 57(4), 379-386.

Frías, J. 2010. Evaluación de la calidad y rendimiento de la carne de ovinos de pelo en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada en tabasco. *Claridades Agropecuarias*.

García, M. 2000. Introducción en Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. *Monografías INIA: Ganadera N°1*, 11-16.

Glez, E.V. 2007. *Sistemas de explotación animal. Producción animal e higiene alimentaria*.

Gracey, J.E. 1989. *Higiene de la carne*. 8ª ed. Ed. Acribia, Zaragoza I

Guízar, N., Granados E., Castañeda D., Flora A. 2010. Vegetación en la porción sur de La Mixteca Poblana. Vol. 16, núm. 2. Serie ciencias forestales y del ambiente.

Hays, V. W., Preston, R. L. 1994. Nutrition and feeding management to alter carcass composition of pigs and cattle. Low-fat meats design strategies and human implications, Academic press, San Diego, 13-34.

Gorrachategui, G. M. 1997. Influencia de la nutrición y otros factores en el rendimiento de la canal de terneros. XIII curso de especialización. [Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal].

Grundy, S. M., Florentin, L., Nix, D., & Whelan, M. F. 1988. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for reducing raised levels of plasma cholesterol in man. *The American journal of clinical nutrition*, 47(6), 965-969.

Grundy, SM. 1997. ¿Cuál es la proporción deseable de ácidos grasos saturados, poliinsaturados y monoinsaturados en la dieta?. *American Journal of Clinical Nutrition*, 66 (4), 988S-990.

Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hidrattation. *Adv. Food Res.* 10, 355-365.

Hay, JD, y Morrison, WR. 1970. Ácidos grasos monoenoicos isoméricas en grasa de la leche bovina. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Los lípidos y metabolismo de los lípidos*, 202 (2), 237-243.

Hernández, B. 1994. Estudio del color en carnes: Caracterización y control de calidad (Doctoral dissertation, Ph. D Thesis. Universidad de Zaragoza. Spain).

Hernández-Bautista, J., Gómez-Vázquez, A., Núñez-González, F. A., Ríos-Rincón, F. G., Mendoza-Martínez, G. D., García-Macías, J. A., Joaquín-Torres, B. M. 2009. Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes pardo suizo x cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. *Universidad y Ciencia*, 25(2), 173-180.

Horcada, A. 2005. Manual de calidad de carne. Instituto Técnico y de Gestión Ganadera S.A. ITGG. 112. p. España.

Huffman, D. L. 1974. An evaluation of the tenderometer for measuring beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 38(2), 287-294.

Huerta-Leidenz, N., Rodas-González, A. 1998. El ganado doble propósito. ¿Carne para consumidores exigentes. Mejora de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito. C. Gonzalez-Stagnaro.

Humada, M. J., Serrano, E., Sañudo, C., Rolland, D. C., y Dugan, M. E. R. 2012. Production system and slaughter age effects on intramuscular fatty acids from young Tudaanca bulls. *Meat science*, 90(3), 678-685.

Ingr, I. 1990. Calidad de la carne: definición del término desde una óptica actual. *Español* 63(1):66.

INEGI. 2006. Número de cabezas bovino en el estado de Puebla. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>

INEGI. 2008. Volumen de la producción de ganado y aves en pie por municipio. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>

ISO 9000+ISO 14000 News (publicación bimensual que proporciona una cobertura comprensiva del desarrollo internacional relativo a las normas de sistemas de gestión de ISO, incluyendo noticias sobre su implementación por parte de diversas organizaciones alrededor del mundo4).

Jaturasitha, S., Norkeaw, R., Vearasilp, T., Wicke, M., Kreuzer, M. 2009. Carcass and meat quality of Thai native cattle fattened on Guinea grass (< i> Panicum maxima</i>) or Guinea grass–legume pastures. *Meat science*, 81(1), 155-162.

Jerez, N.2005. Influencia genética en la producción de carne de calidad. En: Manual de Ganadería Doble Propósito. González-Stagnaro y Soto (edit). Fundación GIRARZ. Venezuela: pp. 639-644.

Kazala, E. C., Lozeman, F. J., Mir, P. S., Laroche, A., Bailey, D. R., Weselake, R. J. 1999. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat

content in beef from crossbred Wagyu cattle. *Journal of Animal Science*, 77(7), 1717-1725.

Knight, T. W., Death, A. F., Muir, P. D., Ridland, M., Wyeth, T. K. 1996. Effect of dietary vitamin A on plasma and liver carotenoid concentrations and fat colour in Angus and Angus crossbred cattle. *New Zealand journal of Agricultural Research*, 39(2), 281-292.

Kuri M.P., Parres, FJA., Aguilar V.K. and Mújica V.Y. 2007. Intoxicación por Clenbuterol (segunda y última parte). *Boletín del Centro Nacional de Vigilancia epidemiológica y Control de Enfermedades de la Secretaría de Salud*. 10-13.

Leheska, J. M., Thompson, L. D., Howe, J. C., Hentges, E., Boyce, J., Brooks, J. C., Miller, M. F. 2008. Effects of conventional and grass-feeding systems on the nutrient composition of beef. *Journal of Animal Science*, 86(12), 3575-3585.

Lehninger, A. L., Prats, F. C., & Fes, J. B. 1995. *Bioquímica: Las bases moleculares de la estructura y función celular*. Omega.

López, V., Casp.A 2004. *Tecnología de mataderos*. Edición Mundi-Presa, Madrid Barcelona. pp55

López, H. C. M., González, O. S. A., López, M. D., Ortega, P. C. B., Guadarrama, V. M. A., Croda, T. M. T., Escobar, H. J. B. H .2011 Determinación de clenbuterol en el ganado bovino de la ciudad de Xalapa, Veracruz, México.

Lueso Sordo M.J., Gómez-Berzal M.A. 1990. B-agonistas - Cómo afectan a la composición de la canal y la calidad de la carne. *Mundo Ganadero*. 7:70-78.

Manzano H.Y., Velazquez I.A., Guzman M,J .2008 Determinación de extracto etéreo

Martínez, M. 2008. Nutrition and quality of meat from ruminant animals *RDVET: 2008, Vol. IX, N° 10*.

McCarthy, F. D., Hawkins, D. R., & Bergen, W. G. 1985. Dietary energy density and frame size effects on composition of gain in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 60(3), 781.

Minchin, W., Buckley D., Kenny F., Monahan L. 2009.Effect of grass silage and concentrate based finishing strategies on cull dairy cow performance, carcass and meat quality characteristics. *Meat Science*.

Moloney, A. P. 2002. The fat content of meat and meat products. In J. Kerry, J. Ledward, & D. Kerry (Eds.), *Meat processing— Improving quality* (pp. 137–153). Cambridge: Wood head Publishing Ltd.

Moloney, A., Keane M., Dunne P., Mooney M., Troy D. 2008. Effect of concentrate feeding pattern in a grass silage/concentrate beef finishing system on performance, selected carcass and meat quality characteristics. *Meat science*.

Montero Lagunes, M., Juárez Lagunes, I., García Galindo, H. S. 2010. Seleccionar todos Perfil de ácidos grasos en carne de toretes Europeo x Cebú finalizados en pastoreo y en corral Acceso al texto completo de la revista Fondos de esta revista en CISNE. Catálogo de la Biblioteca Complutense de Madrid.

Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Raats, J. G., & Strydom, P. E. 2008. Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. *Meat Science*, 79(1), 20-28.

Mullen, A. M., Murray, B., Troy, D. J. 2000. Predicting the eating quality of meat. Teagasc.

Naughton, J.M., K. O'Dea and A.J. Sinclair. 1986. Animal food in traditonial Aboriginal diets:polyunsaturated and low faty Lipids, 21: 684690.

Nava Rosillón, M., Urdaneta F., Casanova A. 2008. Gerencia y productividad en sistemas ganaderos de doble propósito. *Revista Venezolana de Gerencia* 13(43): 468-491.

Nielsen, S. 2010. *Food Analysis Laboratory Manual*, Second edition. Kluwer Academic/Plenum Publisher, Nueva York. P.177.

NOM, Norma Oficial Mexicana. 062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.

NOM-EM-015-ZOO-2002. Prórroga de Norma Oficial Mexicana de Emergencia. Especificaciones técnicas para el control del uso de Beta-agonistas en los animales. México DF: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), vol. 28.

NOM-194-SSA1-2004. Norma Oficial Mexicana. Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. México DF. Secretaría de Salud, vol. 18.

Normas FEDNA. 2010. Necesidades nutricionales para rumiantes de recría. http://www.fundacionfedna.org/normas_fedna_formulacion_piensos

Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N. D., Richardson, R. I. 2005. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. *Livestock Production Science*, 94(1), 137-147.

Oliete, B., Bermejo, L. M., Santaolalla, J. A. C., López, T. M., García, L. S. 2004. Categorización de las canales de ternero producidas en Galicia. Archivos de zootecnia, 53(202), 119-128.

Olivan, M; Osoro K, García M., Noval G., Martínez A., Villa A., Diego V., García A.1999.Características de la carne de ternero añojos de las razas Asturiana de los Valles y Asturiana de la montaña .ITEA , Vol extra 20 nº1,98-00.

Oliveira, D. M., Ladeira, M. M., Chizzotti, M. L., Neto, O. M., Ramos, E. M., Gonçalves, T. M., Ribeiro, J. S. 2011. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from Zebu steers fed with different oilseeds. Journal of animal science, 89(8), 2546-2555.

Oliver, M., Gispert M., Diestre A. 1990. Influencia de la composición del jamón en la calidad de la carne. Cárnica 2000 78, 118-123.

Oliveira, J. S., Huber, J. T., Ben-Ghedalia, D., Swingle, R. S., Theurer, C. B., & Pessarakli, M. 1993. Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 76(2), 575-581.

Onega, P., Ruiz H. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales, Departamento de Nutrición y Bromatología III, Universidad Complutense de Madrid.

Onega, E., Ruiz de Huidobro, F., Díaz, M. T., Velasco, S., & Lauzurica, S. 2000. Engorde de corderos de raza manchega en pastoreo o aprisco a base de cebada entera suplementada. Iii. Efecto sobre la calidad de la carne. In Producción ovina y caprina: XXV Jornadas Científicas y IV Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Teruel, 28, 29 y 30 de septiembre del 2000 (pp. 135-138). Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia SEOC.

Ortega, ER., Martínez, JG. 2005. Ganado Cebú y sus cruza en pruebas de confinamiento: Rendimiento en canal. En: XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal pp. 29-31.

Padre, R. D. G., Aricetti, J. A., Moreira, F. B., Mizubuti, I. Y., do Prado, I. N., Visentainer, J. V., Matsushita, M. 2006. Fatty acid profile, and chemical composition of Longissimus muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. Meat Science, 74(2), 242-248.

Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J. L., Sierra, I. 2010. Caracterización de la canal y la carne de la raza bovina Menorquina. Archivos de zootecnia, 59(227), 467-470.

Pordomingo, A., Grigioni G., Carduza F., Volpi L. 2011. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. *Meat Science*.

Practica-carne-pH. 2011. Portal de contenidos y cursos abiertos y gratuitos de la Universidad de Murcia. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario-1/practicas-1/practica-carne-ph>.

Pinheiro, R. S. B., Jorge, A. M., Mourão, R. D. C., Polizel Neto, A., Andrade, E. D., Gomes, H. F. B. 2009. Qualidade da carne de cordeiros confinados recebendo diferentes relações de volumoso: concentrado na dieta. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(2), 407-411.

Purchas, R.W., Burnham, D.L., Morris, S.T. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 80: 3211–3221.

Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., De Smet, S. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65(4), 1237-1246.

Razminowicz, R. H., Kreuzer, M., Scheeder, M. R. L. 2006. Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Science*, 73(2), 351-361.

Reséndiz Cruz, V. 2011. Finalización de borregos pelibuey utilizando dietas con diferentes niveles de alfalfa: respuesta en producción y calidad de la carne.

Romans, J., Norton H. 1989. Consumer evaluation of fresh pork quality. *Proceedings 35th International Congress of Meat Science and Technology*. Vol. II, 614-617, Copenhagen, Dinamarca.

Rosa, F. C., Bressan, M. C., Bertechini, A. G., & Gilberto, A. 2006. Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. *Ciênc Agrotec*, 30(4), 707-14.

Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Onega, E., & Blázquez, B. 2003. Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. *Meat Science*, 65(4), 1439-1446.

Santini, F. J., Rearte, D., Grigera, J. M. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. *Jornada de Actualización Ganadera*. 2003 09 12, 12 de septiembre de 2003. Balcarce. AR.

Sami, A. S., Augustini, C., Schwarz, F. J. 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of Simmental bulls. *Meat science*, 67(2), 195-201.

Sañudo, C., Santolaria P., Sierra I., Alcalde M., Touraille C. 1992. Sensory meat characteristics from light lamb carcasses. 38th International Congress of Meat Science and Technology, 277-280. *Sci.* 45, 201-207.

SAGARPA. 2005. Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria PESA (Comportamiento productivo de ganado alimentado con ensilaje bajo condiciones de Trópico seco. <http://teca.fao.org/read/7230>

SAGARPA. 2006. Situación actual y perspectivas de la producción de carne de bovino en México 2006. <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/SAGARPA/ProspectivaCarneBovino2006.pdf>

Seimei, N. 2009 Carne Bovina y de Wagyu en Japón, Oficina agrícola en Japón. <http://www.chile.or.jp/userdata/nl15jap.pdf>

Scollan, N.D., Enser, M., Gulati, S.K., Richardson, I., Wood, J.D. 2003. Effects of including a ruminally protected lipid supplement in the diet on the fatty acid composition of beef muscle. *Br. J. Nutr.* 90, 709–716.

Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M. 1997. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(9), 2417-2422.

SIAP. 2010. Bovino carne, Población ganadera 2001-2010; N° de cabezas. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Estacionalidad/Nacional/bovino.pdf

SIAP. 2011. Población ganadera. Bovino para carne de Puebla. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Estacionalidad/EstadoRegion/estpecpue.pdf

Suárez-Domínguez H., López-Tirado Q. 1996. La ganadería bovina productora de carne en México, Situación actual. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia; Chapingo, México. 16p.

Sumano H, Ocampo L, Guitierrez L. 2002. Clenbuterol y otros B- agonistas ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud públicas? 137-159

Sotomayor R, Pérez P, Ortiz N y Gutierrez A. 2007. Alternativa al uso del clenbuterol para la engorda de animales, 1-15

Tatum, J. D., Green, R. D., O'Connor, S. F., & Smith, G. C. 1996. Puntos críticos de control genético para mejorar la terneza en carnes de res de cruces de bovinos tolerantes al calor. In *El Ganado Brahman en el umbral del Siglo XXI. Memorias del Octavo Congreso Mundial de la Raza Brahman*. Ed. Astro Data, SA Maracaibo, Venezuela.

Téllez VJ. La calidad de la carne de vacunos. 2005. En: Iº Congreso Peruano de la Carne. Lima, Perú 4 p.

Torrescano Urrutia, G. R., Sánchez Escalante, A., Palma, V., Gustavo, M., Paz Pellat, R., & Pardo Guzmán, D. A. 2010. Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(2), 157-168.

Varela, A., Oliete, B., Moreno, T., Portela, C., Monserrat, L., Carballo, J. A., & Sánchez, L. 2004. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Science*, 67(3), 515-522.

Vallejos, A. P., Zaragoza, J. C. A., & Parres, J. A. F. 2007. Intoxicación por clenbuterol. *Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica*, 18(24).

Velasco, S., Cañeque, V., Lauzurica, S., Pérez, C., & Huidobro, F. 2004. Effect of different feeds on meat quality and fatty acid composition of lambs fattened at pasture. *Meat Science*, 66(2), 457-465.

Vestergaard, M., Therkildsen, M., Henckel, P., Jensen, L. R., Andersen, H. R., Sejrsen, K. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science*, 54(2), 187-195.

Villace, A. L. C., Grande, A. M., & Núñez, V. R. 1999. Análisis cuantitativo del pH de canales de vacuno en matadero. *Archivos de zootecnia*, 48(181), 33-42.

Villamar Angulo. L., Cázares Olivera E. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de Bovino en México, Coordinación General de Ganadería, SAGARPA. México. 37 pp.

Villegas, G., Bolaños, A., Olguín, L. 2001. La ganadería en México I. Temas selectos de geografía de México. Plaza y Valdés (Eds). México, pp. 158.

Warriss, P.D. 1996. Instrumental measurement of colour. En: Meat quality and meat packaging. Ed. by Taylor, S; Raimundo, A; Severini, M and Smulders, J.M. :221-230.

Wal, PG. 1991. What is and can be than to improve pork quality. Pigs sept-oct, 42-43.

Wilmer,S., Maza., Pardos L. 2011. Aspects of quality related to the consumption and production of lamb meat. Consumers versus producers. Meat Science.

Wulf, D., O'Connor, S., Daryl, T., Smith, G. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef Longissimus tenderness. J. Anim. Sci. 75: 684-692.

Young, J. F., Karlsson, A. H., & Henckel, P. 2004. Water-holding capacity in chicken breast muscle is enhanced by pyruvate and reduced by creatine supplements. *Poultry science*, 83(3), 400-405.

Zea, J., Carballo J.C. 2007. Effect of breed sex and feeding type on beef quality,Zootec.56(Sup.1)737:743.2007.

Anexos

Anexo1. Cuadrado medio del error (CME), valores de F para la variable región que se encontraron en las muestras de carne de bovino.

Variable	GL	CME	Factor de F región
Peso vivo	3	6376.76	1.08
Peso canal	3	11973.70	1.13
Rendimiento de la canal	3	32.47	3.69*
Humedad	3	4.23	1.05
Proteína	3	12.00	12.45**
Extracto etéreo	3	9.49	54.95**
cenizas	3	0.0043	0.30
pH	3	0.050	9.17**
Textura	3	0.14	74.89**
Perdida de agua	3	0.95	2.53
Capacidad de retención de agua	3	0.027	0.12
L	3	17.13	26.53**
a	3	2.55	1.79
b	3	1.57	4.96**
Mirístico	3	5.04	10.45**
Palmitico	3	253.42	14.41**
Estearico	3	66.83	2.73
Heptadecanoico	3	1.40	41.46***
Palmitoleico	3	2.11	4.40*
Oleico	3	86.61	4.53**
Linoleico	3	0.70	1.80
Clenbuterol	3	277583.70	1.42

GL: Grados de libertad

L: luminosidad a* índice de rojo b* índice de amarillo

Anexo2. Cuadrado medio del error (CME), valores de F para la variable ganadero que se encontraron en las muestras de carne de bovino.

Variable	Factor de F		
	GL	CME	ganadero
Peso vivo	11	11685.48	3.53**
Peso canal	11	3392.56	3.34**
Rendimiento de la canal	11	24.65	5.47**
Humedad	11	3.41	0.79
Proteina	11	3.47	2.84*
EE	11	2.68	14.32***
cenizas	11	0.02	2.04
pH	11	0.02	9.74***
Textura	11	0.04	26.23***
PPC	11	0.51	1.32
CRA	11	0.08	0.32
L	11	4.94	6.72***
a	11	0.82	0.44
b	11	0.512	1.34
Miristico	11	2.39	13.64***
Palmitico	11	118.80	175.48***
Estearico	11	84.19	35.31***
Palmitoleico	11	0.83	1.60
Oleico	11	76.72	66.07***
Linoleico	11	1.15	14.81***
Clenbuterol	9	293698.95	1.79

GL: Grados de libertad

L: luminosidad a* índice de rojo b* índice de amarillo

Anexo3. Cuadrado medio del error (CME), valores de F para el grupo donde los productores que alimentan con pastoreo + concentrado y pastoreo que se encontraron en las muestras de carne de bovino.

Variable	GL	CME	Factor de F
			Grupo 1
Peso vivo	1	1.260.25	0.21
Peso canal	1	3025	1.75
Rendimiento de la canal	1	83.84	9.65**
Humedad	1	5.75	1.44
Proteína	1	2.83	1.50
Extracto etéreo	1	27.72	150.02***
cenizas	1	0.0002	0.02
pH	1	0.09	13.65***
Textura	1	0.24	31.94***
PPC	1	0.45	1.06
CRA	1	0.027	0.12
L	1	44.17	53.84***
a	1	7.5	5.58*
b	1	0.014	0.03
Mirístico	1	2.43	2.95
Palmitico	1	583.22	26.80***
Estearico	1	63.25	2.34
Heptadecanoico	1	4.20	37.48***
Palmitoleico	1	3.86	7.35*
Oleico	1	195.86	9.85**
Linoleico	1	0.015	0.04
Clenbuterol	1	719696.50	3.87

GL: Grados libertad

L: luminosidad a* índice de rojo b* índice de amarillo

Anexo 4. Cuadrado medio del error (CME), valores de F para la agrupación de productores que alimentan con concentrado que se encontraron en las muestras de carne de bovino.

Variable	GL	CME	Factor de
			F
			Grupo 2
Peso vivo	3	6376.76	1.08
Peso canal	3	1973.70	1.13
Rendimiento de la canal	3	32.47	3.69
Humedad	3	4.23	1.05
Proteína	3	12.00	12.45***
Extracto etéreo	3	9.49	54.95***
cenizas	3	0.004	0.30
pH	3	0.05	9.17***
Textura	3	0.14	74.89***
Perdida de agua	3	0.95	2.53
Capacidad de retención de agua	3	0.02	0.12
L	3	17.13	26.53***
a	3	2.55	1.79
b	3	1.57	4.96*
Mirístico	3	5.04	10.45***
Palmitico	3	253.42	14.41***
Estearico	3	66.83	2.73
Heptadecanoico	3	0.34	0.95***
Palmitoleico	3	2.11	4.40*
Oleico	3	86.61	4.53**
Linoleico	3	0.70	1.80
Clenbuterol	3	277583.70	1.42

GL: Grados de libertad

L: luminosidad a* índice de rojo b* índice de amarillo