



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

**POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES**

**COMPORTAMIENTO CÁRNICO A CORRAL DEL CERDO  
CRIOLLO LAMPIÑO TROPICAL (*Sus scrofa doméstica*)  
ALIMENTADO CON DIETAS A BASE DE MAÍZ Y DOS  
PESOS DE SACRIFICIO**

**ALEJANDRO SÁNCHEZ CARRILLO**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO**

**DICIEMBRE, 2018**

La presente tesis, titulada: **Comportamiento cárnico a corral del cerdo criollo Lampiño Tropical (*Sus scrofa doméstica*) alimentado con dos dietas a base de maíz y dos pesos de sacrificio** realizada por el alumno: **Alejandro Sánchez Carrillo**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y acepta como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: \_\_\_\_\_

  
DR. ADALBERTO ROSENDO PONCE

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. FREDY MORALES TREJO

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. CARLOS MIGUEL BECERRIL PÉREZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. JUAN MANUEL VARGAS ROMERO

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 4 de diciembre de 2018

**COMPORTAMIENTO CÁRNICO A CORRAL DEL CERDO CRIOLLO LAMPIÑO TROPICAL (*Sus scrofa doméstica*) ALIMENTADO CON DOS DIETAS A BASE DE MAÍZ Y DOS PESOS DE SACRIFICIO.**

**Alejandro Sánchez Carrillo, M. C.**

**Colegio de Postgraduados, 2018**

**Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad en la carne del cerdo criollo Lampiño Tropical (LT) alimentado con dos dietas diferentes y sacrificado a dos diferentes pesos vivos. Se utilizaron 16 cerdos LT todos castrados, ocho cerdos por debajo de los 40 kg de peso vivo (PV) y ocho cerdos superiores a los 40 kg PV. Las dietas elaboradas con maíz, soya, vitaminas y minerales; diferente nivel de proteína y mismo contenido de energía. Los cerdos que consumieron la dieta Maíz-Soya (MS) tuvieron mayor consumo de alimento al día (CAD)  $500 \text{ g d}^{-1}$  y la ganancia diaria de peso aumentó (GDP)  $160 \text{ g d}^{-1}$  ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a la dieta de Maíz (MA). En el rendimiento de canal, la grasa es 10% mayor en LT de 80 kg PV comparado al de 40 kg ( $p \leq 0.05$ ). En el análisis químico proximal los LT 80 kg PV, presentaron un mayor contenido de extracto etéreo que los LT a 40 kg PV ( $9.0 \pm 0.2$  vs  $6.1 \pm 0.2$ ). El pH en la carne fue (5.5 y 5.7) situado en rangos normales; el musculo *Longissimus dorsi* (Ld) tuvo mayor luminosidad ( $57.0 \pm 1$ ), seguido por el musculo *Semimenbranosu* (Sm) ( $51.1 \pm 1$ ) y el que tuvo menor luminosidad fue el Solomillo (Sl) ( $48.7 \pm 1$ ), la intensidad del rojo ( $a^*$ ) fue mayor en el musculo Sl posteriormente Sm y por último Ld ( $11.0 \pm 0.5$ ,  $12.6 \pm 0.5$ ,  $15.1 \pm 0.5$ , respectivamente) y la intensidad al color amarillo ( $b^*$ ) no tuvo diferencias significativas. La textura fue mejor en la carne de los cerdos alimentados con la dieta MA comparado con la dieta MS ( $p \leq 0.01$ ). Se obtuvo mayor porcentaje de ácidos monoinsaturados (60%), seguido de los polinsaturados (33%) y por último los saturados (7%).

**Palabras claves:** criollo, zoogenético, *Sus scrofa doméstica*, calidad carne, ácidos grasos.

# **CARNIVOROUS BEHAVIOR OF THE TROPICAL HAIRLESS CREOLE PIG (*Sus scrofa doméstica*) FED TWO CORN-BASED DIETS AND TWO SLAUGHTER WEIGHTS**

**Alejandro Sánchez Carrillo, M. C.**

**Colegio de Postgraduados, 2018**

## **Abstract**

The objective of the present work was to evaluate the quality in the meat of the LT pig fed with two different diets and slaughtered at two different live weights. We used 16 LT pigs, all castrated, eight pigs under 40 kg of live weight (PV) and eight pigs higher than 40 kg PV. The diets were made with corn, soy, vitamins and minerals; different level of protein and same energy content. The pigs that consumed the corn-soybean (MS) diet had a higher feed intake per day (CAD) 500 g d-1 and the daily weight gain increased (GDP) 160 g d-1 ( $p \leq 0.05$ ) with respect to the Maize diet (MA). In the channel yield, fat is 10% higher in LT of 80 kg PV compared to 40 kg ( $p \leq 0.05$ ). In the proximal chemical analysis, the LT 80 kg PV showed a higher ethereal extract content than the LT at 40 kg PV ( $9.0 \pm 0.2$  vs  $6.1 \pm 0.2$ ). The pH in the meat was (5.5 and 5.7) located in normal ranges; the muscle Longissimus dorsi (Ld) had greater luminosity ( $57.0 \pm 1$ ), followed by the muscle Semimenbranosu (Sm) ( $51.1 \pm 1$ ) and the one that had less luminosity was the Solomillo (Sl) ( $48.7 \pm 1$ ), the intensity of the red ( $a^*$ ) was higher in the muscle Sl later Sm and finally Ld ( $11.0 \pm 0.5$ ,  $12.6 \pm 0.5$ ,  $15.1 \pm 0.5$ , respectively) and the intensity to the yellow color ( $b^*$ ) did not have significant differences. The texture was better in the meat of the pigs fed the MA diet compared to the MS diet ( $p \leq 0.01$ ). A higher percentage of monounsaturated acids (60%) was obtained, followed by polyunsaturates (33%) and finally saturated ones (7%).

**Keywords:** Creole, zoogenetic, *Sus scrofa doméstica*, quality meat, fatty acids.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada durante el periodo de mi formación en el postgrado de Agroecosistemas Tropicales.

Al Colegio de Postgraduados Campus Veracruz por permitirme ingresar y obtener la formación académica de un postgrado en esta prestigiada institución.

Al Dr. Adalberto Rosendo Ponce por sus consejos, dirección y paciencia en el desarrollo de mi formación académica.

Al Dr. Juan Manuel Vargas Romero por su amistad, sus consejos, apoyo incomparable durante mi formación en la licenciatura, disposición de tiempo y paciencia.

Dr. Carlos Miguel Becerril Pérez por sus valiosas observaciones, por su asesoría, sus consejos y aportaciones en el presente trabajo de investigación.

Dr. Fredy Morales Trejo por formar parte de mi Consejo Particular, aportaciones a la investigación y por su valiosa colaboración en el trabajo de laboratorio.

A mis compañeros de generación y a todos aquellos con quienes entablé una gran amistad, ha sido muy gratificante conocerlos y gracias por su apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Ma. Josefina Carrillo Corona y Manuel Sánchez Meraz, por el amor, comprensión, confianza en todo momento y por ser parte fundamental en mi formación académica, por brindarme su apoyo incondicional; este logro el cual no es solo mío sino suyo también.

A mi esposa Leticia Guadalupe Hidalgo Rosas, por todo su amor, cariño, paciencia que me brinda, por todo su apoyo incondicional en estos dos años y por estar siempre presente en los momentos buenos y malos.

A mis hijos Angie Guadalupe y Alexander por su amor, cariño y por estar siempre presentes que con una sonrisa me hacían seguir siempre adelante.

A mi hermano José Antonio Sánchez y familia por alentarme en los momentos más difíciles, por estar ahí cuando más los necesité y creer en mí.

Gracias a Dios, por la oportunidad que me brinda día a día, por darme la vida, salud y todas las bendiciones necesarias para cumplir mis metas.

## CONTENIDO

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| <b>I. INTRODUCCION</b> .....                                | 1             |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                     | 2             |
| 2.1 Teoría de sistemas.....                                 | 2             |
| 2.2 Agroecosistema .....                                    | 3             |
| 2.2.1 Agroecosistema porcino .....                          | 4             |
| 2.2.2 Factores Sociales .....                               | 4             |
| 2.2.3 Factores técnico productivos.....                     | 5             |
| 2.2.4 Factores ecológicos .....                             | 7             |
| 2.3 Cerdos criollos.....                                    | 8             |
| 2.4 Cerdo criollo Lampiño Tropical .....                    | 10            |
| 2.4.1 Alimentación del cerdo criollo Lampiño Tropical ..... | 10            |
| 2.4.2 Crecimiento del cerdo criollo Lampiño Tropical.....   | 11            |
| 2.5 Generalidades y concepto de carne.....                  | 11            |
| 2.6 Calidad de la carne.....                                | 12            |
| 2.6.1 Color .....   | 13            |
| 2.6.2 Capacidad de retención de agua.....                   | 15            |
| 2.6.3 Grasa.....  | 16            |
| 2.6.4 Grasa intramuscular.....                              | 17            |
| 2.6.5 Suavidad .....  | 18            |
| 2.6.6 Jugosidad .....                                       | 18            |
| 2.6.7 pH de la carne .....                                  | 19            |
| <b>III. OBJETIVOS</b> .....                                 | 20            |
| 3.1 General.....  | 20            |

|  |    |
|--|----|
| 3.2 Específicos .....  | 20 |
| <b>IV. HIPÓTESIS</b> .....                                       | 20 |
| 4.1 General.....   | 20 |
| 4.2 Especificas.....   | 20 |
| <b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....                             | 21 |
| 5.1 Área de estudio .....  | 21 |
| 5.2 Desarrollo experimental y tratamientos .....                 | 21 |
| 5.3. Sacrificio y despiece. ....                                 | 24 |
| 5.4. Análisis químico proximal .....                             | 25 |
| 5.4.1. Humedad/materia seca.....                                 | 25 |
| 5.4.2. Proteína .....  | 26 |
| 5.4.3. Determinación de grasa .....                              | 27 |
| 5.4.4. Cenizas.....  | 28 |
| 5.5. Análisis físico-químico .....                               | 28 |
| 5.5.1. Medición del pH.....                                      | 28 |
| 5.5.2. Medición del color.....                                   | 29 |
| 5.5.3. Medición de la capacidad de retención de agua (CRA). .... | 29 |
| 5.5.4. Determinación de la Textura Instrumental .....            | 30 |
| 5.6. Análisis perfil de ácidos grasos .....                      | 30 |
| 5.6.1. Extracción de la grasa.....                               | 30 |
| 5.6.2. Esterificación de la muestra.....                         | 31 |
| 5.7. Análisis estadístico .....                                  | 31 |
| <b>VI. RESULTADOS</b> .....                                      | 33 |
| 6.1. Comportamiento productivo en corral .....                   | 33 |
| 6.2 Peso de la canal .....                                       | 34 |



|  |           |
|--|-----------|
| 6.3 Rendimiento de la canal.....               | 35        |
| 6.4 Peso de los cortes primarios .....         | 37        |
| 6.5 Rendimiento de los cortes primarios .....  | 38        |
| 6.6 Análisis químico proximal en la carne..... | 39        |
| 6.7 Análisis físico-químico de la carne.....   | 40        |
| 6.8 Perfil de ácidos grasos .....              | 43        |
| <b>VII. CONCLUSIONES .....</b>                 | <b>46</b> |
| <b>VIII. RECOMENDACIONES .....</b>             | <b>47</b> |
| <b>IX. LITERATURA CITADA .....</b>             | <b>47</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Figura 1. Agroecosistema del cerdo criollo Lampiño Tropical ( <i>Sus scrofa domestica</i> )<br>en el estado de Veracruz.....                             | 8             |
| Figura 2. Alimentación del cerdo criollo Lampiño Tropical de manera tradicional<br>(Veracruz).....   | 10            |
| Figura 3. Alojamiento de los cerdos experimentales Lampiño Tropical en corraletas<br>abiertas.....   | 22            |
| Figura 4. Alimentación ad libitum de los cerdos criollos experimentales Lampiño<br>Tropical.....   | 23            |
| Figura 6. Despiece de la canal en cortes primarios del cerdo criollo Lampiño Tropical:<br>a) jamón, b) costilla, c) paleta, d) lomo y e) solomillo. .... | 25            |

## LISTA DE CUADROS

|   | <b>página</b> |
|---|---------------|
| Cuadro 1. Porcentajes de composición química de la carne de cerdo. ....   | 12            |
| Cuadro 2. Composición química de los ingredientes (%) utilizados en las dietas<br>experimentales en base seca. ....                                       | 22            |
| Cuadro 3. Ingredientes (%) y composición química de las dietas experimentales en base seca. ...   | 23            |
| Cuadro 4. Características productivas de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados<br>con dietas a base de maíz y maíz-soya. ....                      | 34            |
| Cuadro 5. Características productivas de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al<br>sacrificio. ....  | 34            |
| Cuadro 6. Características de la canal (kg) de cerdos criollos Lampiño Tropical<br>alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya. ....                 | 35            |
| Cuadro 7. Características de la canal (kg) de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos<br>al sacrificio.....  | 35            |
| Cuadro 8. Rendimiento de la canal (%) de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados<br>con dietas a base de maíz y maíz-soya. ....                      | 37            |
| Cuadro 9. Rendimiento de la canal (%) de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos<br>al sacrificio.....   | 37            |
| Cuadro 10. Cortes primarios (kg) de la canal de cerdos criollos Lampiño Tropical<br>alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya. ....               | 37            |
| Cuadro 11. Cortes primarios (kg) de la canal de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos<br>pesos al sacrificio. ....                                       | 38            |
| Cuadro 12. Rendimiento de cortes primarios (%) de la canal de cerdos criollos Lampiño<br>Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya. .... | 38            |
| Cuadro 13. Rendimiento de cortes primarios (%) de la canal de cerdos criollos Lampiño<br>Tropical a dos pesos al sacrificio. ....                         | 39            |
| Cuadro 14. Análisis químico proximal (% BS) en carne* de cerdos criollos Lampiño<br>Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya. ....      | 40            |
| Cuadro 15. Análisis químico proximal (% BS) en carne* de cerdos criollos Lampiño<br>Tropical a dos pesos al sacrificio. ....                              | 40            |
| Cuadro 16. Análisis químico proximal (% materia seca) en tres músculos diferentes de<br>cerdo criollo Lampiño Tropical. ....                              | 40            |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 17. Análisis físico-químico en carne* de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya. ....   | 42 |
| Cuadro 18. Análisis físico-químico en carne* de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio. ....   | 42 |
| Cuadro 19. Análisis físico-químico en tres músculos diferentes de cerdos criollos Lampiño Tropical. ....   | 42 |
| Cuadro 20. Concentración de ácidos grasos (g/100g grasa) intramuscular* de la carne de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas de maíz (MA) y maíz-soya (MS). .... | 43 |
| Cuadro 21. Concentración de ácidos grasos (g/100g grasa) intramuscular* de la carne de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio (kg). ....                       | 45 |
| Cuadro 22. Concentración de ácidos grasos (g/100g grasa) intramuscular en dos músculos de cerdos criollos Lampiño Tropical. ....   | 46 |

## I. INTRODUCCION

Los cerdos de América descienden de las razas ibéricas, actualmente existe una gran variedad de fenotipos de cerdos criollos extendidos desde México hasta el extremo sur de Argentina (Linares *et al.*, 2011). El cerdo criollo Lampiño Tropical (LT) de México desciende de los cerdos traídos en el siglo XVI por los conquistadores castellanos; específicamente, el LT se derivó de cerdos tipo céltico e ibéricos con cerdos de tipo asiático provenientes de China, Japón o Filipinas (Mireles *et al.*, 2015). Actualmente, el LT se establece en una población endémica localizada en las costas mexicanas del Océano Pacífico, en los estados de Chiapas, Oaxaca, Jalisco, Nayarit y en el Sureste de México en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco y Veracruz (Lemus y Alonso, 2005).

A través de un proceso de naturalización, el LT generó rusticidad y se adaptó a condiciones climáticas y ecológicas distintas a las de su origen, de altas temperaturas y humedad relativa, diferentes alimentos y exposición a otras plagas y enfermedades (Mateyzanz, 1965).

El actual LT ha sufrido diversos grados de erosión genética debido a la introducción de razas comerciales orientadas a la producción de carne magra (Sierra, 2000). La carne del LT es utilizada principalmente para ocasiones festivas y religiosas, mientras que la venta de lechones y reproductores es una fuente de ingresos para la familia (Lemus, 2008). Las pequeñas piaras de LT son criados en los solares de las viviendas de comunidades rurales; estos son alimentados con recursos forrajeros y alimentos no convencionales o con productos y subproductos de la agricultura, los ingredientes principales son el grano de maíz como mazorca, desgranado entero, quebrado, molido, masa, tortilla de deshecho; frutas, verduras, sobrantes de comidas de la familia, gramíneas y leguminosas forrajeras (Segura y Montes, 2001). La información científica para determinar los requerimientos nutricionales adecuados para los LT es nula. Sin embargo, para

manejar y aprovechar adecuadamente estos recursos genéticos, es importante que sean caracterizados en todas sus modalidades a fin de hacerlos accesibles.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Teoría de sistemas**

La teoría general de sistemas surgió como reacción contra el reduccionismo, por la necesidad de estudiar como un todo a los fenómenos complejos y dinámicos (naturales y sociales), lo cual origina el denominado enfoque sistémico (Bertalanffy, 1993). La teoría general de sistemas a través de su perspectiva holística e integradora se presenta como una herramienta científica para el conocimiento del comportamiento de los objetos de interés en un estudio, y su enfoque sistémico ha pasado por tres generaciones de cambio: 1) primera generación (investigación operativa) de la interdependencia en el contexto de sistemas mecánicos; 2) segunda generación (cibernética y de los sistemas abiertos) el doble desafío de la interdependencia y auto-organización, en el contexto de sistemas vivientes; y 3) tercera generación triple desafío de la interdependencia; auto-organización y libertad de elección en el contexto de los sistemas socioculturales (Hersscher, 2011).

En cuanto a los sistemas, estos no solo son un conjunto de elementos interrelacionados con un objetivo común; también incluye el factor humano, las personas hacen al sistema, al decidir integrar ciertos elementos. Un sistema es continuo y complejo, está formado por: elementos, componentes, variables, procesos, objetos, atributos o factores en continua interacción y ordenados dinámicamente durante un período de tiempo determinado (Herrscher y Ackoff, 2003).

Concretamente un sistema de producción agropecuario es un conjunto de actividades que un grupo humano organiza, dirige y realiza de acuerdo con sus objetivos, cultura y recursos. Los sistemas

de producción (unidades de producción) están insertos dentro del sistema agropecuario y de acuerdo al límite considerado, se caracteriza al sistema agropecuario a nivel regional o nacional. El sistema agropecuario, que incluye la totalidad de las actividades agrícolas y pecuarias, se caracteriza por contar con recursos (entradas) provenientes de otras actividades y generar resultados tales como producción para consumo interno o externo, empleo, entre otras salidas (Hersscher, 2011).

Debido al aumento del interés en la interacción entre los sistemas agropecuarios, el ambiente y la sociedad, la producción pecuaria debe ser analizada como un sistema, si es que se pretende dar las soluciones más congruentes con la realidad, con una visión y enfoque holístico (López y Pérez, 2015).

## **2.2 Agroecosistema**

Un agroecosistema (AES) tiene cuatro características principales, las cuales son: 1) requerimientos energéticos para cubrir esta característica, las fuentes de energía pueden ser de origen humano, animal y mecánico (mediante el uso de combustibles) para aumentar la productividad; 2) diversidad, esta puede ser reducida en comparación con la del ecosistema natural; 3) animales y plantas, la dominancia de estos depende de la selección (artificial o natural); y 4) el control del sistema son, en su mayoría externos y no internos, ya que se ejercen por medio de aportes de energía auxiliar del sistema (López y Pérez, 2015).

El modelo del AES se basa en la teoría general de sistemas, lo cual permite representar la unidad de estudio para explicar la realidad, teniendo en cuenta las interacciones de sus componentes físicos, biológicos, socioeconómicos y el impacto ambiental (Vilaboa, 2013).

El AES es un modelo conceptual de la actividad agropecuaria que se integra a un sistema agrícola y rural regional a través de cadenas producción-consumo, con interferencias de política. El AES es un sistema abierto y construido a partir de la modificación social de un sistema natural, para contribuir a la producción de alimentos, materias primas, y servicios ambientales que la sociedad demanda; además, de favorecer al bienestar de la población rural y la sostenibilidad ecológica. El AES posee procesos dinámicos de retroalimentación y control, regulados y autorregulados, como respuesta a variaciones internas y de su entorno (Martínez *et al.*, 2011).

Como parte relevante del panorama general, los AES ganaderos y la sociedad están unidos en una extensa y compleja simbiosis, expresada en relaciones de mutua dependencia, dado que los AES son la base de un sin número de estructuras productivas. Por otro lado, y considerando la capacidad de intervención humana, la salud de los agroecosistemas depende principalmente de los usos y cuidados que se apliquen (Hersscher, 2011).

### **2.2.1 Agroecosistema porcino**

En un AES porcino, el criador (porcicultor) tiene relación como especie con el ecosistema que modifica, y con los factores económicos, sociales, abióticos y bióticos que influyen en el AES. El porcicultor, como controlador, es quien determina la estructura, componentes e interacciones entre sus elementos, así como el tipo y cantidad de entradas, administra el sistema de producción y determina la cantidad de salidas: alimentos y materias primas (Ruiz, 2006).

### **2.2.2 Factores Sociales**

Diversas iniciativas mexicanas con la finalidad de estudiar la caracterización, modos de producción y posibilidades de preservación sostenible de cerdos locales, han permitido estudios



dirigidos a evaluar distintos aspectos de cerdos, como los lampiños y cuinos de México (Mireles *et al.*, 2015).

Entre las iniciativas se encuentra la promoción de la conservación y uso de cerdos locales con apoyo del Consejo Nacional sobre Conservación de Recursos Genéticos (CONARGEN), cuyo objetivo radica en la conservación de la diversidad biológica. Sin embargo, existe una tendencia negativa en el crecimiento poblacional del cerdo criollo (cerdo Lampiño), y entre los principales factores que influyen en esta tendencia son los problemas económicos en el medio donde se producen, un aumento del crecimiento poblacional humano y la urbanización (Ly *et al.*, 2011).

Aun así, en las economías de subsistencia es importante la cría de cerdos criollos en sistemas de producción extensivos, debido a que aporta: 1) fuentes de alimento proteico de buena calidad; 2) ingresos obtenidos a partir de la venta de animales; 3) abonos para la agricultura, y 4) son parte de la cosmovisión y las costumbres de los distintos grupos sociales, ya que a través de estas crianzas refuerzan su identidad (Sierra, 2000).

Los sistemas de producción intensivos requieren de un ambiente relativamente invariable y seguro, los costos de instalación se incrementan y dificultan la producción en zonas rurales. En contraste, en el sistema de producción extensivo, los cerdos están permanentemente expuestos a los disturbios ambientales y a la irregularidad en el suministro alimentario (Revidatti *et al.*, 2005). En este sistema, las razas de líneas comerciales no siempre se ajustan a la realidad geográfica, social y económica de los países en vías de desarrollo.

### **2.2.3 Factores técnico productivos**

La capacidad de las razas criollas para tolerar de mejor forma el calor y la humedad que las líneas comerciales, hace que el consumo de alimento, ganancia de peso y fertilidad no se afecte

notablemente a temperaturas por arriba de los 30 °C. De esta manera, algunas razas criollas alcanzan indicadores reproductivos aceptables bajo sistemas de pastoreo, pudiendo alcanzar una tasa de concepción superior al 80% y la mortalidad de sus lechones en la lactancia menor a 13.3%. Además, no presentan problemas de fotosensibilización, frecuentes en razas de poca pigmentación, como algunas líneas maternas comerciales (Linares *et al.*, 2011).

Los cerdos criollos en general se caracterizan por su madurez sexual precoz, bajo potencial reproductivo (menos de 2 partos por año), además de tener largos periodos de lactancia y bajos pesos al destete. Sin embargo, bajo sistemas agro-pastoriles, estos ecotipos alcanzan mejores resultados que las líneas comerciales; en variables reproductivas alcanzan 2.3 partos por año y un intervalo entre partos de 159.06 días; presentan madurez sexual tardía (primer parto a los 547.65 días de edad). El número y peso promedio de lechones nacidos vivos es de 6.04 y 1.01 kg respectivamente; los lechones lactan 38.9 días (Alonso *et al.*, 2003).

Los cerdos criollos presentan un crecimiento lento y un espesor de grasa dorsal gruesa al beneficio, con una tasa de deposición de tejido adiposo que aumenta constantemente, mientras que la de tejido muscular a determinada edad se hace constante. Como consecuencia la eficiencia de la conversión alimenticia baja, al ser metabólicamente más costoso el tejido adiposo que el tejido muscular (Lemus y Alonso, 2005).

En contraste, las líneas comerciales de cerdos se han orientado hacia la obtención de animales hipermagros, logrando mejoras importantes en la calidad de canal y en el rendimiento (Adzitey, 2011). Los cerdos hipermagros se caracterizan por su alta producción de carne y menor producción de grasa en la canal. De esta manera la selección en contra del engrasamiento no solo ha

determinado una reducción del espesor de grasa dorsal sino también de grasa intramuscular o marmoleo afectando las características organolépticas de la carne.

#### **2.2.4 Factores ecológicos**

Con la producción intensiva e industrial de razas importadas, los cerdos locales en crianza extensiva fueron relegados a zonas apartadas del país (Lemus y Ly, 2010). De manera que los cerdos criollos se volvieron silvestres, esparciéndose por el territorio nacional, sin cuidado zootécnico, por lo que de forma natural han sobrevivido a distintas condiciones ecológicas, mostrando capacidades adaptativas y reservorio de diversidad genética. Además, se considera que son animales de gran rusticidad, la cual se entiende como la capacidad de sobrevivir y producir bajo condiciones desfavorables, tales como: climas cambiantes, escasez de alimento y predisposición a infecciones por patógenos (Linares *et al.*, 2011).

Los cerdos criollos responden con mayor eficiencia en comparación con los cerdos Yorkshire-Landrace en condiciones inducidas y al contacto con antígenos; esto debido a que los cerdos criollos manifiestan de manera notable la memoria inmunológica, aún a pesar de que no han tenido ningún sistema inducido de mejora genética en 500 años (Mireles *et al.*, 2015).

Por ejemplo, Mejía *et al.* (2010) aplicaron la vacuna bacterina mixta porcina (cepas: *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* y *Pasteurella sp.*) a lechones mexicanos (Cerdo Lampiño) de 45 días de edad y analizaron la respuesta humoral de los anticuerpos IgG e IgM y la compararon con la de cerdos comerciales Yorkshire-Landrace, indicando que los cerdos criollos tienen una mejor respuesta humoral contra estos patógenos debido a un eficiente sistema inmunológico.

Por otra parte, el controlador puede establecer dentro del mismo AES otros sistemas de producción, ya sea agrícola o pecuaria que se relacionan con las pjaras, además de poder realizar actividades extra-granja que permitan la inyección o extracción de dinero en el sistema de producción (Vilaboa, 2013). En la Figura 1 se explica el agroecosistema del cerdo criollo Lampiño Tropical en un sistema de producción extensiva o también llamada solar en el estado de Veracruz.

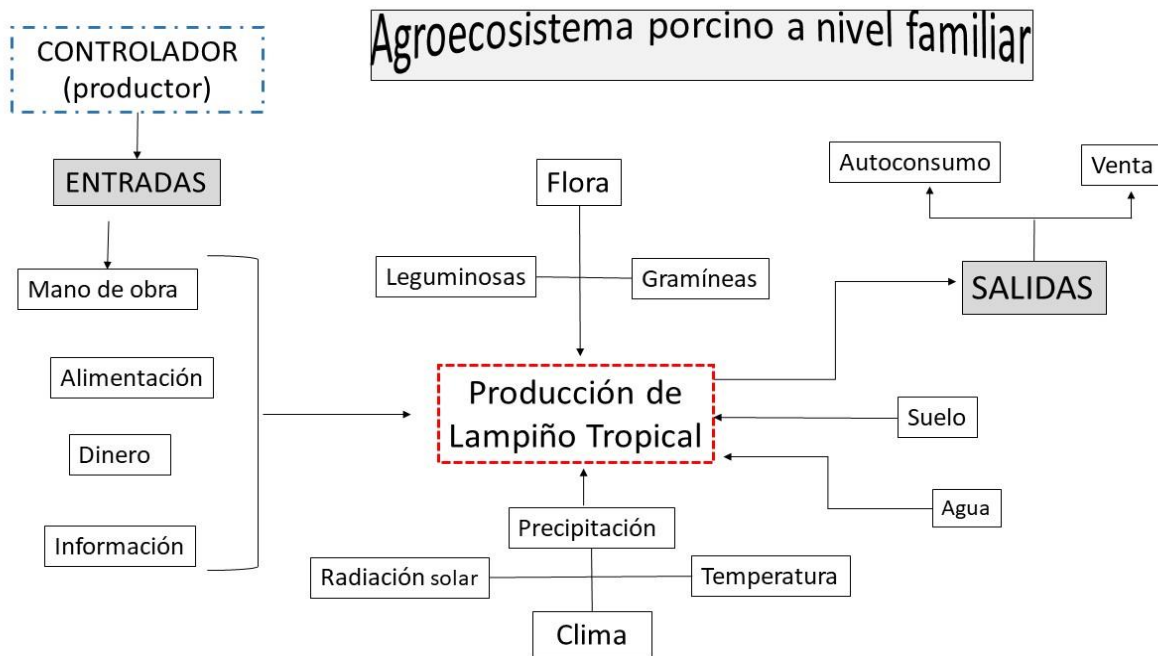


Figura 1. Agroecosistema del cerdo criollo Lampiño Tropical (*Sus scrofa domestica*) en el estado de Veracruz.

### 2.3 Cerdos criollos

Los cerdos de América se originaron de los cerdos que prevalecían en la Península Ibérica en los siglos XV y XVI, y actualmente existe una gran variedad de biotipos de cerdos criollos desde México hasta el extremo sur de Argentina. Los cerdos ibéricos y los criollos americanos se encuentran históricamente vinculados entre sí, aunque las diferencias fenotípicas son debidas a la adaptación, así como de la introducción de otros genotipos (Linares *et al.*, 2011).

El cerdo criollo mexicano (*Sus scrofa doméstica*) se derivó entre la cruce de cerdos ibéricos, célticos provenientes de Europa con cerdos asiáticos provenientes de China, Japón o Filipinas introducidos a México a través del comercio efectuado después de la conquista española (Mireles *et al.*, 2015). En la actualidad encontramos pequeñas piaras de cerdo criollo mexicano en las comunidades rurales localizadas en las costas mexicanas del Océano Pacífico (estados de Chiapas, Oaxaca, Jalisco, Nayarit) y en el Sureste de México (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco y Veracruz) (Lemus y Alonso, 2005).

Según Lemus *et al.* (2003) existen tres razas locales mexicanas: cerdo Cuino mexicano o “Cuino”, Pata de mula o “Mulefoot” y cerdo Lampiño mexicano o “Birich”. El Cuino es de tamaño notablemente pequeño; el Mulefoot es similar al Cuino, pero tiene la pezuña sólida que se asemeja a la de una mula, de ahí su nombre; y el Cerdo Lampiño mexicano tiene la cabeza y cara rectilínea, orejas de tamaño mediano, semierectas, dorso rectilíneo con ancas completamente caídas, su color es grisáceo denominado gris pizarra o combinado con blanco, es de talla mediana, con una alzada de 72 cm y una longitud de 1.4 -1.5 m y se caracteriza por que los lechones nacen y llegan a edad adulta sin presencia de cerdas, desnudis.

Merlos *et al.* (2015) realizaron un estudio morfológico del cerdo Lampiño mexicano y obtuvieron los valores de la longitud de la cabeza, la cara, el tronco y la grupa de 26.65, 14.22, 104.97 y 25.69 cm, respectivamente. En lo que se refiere a la anchura de la cabeza y la grupa, las medias fueron 21.31 y 24.42 cm, respectivamente. En cuanto a la alzada, en la cruz y en la grupa, estas medidas fueron 59.12 y 66.52 cm.

## 2.4 Cerdo criollo Lampiño Tropical

El biotipo del cerdo criollo Lampiño Tropical (LT) ha persistido en condiciones de bajo uso de tecnología y de seguimiento reproductivo, lo que propició el cruzamiento indiscriminado con otras razas mejoradas, creando nuevos biotipos (Alonso *et al.*, 2003). El LT cuenta con mayor capacidad de adaptación a condiciones difíciles de sobrevivencia como la tolerancia a enfermedades infecciosas y parasitarias, sequía y pobreza en la calidad alimenticia, que las hacen de interés para el establecimiento de nuevos sistemas de producción abiertos y la mejora de los sistemas de producción tradicionales (Mejía *et al.*, 2010).

### 2.4.1 Alimentación del cerdo criollo Lampiño Tropical

Estos cerdos son criados en el traspatio, alimentados con los recursos forrajeros y alimentos no convencionales localmente disponibles o con productos y subproductos de la agricultura. Santos *et al.* (2011), mencionan que los cerdos LT pueden utilizar alimentos de baja densidad energética, y esto lo relacionan con un aumento en la capacidad de digestión en ciego y colon; también debido a su composición corporal y lento crecimiento, sus requerimientos de proteína no son tan altos como los de los animales mejorados. Las evidencias experimentales sugieren que los LT pueden aprovechar ventajosamente los recursos alimentarios de las regiones tropicales (Figura 2).



Figura 2. Alimentación del cerdo criollo Lampiño Tropical de manera tradicional (Veracruz).

Existe correspondencia entre la longitud intestinal o el peso de órganos digestivos, y la capacidad digestiva de los cerdos; se ha medido el tracto gastrointestinal encontrando que la longitud intestinal fue mayor en cerdos mejorados que en los locales del tipo LT, mientras que en la longitud cecal y la de la curvatura del estómago ocurrió lo contrario (Ly, 2008).

#### **2.4.2 Crecimiento del cerdo criollo Lampiño Tropical**

El cerdo LT expresa una velocidad de crecimiento relativamente lenta en comparación con lo que sucede con animales de líneas comerciales o genéticamente mejorados; Becerril *et al.* (2009) evaluaron el crecimiento del cerdo LT en diferentes sistemas, alimentados *ad libitum*, la ganancia diaria media fue de 400 g/d y la conversión alimenticia fue de 5.

#### **2.5 Generalidades y concepto de carne**

El concepto de carne puede definirse en un sentido genérico en el cual se incluyen todas las partes de los animales de abasto que sirven para alimento del hombre, pero también otros autores limitan el concepto a la musculatura esquelética. Según las normas oficiales mexicanas (NMX-FF-081-2003), definen a la carne como los tejidos muscular, conjuntivo y elástico, grasa, vasos linfáticos y sanguíneos, nervios, etc., que constituyen las masas musculares que cubren el esqueleto del animal; y la distinguen de la carne magra, definiendo a esta última como el conjunto de las masas musculares, una vez desprovista de la grasa de cobertura.

El color de la carne de cerdo puede variar dentro de las siguientes tonalidades: pálido, ligeramente rosa grisáceo, rosa, rojo claro, y rojo oscuro; también se considera normal un pH final de 5.5 y una temperatura de 20 °C. En el cuadro 1 se presentan los principales componentes químicos de la carne, (Mariezcurrana *et al.*, 2012).

En particular, la calidad de la carne fresca está directamente relacionada con las características de la fibra muscular que conforman a los músculos esqueléticos (Joo *et al.*, 2013), por lo que conocer la estructura del músculo es esencial para entender las relaciones entre las propiedades del músculo y su empleo como carne.

Cuadro 1. Porcentajes de composición química de la carne de cerdo.

| Composición química | %     |
|---------------------|-------|
| Agua                | 72.89 |
| Proteínas           | 24.36 |
| Lípidos             | 2.45  |

Fuente: Mariezcurrena *et al.*, 2012.

## 2.6 Calidad de la carne

La calidad de la carne se basa en sus cualidades funcionales (atributos deseables en un producto), conformacionales (requisitos del consumidor), el rendimiento y composición bruta, apariencia, características tecnológicas (pH, color, capacidad de retención de agua, grasa y contenido de proteína esencial para el procesamiento de la carne) (Maltin *et al.*, 2003), palatabilidad (calidad sensorial), sanidad y calidad ética (Adzitey, 2011).

Conforme a lo anterior, definir la calidad de la carne es complejo, pero que se puede evaluar sobre la base de características principalmente objetivas, pero también subjetivas. Lo que debe quedar claro en cualquier definición es que en la evaluación final la calidad del producto es la capacidad de satisfacer los requisitos o expectativas del consumidor o usuario (Aaslyng *et al.*, 2007).

La calidad de la carne de cerdo se evalúa subjetivamente por los consumidores que toman decisiones de compra prestando atención a su color, el exudado (jugo de carne en el paquete), la



textura al tacto. La primera opinión se basa en las características esperadas en la etapa de compra, los cuales se denominan rasgos de apariencia. La segunda opinión es la calidad experimentada, característica después del consumo denominados rasgos de calidad alimentaria (terneza, sabor, jugosidad y succulencia). El juicio general que cubre las expectativas y la satisfacción, si es positivo, alienta al consumidor para la próxima compra (Grunert *et al.*, 2004). Otro aspecto importante es la calidad tecnológica de la carne que incluye las características de pH, color, capacidad de retención de agua (CRA), contenido de grasa y proteína esenciales para el procesamiento de la carne (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005).

Para englobar las características de calidad de la carne es necesario abordar los rasgos de apariencia (color de la carne, la CRA, la textura y el marmoleo), rasgos de calidad alimentaria (en el consumo) y rasgos tecnológicos (Chacón, 2004).

### **2.6.1 Color**

Desde una perspectiva física, el color de la carne es el resultado de la distribución espectral de la luz y de la intensidad de la luz reflejada por su superficie. Como percepción visual, está determinada por la luz, la carne y el observador, lo que introduce aspectos subjetivos. Se considera como una característica tridimensional de los objetos, determinada por un atributo de claridad y dos atributos cromáticos, el tono y la saturación. El color de la superficie de la carne y su estabilidad son parámetros críticos que rigen la comerciabilidad de la carne fresca, por lo que es el rasgo de apariencia más importante; este es el primer factor que el consumidor evalúa y se utiliza como indicador de frescura y salubridad. Básicamente, el color de la carne depende de la especie, la edad y el tipo de músculo, y las diferencias de color se deben a la cantidad y el estado químico de la mioglobina (Mb) en el músculo (Suman y Joseph, 2013).

La mioglobina es el pigmento más importante de la carne y tiene las funciones de almacenamiento y transporte de oxígeno necesario para el músculo; por lo que su concentración y la tasa de oxidación de Mb es directamente proporcional a la demanda de oxígeno; como consecuencia en el músculo o grupo de músculos con mayor actividad fisiológica (mayor proporción de fibras rojas), en los animales de mayor edad hay mayor concentración de este pigmento (Kim *et al.*, 2013).

Pero no solamente es importante el contenido en mioglobina, sino que también el estado químico en que ésta se encuentre. En los músculos profundos y la carne almacenada al vacío, la mioglobina se encuentra en un estado reducido y presenta un color rojo púrpura. Cuando se expone al oxígeno, la mioglobina se oxigena en oximioglobina (OxyMb), lo que le da a la carne un atractivo color rojo brillante. Durante el almacenamiento de la carne, la mioglobina se puede oxidar en metamioglobina, que produce un color marrón, poco atractivo, que los consumidores perciben negativamente (Jeong *et al.*, 2009).

También, la estabilidad del color de la carne se determina por la tasa de oxidación de OxyMb, y la tasa de decoloración en la carne. La decoloración rápida ocurre en los músculos que contienen mayores proporciones relativas de fibras musculares tipo I (oxidativas) debido a la mayor tasa de consumo de oxígeno (Lefaucheur, 2010).

La maduración de la carne afecta su color, ya que la carne madurada tiene un color más brillante y ligeramente rojo debido a los cambios enzimáticos que resultan de la descomposición de las proteínas miofibrilares (Suman y Joseph, 2013); lo anterior se manifiesta cuando desciende el pH a valores próximos al punto isoeléctrico de las proteínas, disminuyen los grupos iónicos libres para ligar el agua (pierde capacidad de retención de agua), por lo que las cadenas de proteína se unen y forman una estructura cerrada, que impide que la luz penetre fácilmente y es reflejada, dando lugar

a un color más claro. Si, por el contrario, el pH no desciende, aumenta la capacidad de retención de agua, las fibras musculares se hinchan y la estructura miofibrilar es más abierta, debido a la retención de agua entre las cadenas proteicas. De esta forma, la superficie de la carne refleja una menor cantidad de luz, y su color aparece más oscuro (Kim *et al.*, 2013).

### **2.6.2 Capacidad de retención de agua**

La capacidad de retención de agua (CRA) se afecta por factores como 1) el sistema de sacrificio, ya que la utilización de cámara de CO<sup>2</sup> mejora la CRA en comparación con la insensibilización eléctrica que produce una caída de pH más rápida; 2) la alimentación suplementada con vitamina E mejora la CRA; 3) el ayuno presacrificio genera disminución en los depósitos de glucógeno y mejora la CRA. (Rosenvold y Andersen, 2003). La capacidad de retención de agua (influenciado en la reflectancia en la superficie de la carne) y el color están relacionados con el pH final, y estos son indicadores de calidad de la carne. Los rasgos de apariencia en la carne relacionados con la capacidad de retención de agua (CRA) son: la pérdida por goteo (superficie de la carne) y el líquido exudado (en la bandeja). Además, la CRA influye en otras propiedades físicas, como la textura y la firmeza de la carne fresca. La pérdida por goteo se origina en los espacios entre los haces de fibras musculares y la red perimisial, y los espacios entre las fibras musculares y la red endomisial (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005).

El exudado excesivo por goteo y la textura suave son el resultado de la combinación del rápido descenso del pH y la alta temperatura en el músculo (Uzcátegui y Jerez 2008). Este es un problema especialmente prevalente para la carne de cerdo que contiene mayores proporciones relativas de fibras musculares tipo II (oxido-glucolíticas y glicolíticas rápidas) en comparación con la carne de bovino o de ovino.

La composición de las fibras glucolíticas de contracción rápida (IIB) en el músculo de cerdo se relaciona con una mayor ligereza y una menor CRA (Kim *et al.*, 2013). La hipertrofia en las fibras oxido-glucolíticas (IIA) de contracción rápida perjudicial para la CRA en la carne (Lefaucheur, 2010).

### **2.6.3 Grasa**

La mayoría de la grasa presente en el animal vivo se retira después del sacrificio, así que la grasa que influye en la suavidad de la carne es la depositada intramuscularmente, a este proceso es denominado “marmoleo” o “marbling” y para considerar esto es necesario tener cantidades de grasa intramuscular mayores al 8%, por lo que está teóricamente más asociada a la jugosidad que a la dureza final de la carne (Zijian *et al.*, 2017).

En los animales, la adipogénesis primero ocurre en el depósito de grasa visceral, seguido en depósitos subcutáneos, e intermusculares, y posteriormente ocurre adipogénesis intramuscular, cuando se ha completado las principales etapas del crecimiento muscular. La adipogénesis puede verse afectada por factores genéticos, nutricionales y ambientales, los cuales son las principales vías de señalización que regulan la adipogénesis en el músculo esquelético (Du *et al.*, 2010).

La grasa intramuscular de la carne de cerdo se compone fundamentalmente de lípidos neutros (fundamentalmente triglicéridos) y lípidos polares. Dentro de los lípidos neutros también se encuentran pequeñas cantidades de colesterol, y en menor proporción ácidos grasos libres y vitaminas liposolubles. Desde el punto de vista cuantitativo las variaciones en el porcentaje en grasa intramuscular de la carne son debidas al acúmulo en la zona extra-fascicular de adipocitos cuyo contenido son triglicéridos (Du y Dodson, 2011).

El contenido de la grasa intramuscular depende en gran medida del tamaño y la cantidad de adipocitos intramusculares. En cerdos y bovinos, la variación en el contenido de la grasa intramuscular de un determinado músculo entre animales con antecedentes genéticos similares se ha asociado con la variación en el número de adipocitos intramusculares. Pero también entre animales del mismo origen genético y sometidos a diferentes ingestas de energía dietética se ha demostrado que está asociada con la variación en el tamaño de los adipocitos (Listrat *et al.*, 2016).

#### **2.6.4 Grasa intramuscular**

La grasa localizada a nivel intramuscular entre los fascículos musculares, es la que presenta mayor influencia en la calidad final de la carne. Lo anterior debido a que el aspecto de la carne está determinado por el contenido, la disposición y el tamaño de las vetas que conforman la grasa intramuscular o de infiltración. Por otra parte, la valoración y el concepto de calidad son totalmente diferentes e incluso opuestos en función de si se trata de carne de cerdo blanco o de carne de cerdo Ibérico. Si bien en el caso del cerdo blanco se ha venido valorando como factor de calidad una carne magra y con escaso contenido en grasa intramuscular (Zijian *et al.*, 2017), en el caso del cerdo Ibérico se espera y se aprecia encontrar un grado de veteado considerable.

La firmeza de la carne también está influida por el estado y la cantidad de grasa subcutánea que rodea los músculos y el contenido de grasa intramuscular, debido a que se deposita principalmente en el perimio entre haces musculares. La firmeza de la carne está parcialmente influida por el marmoleo y se ve afectada por la composición de los ácidos grasos y la temperatura. Además, se conoce que la deposición de la grasa intramuscular produce efectos sobre el sabor, la jugosidad, la ternura y las características visuales de la carne con un mayor marmoleo (De Smet *et al.*, 2004).

También se debe destacar el efecto de la grasa sobre el aroma de la carne, ya que en la grasa existe compuestos aromáticos *per se*, además los componentes mayoritarios de la grasa (ácidos grasos), son precursores de compuestos volátiles responsables del aroma (Lorenzo, 2014).

### **2.6.5 Suavidad**

La suavidad es el rasgo más importante porque influye fuertemente en las percepciones de aceptabilidad del consumidor; este rasgo es afectado principalmente por la cantidad y solubilidad del tejido conectivo, la composición y el estado contráctil de las fibras musculares, y el grado de proteólisis en el músculo. Además, el marmoleo afecta indirectamente la terneza de la carne (Du y Dodson, 2011).

La suavidad es importante en la carne de cerdo, debido a que tienen una alta composición de fibras musculares rojas y tejido conectivo comparada con la carne de pollo. La relación entre las características de la fibra muscular y la terneza de la carne es importante ya que tienen diferentes patrones de cambio durante la conversión de músculo en carne. En consecuencia, la terneza de la carne varía con la tasa de glucólisis, el inicio del rigor después del sacrificio y la extensión de la glucólisis, todas ellas relacionadas con la temperatura muscular y las características de la fibra muscular (Ali *et al.*, 2008).

### **2.6.6 Jugosidad**

La jugosidad está relacionada positivamente con la CRA y el contenido de grasa intramuscular en la carne; además este contenido afecta directamente el sabor. La percepción humana de la jugosidad aumenta a medida que incrementa el contenido de grasa intramuscular en la carne (Zijian *et al.*, 2017). En general, la jugosidad es un rasgo sensorial más importante para la carne de cerdo porque algunos consumidores de ésta otorgan una calificación más alta a la jugosidad que al sabor

o la ternura (Aaslyng *et al.*, 2007), mientras que a otros consumidores califican la ternura como el rasgo de palatabilidad más importante (Cho *et al.*, 2010).

La falta de jugosidad afecta en la calidad de la carne de cerdo, y el músculo de esta especie que carece de marmoleo disminuye la jugosidad. El contenido de la grasa intramuscular afecta la jugosidad al mejorar la CRA de la carne, lubricando las fibras musculares durante la cocción, aumentando la ternura de la carne y, por lo tanto, la aparente sensación de jugosidad o estimulando el flujo salival durante la masticación (Perry, 2012).

### **2.6.7 pH de la carne**

El pH y la CRA son características que determinan la calidad tecnológica de la carne, ya que condicionan su idoneidad para la transformación o su capacidad de conservación (López-Bote *et al.*, 2001). La CRA hace referencia a la facultad de la carne para retener su agua intrínseca y está fuertemente influida por la velocidad y el grado de disminución en el pH.

Luego del sacrificio la velocidad de descenso y valor final de pH muscular afectan la calidad de la carne debido a su relación con la estabilidad de las proteínas musculares. Al considerar que, el punto isoeléctrico de las proteínas cárnicas es de 5 a 5.5 y el pH de la carne es 5.5 entonces a este pH las fuerzas de repulsión entre las proteínas cárnicas son mínimas, como consecuencia, el espacio entre los miofilamentos del músculo es reducido y la CRA es mínima (Warris, 2010). La variación y valor final de pH está regulado por diversos factores, entre los que se destacan los genéticos, la alimentación, la edad al sacrificio, el sexo, las condiciones de transporte y el descanso previo al sacrificio. La duración del ayuno previo al sacrificio es determinante en la evolución y valor final del pH (Rosenvold y Andersen, 2003).

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 General**

- ❖ Evaluar la calidad de carne del cerdo criollo Lampiño Tropical alimentado con dos dietas diferentes y sacrificado a dos diferentes pesos vivos.

#### **3.2 Específicos**

- Comparar los efectos de una dieta a base de maíz y otra con una sustitución parcial de maíz por pasta de soya y los pesos de sacrificio de 40 y 80 kg de los cerdos criollos Lampiño Tropical en:
  - El cambio de peso y rendimiento de la canal.
  - El perfil de ácidos grasos en la carne.
  - La composición química proximal y físico-química de la carne.

### **IV. HIPÓTESIS**

#### **4.1 General**

- El tipo de alimentación y peso vivo al sacrificio afectan el rendimiento y calidad de la carne del cerdo criollo Lampiño Tropical.

#### **4.2 Especificas**

- Incluir pasta de soya en la dieta mejora el crecimiento y rendimiento en canal del cerdo criollo Lampiño Tropical.
- Un mayor peso al sacrificio aumenta el contenido de ácidos grasos saturados es mayor en la carne del cerdo criollo Lampiño Tropical.
- Un menor peso vivo al sacrificio se obtiene mejor composición química y físico-química de la carne del cerdo criollo Lampiño Tropical.



## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Área de estudio**

El presente estudio se realizó en la localidad de La Capilla ubicada en la Carretera Federal Veracruz-Córdoba km 40, Municipio de Cotaxtla, Veracruz, a 18°53'29'' N y 96°14'58'' O, con una altura de 33 msnm; con una precipitación y temperatura media anual de 1,030 mm y 26 °C, de clima Aw0 (w)(i') g cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1998).

### **5.2 Desarrollo experimental y tratamientos**

Se utilizaron 16 cerdos criollos Lampiño Tropical (LT) todos castrados; ocho cerdos por debajo de los 40 Kg de peso vivo y ocho cerdos superiores a los 40 kg peso vivo, de condición corporal mayor de 2.5 (escala de 1-5).

Al inicio del experimento los cerdos se pesaron y desparasitaron (Ivermectina); se alojaron dos cerdos de PV similar en cada corral de 3x3 m con piso de tierra, sin techo, pero con sombra natural, malla borreguera y cerco eléctrico, comederos individuales y bebedero automático de chupón; el periodo de adaptación a los corrales fue de tres días (Figura 3). El experimento se realizó del 24 marzo de 2017 al 15 agosto de 2017. Durante este periodo se bañaron una o dos veces al día durante las horas más calurosas y se pesaron cada 15 días.



Figura 3. Alojamiento de los cerdos experimentales Lampiño Tropical en corraletas abiertas

Los ingredientes utilizados en las dietas fueron analizados en el laboratorio de nutrición animal en la Universidad Autónoma Chapingo, esto para saber el contenido de proteico y energético que contenía cada ingrediente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química de los ingredientes (%) utilizados en las dietas experimentales en base seca.

| Fracción de análisis | Ingrediente |      |
|----------------------|-------------|------|
|                      | Maíz        | Soya |
| Materia seca         | 85.4        | 89.8 |
| Proteína cruda       | 8.07        | 44.7 |
| Extracto etéreo      | 0.38        | 1.03 |
| Cenizas              | 1.9         | 7.2  |
| Fibra cruda          | 3.37        | 7.3  |

Los tratamientos consistieron en dos dietas con 7.79 y 13.11% de proteína cruda y similar contenido de energía metabolizable 3.5 Mcal/kg. Las dos dietas se elaboraron a base de maíz, vitaminas y minerales, la de mayor contenido de proteína incluyó pasta de soya. La composición de las dietas se presenta en el cuadro 3. Las dietas experimentales se formularon por debajo de los requerimientos nutricionales para porcinos del NRC (National Research Council, 2000); debido a que los requerimientos de los cerdos LT deben ser inferiores a los de los cerdos comerciales que

han sido seleccionados genéticamente para aprovechar grandes cantidades de proteína y energía metabolizable (Rojas, 1994). Se proporcionó agua ad libitum.

Cuadro 3. Ingredientes (%) y composición química de las dietas experimentales en base seca.

| INGREDIENTE                           | DIETA  |        |
|---------------------------------------|--------|--------|
|                                       | DA (%) | DB (%) |
| Pasta de soya                         | -      | 14.5   |
| Maíz molido (amarillo)                | 96.5   | 82.0   |
| Vitaminas                             | 1.0    | 1.0    |
| Minerales                             | 2.5    | 2.5    |
| <b>Composición química</b>            |        |        |
| Materia seca                          | 85.4   | 86.0   |
| Proteína (%)                          | 7.79   | 13.11  |
| Energía metabolizable<br>(Mcal/kg MS) | 3.5    | 3.5    |

DA: menor contenido de proteína; DB: mayor contenido de proteína.

Se proporcionó alimentación *ad libitum* en dos raciones diarias, la primera a las 8:30 h y la segunda a las 17:30 h. Cada tercer día se midió el alimento rechazado (Figura 4).



Figura 4. Alimentación *ad libitum* de los cerdos criollos experimentales Lampiño Tropical.

### 5.3. Sacrificio y despiece.

Los cerdos se sacrificaron cuando pesaron 40 y 80 kg ( $\pm 3$  kg). El sacrificio se realizó a campo de manera tradicional artesanal siguiendo la norma NOM-033-SAG/ZOO-2014, bajo la supervisión de un veterinario.

Antes del sacrificio los cerdos ayunaron durante 12 h y al momento del sacrificio se registró el PV y se insensibilizó vía destrucción del encéfalo, con la ayuda de una pistola de sacrificio de ganado Blitz-Kerner; posteriormente, se colgó el cerdo y realizó un corte en la yugular para el desangrado, después se removieron vísceras blancas y rojas, así como la cabeza y patas, dejando la canal todavía cubierta con la piel. Posteriormente se retiró la piel y la grasa de la canal y se registró el peso de la carne con hueso, finalmente se separó la piel de la grasa y se pesaron por separado. La canal se dividió en dos para terminar de escurrir la sangre y bajar la temperatura de los músculos lentamente por 4 h, para después refrigerar por 24 h a 4 °C (Novelo *et al.*, 2008).

El despiece de las medias canales se realizó en el módulo de carnes del Colegio Postgraduados, campus Veracruz, obteniendo los cortes primarios (Figura 6):

**Pierna.** Para la separación de la pierna se cortó entre la segunda y tercera vértebra de las sacras.

**Lomo.** Se cortó desde la separación con el jamón hasta un corte que se realizó entre la segunda y tercera costilla.

**Paleta.** Se obtiene de las patas delanteras del cerdo, la paleta es más aromática y tiende a tener un sabor más dulce.

**Costillas.** Se obtiene de la separación de la columna vertebral y van junto con el tocino.

Se tomaron tres muestras de los músculos *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* y Solomillo, de los cuales se realizaron los análisis físico-químicos, perfil de ácidos grasos y químico proximal de la carne.

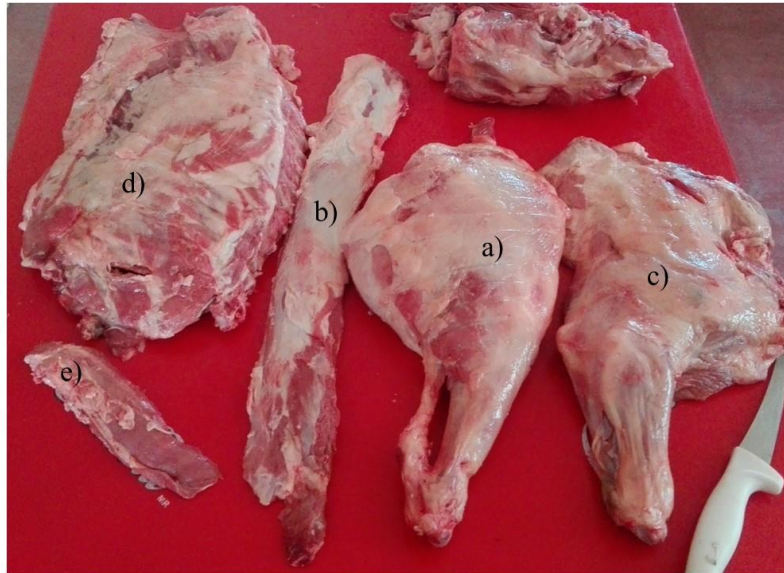


Figura 5. Despiece de la canal en cortes primarios del cerdo criollo Lampiño Tropical: a) jamón, b) costilla, c) paleta, d) lomo y e) solomillo.

#### **5.4. Análisis químico proximal**

El estudio de la composición química de la carne es uno de los análisis más detallados para nutrientes específicos, debido a que permite conocer el grado de concentración de nutrimentos o componentes que contiene la muestra (Bradley, 2003). En este estudio se realizaron tres repeticiones de cada análisis en los músculos *Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* y Solomillo para determinar el contenido de humedad, materia seca, proteína, cenizas y grasa.

##### **5.4.1. Humedad/materia seca**

Para realizar la determinación de humedad y materia seca, las muestras fueron descongeladas 24 h antes, para ser procesadas de acuerdo a lo reportado por A.O.A.C., (1990). Para la determinación del contenido de humedad y materia seca se pesaron 5 g de carne por duplicado del musculo

*Longissimus dorsi*, *Semimembranosus* y Solomillo, en una balanza analítica (precisión 0.1 mg); posteriormente, se colocó la carne en una estufa a una temperatura de 105 °C durante 12 h. Una vez transcurrido el tiempo se colocaron en un desecador durante 30 min hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se volvió a pesar la carne en la balanza analítica, hasta peso constante. Los contenidos de MS (%) y humedad (%) se calcularon por diferencia de pesos:

$$\text{MS} = [\text{Peso de la muestra seca (g)} / \text{peso de la muestra húmeda (g)}] \times 100$$

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ MS}$$

#### **5.4.2. Proteína**

Para realizar la determinación de proteína se utilizó un equipo Micro Kjeldahl, determinando primero el nitrógeno total en forma de amonio en la carne de acuerdo a la técnica modificada de la A.O.A.C. (1990).

Para la digestión, se pesó 1 g de carne sobre una hoja de papel filtro, posteriormente se colocó en un matraz Kjeldahl de 800 ml; se añadió 6 g de catalizador ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  con  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  porción 9:1) y 30 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado. Los matraces se colocaron en el digestor a una temperatura de 150 °C por 30 min, posteriormente a 200 °C por 40 min, luego a 300 °C por 45 min y finalmente a 400 °C por 1 h. los matraces se taparon y dejaron enfriar a temperatura ambiente.

Destilación. Se agregaron 25 ml de agua destilada al matraz de Kjeldahl y 50 ml de solución NaOH al 40% resbalando por las paredes del matraz a modo que se formen dos capas; después el matraz se colocó al destilador Micro Kjeldahl. En un matraz Erlenmeyer de 500 ml se agregó 50 ml de ácido bórico al 4% y 6 gotas de naranja de metilo (indicador). Se destiló hasta obtener 100 ml de solución (20 min de destilación).

Titulación. Esta se realizó con una solución 0.1 N de ácido clorhídrico, se fue agregando lentamente al matraz Erlenmeyer, hasta que cambio de color del indicador. El volumen gastado de ácido clorhídrico se usó para calcular la cantidad de nitrógeno que contenía la muestra de carne.

El contenido de Nitrógeno (N, %) se calculó de la siguiente manera:

$$N = \frac{\text{ml ácido} \times N \text{ del ácido} \times \text{Meq}_N(0.014)}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Peso de la muestra (g)

$$\text{Proteína cruda} = N \times 6.25$$

### **5.4.3. Determinación de grasa**

Para la extracción del contenido de grasa se utilizó el aparato Goldfish y éter etílico anhidro. Primeramente, se colocaron los vasos para grasa en una estufa a 110 °C durante 12 h y luego en un desecador para enfriarse a temperatura ambiente. Se pesaron cada uno de ellos usando pinzas de metal en una balanza analítica (precisión 0.1 mg). Se colocaron 2 g de muestra seca en un dedal limpio previamente secado a 80 °C y se tapó con algodón; éste se colocó en un porta dedal y se fijó en los soportes metálicos del aparato Goldfish. Se añadieron 30 ml de éter etílico al vaso para grasa y se fijó al condensador usando un anillo con rosca, apretando lo mejor posible para evitar las fugas de éter. Se abrió la llave del agua para enfriar los condensadores y se levantó las parrillas calientes hasta que toquen los vasos para grasa. El tiempo de extracción fue de 4 h, a una velocidad de condensación de 3 gotas de éter por segundo. Al final de este tiempo se quitó el porta dedal y en su lugar se colocaron los tubos recolectores. Se recuperó la mayor cantidad posible de éter etílico, se bajaron las parrillas para evitar que el calor pegue la grasa recolectada al fondo del vaso. Los vasos para grasa se colocaron en una estufa a 110 °C durante 30 minutos. Posteriormente se

sacaron y se colocaron en un desecador, se dejaron enfriando a temperatura ambiente y luego se pesaron (siempre usando pinzas metálicas).

Para calcular el contenido de Extracto Etéreo (EE, %) en base seca se utiliza la siguiente ecuación.

$$EE = \frac{\text{g de EE}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

#### **5.4.4. Cenizas**

Se colocaron los crisoles en una estufa a una temperatura de 105 °C durante 12 h; posteriormente se colocaron en un desecador durante 30 min, se pesaron en una balanza analítica. Se pesó 1 g de muestra seca en crisoles previamente tarados. Posteriormente, se colocaron los crisoles en una mufla a 550 °C durante 12 h (o hasta observar que las cenizas están completamente de color blanco). Se sacaron los crisoles de la mufla y se introdujeron en desecador durante 30 min o hasta alcanzar temperatura ambiente; se pesaron los crisoles conteniendo las cenizas hasta alcanzar el peso constante. Los cálculos del contenido de cenizas (%) se realizarán con la siguiente fórmula.

$$\text{cenizas} = [\text{Peso de las cenizas (g)} / \text{Peso de la muestra seca (g)}] \times 100$$

### **5.5. Análisis físico-químico**

#### **5.5.1. Medición del pH**

El pH se midió con una sonda de punción conectada a un medidor de pH modelo CR-400 Hanna (Rumania). El pH se determinó como la media de las lecturas tomadas en tres sitios distintos del músculo.



### **5.5.2. Medición del color**

Para medir el color se utilizó un colorímetro Minolta Chroma Meter (CR-400 Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japón) basado en el sistema CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ). Antes de tomar las lecturas en las muestras de carne, el equipo fue calibrado con una placa color blanco ( $Y= 94.00$ ,  $x= 0.3155$ ,  $y= 0.3318$ ). Las muestras fueron retiraron del empaque y se dejaron a temperatura ambiente durante 15 min para ser oxigenadas, las mediciones fueron por triplicado colocando la apertura del medidor sobre la carne (forma vertical), en zonas homogéneas, libres de grasa intramuscular o manchas de sangre.

### **5.5.3. Medición de la capacidad de retención de agua (CRA).**

La CRA se determinó por triplicado usando el método descrito por Grau y Ham (1953), realizando algunas modificaciones. Se pesaron aproximadamente 0.3 g de muestra en una balanza analítica (Scientech, mod SA210 USA, con una precisión de 0.1 mg), la muestra se colocó en medio de dos papeles filtro y posteriormente entre dos placas de plexiglass (15 x 15 cm), se aplicó una fuerza constante de 10.0 kg durante 20 min.

Al ejercer una fuerza constante sobre la muestra de carne, los líquidos contenidos en la carne se liberaron impregnándose en el papel considerándose como el agua libre de la carne. Para obtener la CRA se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ agua libre} = [(P_i - P_f) / P_i] \times 100$$

$$\text{CRA} = 100 - \% \text{ agua libre}$$

Dónde:  $P_i$  es el peso inicial de la muestra y  $P_f$  es el peso final de la muestra después de la compresión.

#### **5.5.4. Determinación de la Textura Instrumental**

Para realizar la determinación del esfuerzo de corte (EC). Se utilizó un texturómetro (TA. TX2i, Stable Micro Systems Surrey, Inglaterra) utilizando la técnica descrita por American Meat Science Association Guidelines (AMSA, 1995). Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico y se cocinaron en un baño María (Fisher Scientific® mod. Isotemp 215) hasta alcanzar una temperatura interna de 72 °C en el centro de la muestra, posteriormente fueron almacenadas a 4 °C por 24 h. Después de este periodo, se cortaron seis cilindros de 1 cm de diámetro (con un sacabocados), los cortes se realizaron en forma paralela a las fibras musculares. Posteriormente, los cilindros de carne fueron cortados perpendicularmente a la dirección de la fibra muscular utilizando el accesorio Warner-Bratzler colocado en el texturómetro mencionado. Los parámetros establecidos para la prueba fueron: velocidad pre-prueba de 2 mm s<sup>-1</sup>, velocidad en la prueba de 2 mm s<sup>-1</sup>, velocidad pos prueba de 10 mm s<sup>-1</sup> y una distancia de la zona de prueba de 20 mm. El pico máximo de fuerza registrado durante el ensayo se reportó como valor de la fuerza de cizallamiento y el resultado se expresó en Newton (N).

### **5.6. Análisis perfil de ácidos grasos**

#### **5.6.1. Extracción de la grasa**

Se pesaron 10 g de carne por duplicado del musculo *Longissimus dorsi* y *Semimembranosus*, en una balanza analítica (precisión 0.1 mg); posteriormente, se colocó la carne en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 12 h. Para la extracción del contenido de grasa, se utilizó el aparato Goldfish y éter etílico anhidro; una vez terminada la extracción, los vasos en los que se encontraba la grasa se colocaron en una estufa a 40 °C durante 30 minutos para evaporar los residuos de éter.

Finalmente, la grasa se colocó en unos tubos con rosca para posteriormente realizar la esterificación.

### **5.6.2. Esterificación de la muestra**

Se realizó usando el método descrito por (David *et al*, 2002) realizando algunas modificaciones, se pesó una muestra de 400 mg (grasa intramuscular) en un tubo de ensayo de 20 ml (con tapón de rosca). Posteriormente se disolvió la muestra en 4 mL de hexano. Se Agregaron 200  $\mu$ L de solución saturada de KOH 2N en metanol. Se tapó el tubo y se agitó durante 30 segundos en un agitador vortex, después se centrifugo la muestra 5 min a 3000 rpm. Por último, se dejó reposar 30 min y se transfirió el sobrenadante (transparente) a un vial de inyector automático de 2 ml.

Se utilizó un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890B GC) acoplado a un espectrómetro de masas (Agilent Technologies 5977B MSD), un inyector (Agilent Technologies 7693 Autosampler) empleando las siguientes condiciones:

Columna capilar HP-88 (100m, 0.25mm; 0.2 $\mu$ m); se inyectó a 250°C, 1  $\mu$ L de la muestra esterificada, split 1:25; temperatura de inicio 50°C durante 1 minuto, incremento a 20°C/min hasta 160°C, incremento a 1°C/min hasta 198°C, incremento a 5°C/min hasta 230°C, manteniendo durante 15 minutos. La velocidad del gas helio fue de 1mL/min durante 45 minutos, decremento en 1mL/min por min hasta 0.6mL/min durante 10 minutos, incremento a 1mL/min por min hasta 1 mL/min, manteniendo durante 8 minutos. El espectrómetro de masas se utilizó en el modo Scan (30-500); la temperatura de la fuente fue de 230°C y del cuadrupolo a 150°C.

### **5.7. Análisis estadístico**

La ganancia diaria de peso se analizó con un modelo mixto:

$$Y_{ijklm} = \mu + D_i + S_j + (DS)_{ij} + C_{k(ij)} + A_{l(ijk)} + P_m + (DP)_{im} + (SP)_{jm} + (DSP)_{ijm} + E_{ijklm}$$

$Y_{ijklm}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = Constante que caracteriza a la población.

$D_i$  = Efecto fijo de la i-ésima dieta ( $i = 1, 2$ ).

$S_j$  = Efecto fijo del j-ésimo peso de sacrificio ( $j = 1, 2$ ).

$(DS)_{ij}$  = Efecto fijo de la interacción de la i-ésima dieta con el j-ésimo peso de sacrificio.

$C_{k(ij)}$  = Efecto aleatorio del k-ésimo corral anidado en la i-ésima dieta y j-ésimo peso de sacrificio ( $k = 1, 2, 3, 4$ ).  $C_{k(ij)} \sim IIN(0, \sigma_c^2)$ .  $A_{l(ijk)}$  = Efecto aleatorio del l-ésimo cerdo anidado en la i-ésima dieta, j-ésimo peso de sacrificio y k-ésimo corral ( $l = 1, 2$ ).  $A_{l(ijk)} \sim IIN(0, \sigma_a^2)$ .

$P_m$  = Efecto del m-ésimo periodo ( $k = 1, 2, \dots, 7, 8$ ).

$(DP)_{im}$  = Efecto fijo de la interacción de la i-ésima dieta con el m-ésimo periodo.

$(SP)_{jm}$  = Efecto fijo de la interacción del j-ésimo peso sacrificio con el m-ésimo periodo.

$(DSP)_{ijm}$  = Efecto fijo de la interacción de la i-ésima dieta del j-ésimo peso sacrificio y m-ésimo periodo.

$E_{ijklm}$  = Error experimental.  $E_{ijklm} \sim IN(0, \sigma_e^2)$ .

Para el análisis del consumo de alimento por día y la conversión alimenticia se eliminó el efecto aleatorio del cerdo.

Para el análisis de las características del canal y los cortes primarios se utilizó un modelo mixto con los efectos fijos de dieta y peso de sacrificio, su interacción y el efecto aleatorio del corral;

para las características químicas de la carne y la composición de los ácidos grasos se incluyó el efecto fijo del musculo y el efecto aleatorio de cerdo anidado en corral.

Los datos se procesaron con el paquete estadístico SAS (SAS 1999).

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Comportamiento productivo en corral

Para varias características de estudio, en general los efectos principales de dieta y peso de sacrificio fueron significativos ( $p \leq 0.05$ ), pero no su interacción; como tampoco lo fueron los efectos de periodo y sus interacciones con los demás factores.

En el Cuadro 4 se muestran los valores medios de las variables productivas en corral estudiadas por alimento; como puede observarse, los cerdos que se les suministró la dieta MS consumieron más alimento al día (CAD)  $500 \text{ g d}^{-1}$  base seca (BS) y la ganancia diaria de peso aumentó (GDP)  $160 \text{ g d}^{-1}$  ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a la dieta de MA; Peralta *et al.* (2008) mencionan que una dieta con buena palatabilidad y rica en grasa los cerdos la consumen y aprovechan mejor; la agregación de soya a la dieta mejoró sensiblemente estas dos características. Aunque la conversión alimenticia (CA) no presentó diferencia significativa la misma fue de 1.0 kg a favor de MS, lo que podría ser de interés para el productor. Los resultados obtenidos con la dieta MS fueron ligeramente mayores a lo reportado por Lemus *et al.* (2008), con valores en GDP, CAD y CA ( $1.6 \text{ kg d}^{-1}$ ,  $0.217 \text{ g d}^{-1}$  y 7.4), en cerdos criollos con un alimento balanceado formulado con maíz y pasta de soya a libre acceso, más pasto *Quenopodium álbum* (pastoreo), en un clima cálido subhúmedo (Aw) similar a este trabajo; pero, inferiores a lo reportados por este mismo autor, donde los cerdos consumían

solamente un alimento comercial, en un clima semicálido subhúmedo (Acw) ( $1.43 \text{ kg d}^{-1}$ ,  $0.383 \text{ g d}^{-1}$  y  $3.7$ ).

Las respuestas productivas en relación a los dos pesos al sacrificio se muestran en el Cuadro 5. Sacrificar un cerdo de 80 kg de peso vivo su CAD fue de casi  $1 \text{ kg d}^{-1}$  más ( $p \leq 0.01$ ) y la GDP fue  $160 \text{ g d}^{-1}$  ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a los cerdos de 40 kg. Los cerdos sacrificados a 40 kg tienen una CA de 1.2 mayor con respecto a los de 80 kg ( $p \leq 0.05$ ). Becerril *et al.* (2008) en cerdos Pelón Mexicano sacrificados a 83 kg de peso vivo y alimentados con una dieta comercial, estimaron un CAD  $1.77 \text{ kg d}^{-1}$ , GDP  $0.414 \text{ g d}^{-1}$  y CA 4.27, estas últimas dos, relativamente mejores a las obtenidas en este trabajo, pero el CAD similar. Sierra-Vásquez *et al.* (2015) y Ortiz *et al.* (2015), reportaron valores CAD similar a este estudio, pero la GDP y CA fueron mejores en cerdos alimentados con dietas integrales a base de forraje y 35 kg de peso vivo.

Cuadro 4. Características productivas de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya.

| Dieta | Consumo de alimento<br>(BS $\text{kg d}^{-1}$ ) | Ganancia de peso<br>( $\text{kg d}^{-1}$ ) | Conversión alimenticia |
|-------|---|--|------------------------|
| MA    | $1.331 \pm 0.110^{b*}$                          | $0.170 \pm 0.030^{b*}$                     | $6.2 \pm 0.557^a$      |
| MS    | $1.826 \pm 0.122^{a*}$                          | $0.330 \pm 0.032^{a*}$                     | $5.4 \pm 0.634^a$      |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.05$ ). MA = Maíz; MS = Maíz – Soya.  
BS: base seca

Cuadro 5. Características productivas de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio.

| Peso (kg) | Consumo de alimento<br>( $\text{kg d}^{-1}$ ) | Ganancia de peso<br>( $\text{kg d}^{-1}$ ) | Conversión alimenticia |
|-----------|---|--|------------------------|
| 40        | $1.210 \pm 0.117^{b**}$                       | $0.170 \pm 0.030^{b*}$                     | $6.0 \pm 0.610^a$      |
| 80        | $2.000 \pm 0.113^{a**}$                       | $0.330 \pm 0.030^{a*}$                     | $5.2 \pm 0.584^a$      |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes \* ( $p \leq 0.05$ ); \*\* ( $p \leq 0.01$ ).

BS: base seca

## 6.2 Peso de la canal

El peso de la canal y sus componentes no fueron diferentes entre dietas ( $p>0.05$ ) (Cuadro 6); sin embargo, como era de esperarse, los cerdos sacrificados a 80 kg observaron mayores pesos en todas las componentes de la canal (Cuadro 7,  $p\leq 0.01$ ). Ricalde *et al.* (2011) reportaron pesos en la canal de 32 kg en animales sacrificados a 40 kg de peso vivo. Por otra parte, Rodríguez (2010), sacrifico cerdos Pelón Mexicano a los 70 kg de peso vivo y obtuvo pesos en la canal 57 kg.

Cuadro 6. Características de la canal (kg) de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya.

| Dieta | Canal                  | Cabeza                | Carne                  | Grasa                  | Piel                  |
|-------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| MA    | 42 ± 1.13 <sup>a</sup> | 6 ± 0.32 <sup>a</sup> | 25 ± 1.70 <sup>a</sup> | 14 ± 1.03 <sup>a</sup> | 4 ± 0.27 <sup>a</sup> |
| MS    | 41 ± 1.21 <sup>a</sup> | 5 ± 0.34 <sup>a</sup> | 25 ± 1.77 <sup>a</sup> | 13 ± 1.11 <sup>a</sup> | 3 ± 0.30 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p\leq 0.05$ ). MA = Maíz; MS = Maíz – Soya.

Cuadro 7. Características de la canal (kg) de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio.

| Peso (kg) | Canal                  | Cabeza                | Carne                 | Grasa                    | Piel                    |
|-----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 40        | 28 ± 1.13 <sup>b</sup> | 5 ± 0.32 <sup>b</sup> | 18 ± 1.7 <sup>b</sup> | 7.0 ± 1.03 <sup>b</sup>  | 3.0 ± 0.27 <sup>b</sup> |
| 80        | 55 ± 1.21 <sup>a</sup> | 7 ± 0.34 <sup>a</sup> | 31 ± 1.8 <sup>a</sup> | 19.0 ± 1.11 <sup>a</sup> | 4.5 ± 0.30 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p\leq 0.01$ ).

### 6.3 Rendimiento de la canal

Se observaron rendimientos similares de canal en ambas dietas. El rendimiento en canal sin cabeza, riñón y diafragma fue inferior de 70 % en ambas dietas; sin embargo, ascendió a 76 – 80 % al incluir la cabeza, valores observados en cerdos comerciales destinados al basto. Las componentes de carne, grasa y piel de la canal fueron en ambas dietas del orden de 60, 30 y 10 %, respectivamente (Cuadro 8).

Los rendimientos obtenidos son menores a lo reportado por Sierra-Vásquez *et al.* (2015) en cerdos criollos alimentados con *Tithonia diversifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Mucuna pruriens* obteniendo un 77.17 % en rendimiento de canal.

De mayor interés son los rendimientos de la canal y sus componentes para el peso de sacrificio.

Tanto a 40 como a 80 kg de peso al sacrificio el rendimiento en canal sin cabeza, riñón y diafragma fue de 68 %, aunque la cabeza fue 3 % menor para los cerdos sacrificados a mayor peso ( $p \leq 0.01$ ), que muestra que la cabeza aumenta menos su tamaño después de los 40 kg de peso vivo, en comparación de las demás componentes de la canal; de estas, la componente de grasa aumentó casi 10 % para el peso de sacrificio de 80 kg ( $p \leq 0.05$ ), que hizo descender el rendimiento en carne por debajo de 60 % (Cuadro 9). La acumulación de grasa en cerdos criollos, ha sido una de sus características por las que no son preferidos por productores comerciales de carne magra y de carniceros; sin embargo, este producto es útil para la elaboración de platillos típicos y de tradición culinaria de México, como son las carnitas (estilo Michoacán), la cochinita pibil, tradicional en el Sureste y los tamales en todo el país.

Becerril *et al.* (2009) reportó rendimientos de canal menores a los obtenidos en este trabajo (62.7%), en cerdos sacrificados a un peso mayor de los 100 kg. En otro trabajo (Ortiz *et al.*, 2015) evaluaron el rendimiento de la canal en cerdos criollo sacrificados a los 40 kg y obtuvieron como resultados 71.10%; Ricalde *et al.* (2011) reportaron un rendimiento en canal aun mayor (77.8%). Ramos (2008), menciona que el bajo rendimiento de la canal se puede relacionar al escaso desarrollo corporal de los cerdos con una dieta insuficiente en requerimientos nutricionales. Cisneros *et al.* (1996) y Candek-Potokar *et al.* (1998) argumentan que el alto contenido en grasa puede estar correlacionado con el genotipo además de la elevada edad de los animales.



Cuadro 8. Rendimiento de la canal (%) de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya.

| Dieta | Canal <sup>X</sup>      | Cabeza <sup>X</sup>     | Carne <sup>Y</sup>      | Grasa <sup>Y</sup>      | Piel <sup>Y</sup>       |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| MA    | 69.5 ± 1.2 <sup>a</sup> | 10.7 ± 0.6 <sup>a</sup> | 59.6 ± 2.2 <sup>a</sup> | 30.5 ± 2.1 <sup>a</sup> | 10.0 ± 1.0 <sup>a</sup> |
| MS    | 66.8 ± 1.3 <sup>a</sup> | 9.2 ± 0.6 <sup>a</sup>  | 61.7 ± 2.4 <sup>a</sup> | 29.3 ± 2.3 <sup>a</sup> | 8.2 ± 1.0 <sup>a</sup>  |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.05$ ). MA = Maíz; MS = Maíz – Soya.

X: Del peso vivo; Y: Del peso de la canal.

Cuadro 9. Rendimiento de la canal (%) de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio.

| Peso (kg) | Canal <sup>X</sup>    | Cabeza <sup>X</sup>       | Carne <sup>Y</sup>      | Grasa <sup>Y</sup>       | Piel <sup>Y</sup>       |
|-----------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 40        | 68 ± 1.2 <sup>a</sup> | 11.5 ± 0.6 <sup>a**</sup> | 64.2 ± 2.2 <sup>a</sup> | 25.1 ± 2.1 <sup>b*</sup> | 10.1 ± 1.0 <sup>a</sup> |
| 80        | 68 ± 1.3 <sup>a</sup> | 8.5 ± 0.6 <sup>b**</sup>  | 57.1 ± 2.4 <sup>a</sup> | 34.6 ± 2.3 <sup>a*</sup> | 8.0 ± 1.0 <sup>a</sup>  |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes \* ( $p \leq 0.05$ ); \*\* ( $p \leq 0.01$ ).

X: Del peso vivo; Y: Del peso de la canal.

#### 6.4 Peso de los cortes primarios

Tampoco se encontraron diferencias entre dietas para el peso de los cortes primarios ( $p > 0.05$ ), aunque la tendencia favoreció mayor peso en la dieta MS (Cuadro 10). Ricalde *et al.* (2011) reportaron mayor peso en los cortes primarios: pierna, espaldilla, lomo y costillar (5.7, 2.9, 3.8 y 3.9 kg respectivamente) por otra parte Ortiz *et al.* (2015) reportaron pesos mayores en cerdos alimentados con dietas a base de harina de moringa.

También como era de esperarse, los cerdos sacrificados a mayor peso observaron mayores pesos en sus cortes primarios (Cuadro 11,  $p \leq 0.01$ ).

Cuadro 10. Cortes primarios (kg) de la canal de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya.

| Dieta | Jamón <sup>X</sup>      | Paleta <sup>X</sup>     | Lomo <sup>X</sup>       | Costilla <sup>X</sup>   | Solomillo <sup>X</sup>    |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| MA    | 3.2 ± 0.27 <sup>a</sup> | 2.5 ± 0.21 <sup>a</sup> | 1.0 ± 0.08 <sup>a</sup> | 2.5 ± 0.16 <sup>a</sup> | 0.129 ± 0.12 <sup>a</sup> |
| MS    | 3.6 ± 0.30 <sup>a</sup> | 3.0 ± 0.22 <sup>a</sup> | 1.0 ± 0.08 <sup>a</sup> | 2.6 ± 0.17 <sup>a</sup> | 0.157 ± 0.13 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.05$ ). MA = Maíz; MS = Maíz – Soya.

X: ½ canal derecha.

Cuadro 11. Cortes primarios (kg) de la canal de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio.

| Peso (kg) | Jamón <sup>X</sup>      | Paleta <sup>X</sup>     | Lomo <sup>X</sup>         | Costilla <sup>X</sup>   | Solomillo <sup>X</sup>    |
|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 40        | 2.5 ± 0.27 <sup>b</sup> | 1.8 ± 0.21 <sup>b</sup> | 0.700 ± 0.08 <sup>b</sup> | 1.6 ± 0.15 <sup>b</sup> | 0.102 ± 0.12 <sup>b</sup> |
| 80        | 4.3 ± 0.30 <sup>a</sup> | 3.6 ± 0.22 <sup>a</sup> | 1.190 ± 0.90 <sup>a</sup> | 3.5 ± 0.17 <sup>a</sup> | 0.184 ± 0.13 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.01$ ).

X: ½ canal derecha

### 6.5 Rendimiento de los cortes primarios

Excepto para el solomillo, no se observaron diferencias entre dietas para los rendimientos en cortes primarios, aunque con tendencia a mayores porcentajes en la dieta MS (Cuadro 12). Sierra-Vásquez *et al.* (2015) reportaron rendimientos inferiores en cerdos criollos alimentados con dietas no convencionales. Sacrificar cerdos LT a peso vivo de 40 kg el rendimiento del jamón fue 2.7 % superior en comparación a los cerdos de peso a sacrificio de 80 kg ( $p \leq 0.05$ ). pero, no en la paleta, lomo, costilla y solomillo donde los rendimientos fueron similares (Cuadro 13). Rendimientos parecidos reportaron Ricalde *et al.* (2011); en pierna, espaldilla, y costillar (17.6, 8.8, 12.4 %), solamente el lomo tuvo un rendimiento mayor (11.6%) a lo obtenido en este trabajo.

Cuadro 12. Rendimiento de cortes primarios (%) de la canal de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya.

| Dieta | Jamón <sup>X</sup>       | Paleta <sup>X</sup>      | Lomo <sup>X</sup>       | Costilla <sup>X</sup>    | Solomillo <sup>X</sup>   |
|-------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| MA    | 15.4 ± 0.80 <sup>a</sup> | 12.0 ± 0.96 <sup>a</sup> | 4.3 ± 0.34 <sup>a</sup> | 12.0 ± 0.58 <sup>a</sup> | 0.59 ± 0.04 <sup>b</sup> |
| MS    | 18.2 ± 0.85 <sup>a</sup> | 14.3 ± 1.00 <sup>a</sup> | 4.9 ± 0.37 <sup>a</sup> | 12.6 ± 0.62 <sup>a</sup> | 0.80 ± 0.05 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.05$ ). MA = Maíz; MS = Maíz – Soya.

X: ½ media canal derecha

Cuadro 13. Rendimiento de cortes primarios (%) de la canal de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio.

| Peso (kg) | Jamón <sup>X</sup>       | Paleta <sup>X</sup>      | Lomo <sup>X</sup>       | Costilla <sup>X</sup>    | Solomillo <sup>X</sup>   |
|-----------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 40        | 18.1 ± 0.79 <sup>a</sup> | 13.0 ± 0.96 <sup>a</sup> | 4.9 ± 0.34 <sup>a</sup> | 11.7 ± 0.58 <sup>a</sup> | 0.72 ± 0.04 <sup>a</sup> |
| 80        | 15.4 ± 0.85 <sup>b</sup> | 13.3 ± 1.00 <sup>a</sup> | 4.3 ± 0.37 <sup>a</sup> | 12.8 ± 0.62 <sup>a</sup> | 0.67 ± 0.05 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

X: ½ canal derecha.

## 6.6 Análisis químico proximal en la carne

No se encontraron diferencias ( $p > 0.05$ ) entre dietas para ninguna componente del análisis bromatológico de los tres músculos estudiados (Cuadro 14). Méndez *et al.* (2002) reportaron porcentajes de extracto etéreo en el cerdo Pelón Mexicano de 6.51 %, concentraciones menores a lo reportado en este trabajo, pero Mayoral *et al.* (1999) obtuvieron concentraciones similares en cerdo Ibérico (7%). Los porcentajes de extracto etéreo obtenidos indican la habilidad del cerdo LT para infiltrar grasa en el músculo, al igual que su ancestro el cerdo Ibérico y otros cerdos con un origen común. Sacrificar el cerdo LT de 80 kg de peso vivo aumento 3% el contenido de extracto etéreo (Cuadro 15,  $p \leq 0.01$ ); Cisneros *et al.* (1996) mencionan que, a mayor peso en cerdos criollos el contenido de extracto etéreo también aumenta. En las variables humedad, materia seca, proteína y cenizas no se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los dos pesos al sacrificio.

El análisis químico proximal para cada músculo estudiado se muestra en el Cuadro 16, el Solomillo (Sl) presento 2% más contenido de humedad en comparación al *Semimenbranosus* (Sm) y 1% más que el músculo *Longissimus dorsi* (Ld) ( $p \leq 0.01$ ), con resultados opuestos en MS. En el contenido de proteína el Sl si tuvo mayor contenido de proteína, aunque en los tres músculos con porcentajes

cercanos a 20% ( $p \leq 0.05$ ). El extracto etéreo y cenizas no presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre músculos.

Cuadro 14. Análisis químico proximal (% BS) en carne\* de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya.

| Dieta | Humedad                 | Materia seca            | Extracto etéreo        | Proteína                | Cenizas               |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| MA    | 70.1 ± 1.2 <sup>a</sup> | 29.8 ± 1.2 <sup>a</sup> | 7.7 ± 0.2 <sup>a</sup> | 20.6 ± 0.4 <sup>a</sup> | 1 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| MS    | 70.5 ± 1.4 <sup>a</sup> | 29.4 ± 1.4 <sup>a</sup> | 7.3 ± 0.2 <sup>a</sup> | 20.0 ± 0.5 <sup>a</sup> | 1 ± 0.01 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.05$ ). MA = Maíz; MS = Maíz – Soya.

\*Longissimus dorsi, Semimenbranosus y solomillo.

BS: Base seca

Cuadro 15. Análisis químico proximal (% BS) en carne\* de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio.

| Peso (kg) | Humedad                 | Materia seca            | Extracto etéreo        | Proteína                | Cenizas               |
|-----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 40        | 70.5 ± 1.2 <sup>a</sup> | 29.4 ± 1.2 <sup>a</sup> | 6.1 ± 0.2 <sup>b</sup> | 20.5 ± 0.4 <sup>a</sup> | 1 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| 80        | 70.1 ± 1.4 <sup>a</sup> | 29.8 ± 1.4 <sup>a</sup> | 9.0 ± 0.2 <sup>a</sup> | 20.1 ± 0.5 <sup>a</sup> | 1 ± 0.01 <sup>a</sup> |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.01$ ).

\*Longissimus dorsi, Semimenbranosus y solomillo.

BS: Base seca

Cuadro 16. Análisis químico proximal (% materia seca) en tres músculos diferentes de cerdo criollo Lampiño Tropical.

| Musculo           | Humedad                   | Materia seca            | Extracto etéreo        | Proteína                 | Cenizas                 |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Longissimus dorsi | 70.8 ± 1.0 <sup>b**</sup> | 29.1 ± 1 <sup>b**</sup> | 7.2 ± 0.3 <sup>a</sup> | 20.1 ± 0.3 <sup>b*</sup> | 1.0 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| Solomillo         | 71.5 ± 1.5 <sup>a**</sup> | 28.4 ± 1 <sup>c**</sup> | 7.6 ± 0.3 <sup>a</sup> | 20.6 ± 0.3 <sup>a*</sup> | 0.9 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| Semimenbranosus   | 68.6 ± 1.0 <sup>c**</sup> | 31.3 ± 1 <sup>a**</sup> | 7.9 ± 0.3 <sup>a</sup> | 20.2 ± 0.3 <sup>b*</sup> | 1.0 ± 0.01 <sup>a</sup> |

<sup>a, b, c</sup>: Literales distintas por columna son diferentes \* ( $p \leq 0.05$ ); \*\* ( $p \leq 0.01$ ).

BS: Base seca

## 6.7 Análisis físico-químico de la carne

Para pH no se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre dietas ni entre pesos al sacrificio. Lien *et al.*, (2002) mencionan que la carne de cerdo presenta pH entre 5.4-5.8.

La luminosidad ( $L^*$ ) y la intensidad del rojo ( $a^*$ ) de la carne fueron mayores en cerdos bajo MS ( $p \leq 0.01$ ); cerdos alimentados con dietas conteniendo soya tuvieron mejor nutrición, mayor marmoleo y mayor contenido de mioglobina (Pérez-Álvarez *et al.*, 1998). La intensidad del color amarillo ( $b^*$ ) no presento diferencias entre dietas ( $p \leq 0.05$ ) (Cuadro 17), como tampoco la capacidad de retención de agua (CRA); la carne de los cerdos que consumieron la dieta MS tuvieron un mayor esfuerzo de corte ( $p \leq 0.01$ ), lo cual representa una carne con mayor dureza. En carne de cerdo criollo, se han encontrado valores 40 a 80 N (Hamilton *et al.*, 2003; Lloveras *et al.*, 2008), que se relaciona a la edad de sacrificio, físico y tipo de alimentación (Tikk *et al.*, 2007). En el Cuadro 18 se observa los valores medios del análisis físico-químico de la carne con respecto al peso a sacrificio; la CRA de los cerdos LT sacrificados a 80 kg de peso vivo fue menor ( $p \leq 0.05$ ). El color y la textura fueron similares ( $p > 0.05$ ). La medición del pH entre los músculos Ld, Sm y Sl se observan diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.01$ ). El pH más bajo ocurrió en el músculo Ld, probablemente debido a la localización anatómica del músculo, el tiempo post mortem en el cual el músculo fue removido y el tamaño de muestra obtenido (Kuo y Chu, 2003).

En las coordenadas del color, la luminosidad ( $L^*$ ) se presentó con mayor intensidad en el musculo Ld, seguido por el musculo Sm y con la menor luminosidad el Sl; el valor de  $L^*$  está influido por el pH, la capacidad de retención de agua y la humedad. El alto nivel de  $L^*$  en este trabajo en el músculo Ld podría ser por su mayor contenido de marmoleo y menor contenido en mioglobina (Andrés *et al.*, 2000). La carne presento un rojo ( $a^*$ ) en orden descendente en Sl, Sm y Ld la localización y función de los músculos influyen en  $a^*$ , si estos desarrollan una actividad física tienen mayor contenido de fibras musculares y estas fibras se caracteriza por su elevada concentración de mioglobina (Pérez-Álvarez *et al.*, 1998).

La intensidad del color amarillo ( $b^*$ ) no tuvo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre músculos. Muriel *et al.* (2002) reportaron valores similares  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (47.2, 12.6 y 7.4) en carne de cerdos Ibéricos. La CRA no tuvo diferencias estadísticas significativas entre los músculos S1 y Ld, pero si lo fue con el musculo Sm (Cuadro 19).

Cuadro 17. Análisis físico-químico en carne\* de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas a base de maíz y maíz-soya.

| Dieta | pH               | Color            |                  |                  | Capacidad retención agua (%) | Textura (N)      |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------|
|       |                  | $L^*$            | $a^*$            | $b^*$            |                              |                  |
| MA    | $5.5 \pm 0.04^a$ | $50.2 \pm 0.8^b$ | $11.9 \pm 0.3^b$ | $11.7 \pm 0.4^a$ | $58.1 \pm 0.8^a$             | $12.4 \pm 0.9^b$ |
| MS    | $5.6 \pm 0.05^a$ | $55.0 \pm 1.0^a$ | $13.9 \pm 0.4^a$ | $10.6 \pm 0.5^a$ | $58.8 \pm 1.0^a$             | $18.2 \pm 1.1^a$ |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.01$ ). MA = Maíz; MS = Maíz – Soya.

\**Longissimus dorsi*, *Semimenbranosus* y solomillo.

Cuadro 18. Análisis físico-químico en carne\* de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio.

| Peso (kg) | pH               | Color            |                  |                  | Capacidad retención agua (%) | Textura (N)      |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------|
|           |                  | $L^*$            | $a^*$            | $b^*$            |                              |                  |
| 40        | $5.5 \pm 0.04^a$ | $52.9 \pm 0.8^a$ | $12.9 \pm 0.3^a$ | $10.8 \pm 0.4^a$ | $59.8 \pm 0.8^a$             | $15.3 \pm 0.9^a$ |
| 80        | $5.6 \pm 0.05^a$ | $52.2 \pm 1.0^a$ | $12.9 \pm 0.4^a$ | $11.5 \pm 0.5^a$ | $57.0 \pm 1.0^b$             | $15.3 \pm 1.1^a$ |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

\**Longissimus dorsi*, *Semimenbranosus* y solomillo.

Cuadro 19. Análisis físico-químico en tres músculos diferentes de cerdos criollos Lampiño Tropical.

| Musculo           | pH               | Color          |                  |                  | Capacidad retención agua (%) |
|-------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|
|                   |                  | $L^*$          | $a^*$            | $b^*$            |                              |
| Longissimus dorsi | $5.5 \pm 0.03^c$ | $57.0 \pm 1^a$ | $15.1 \pm 0.5^a$ | $11.8 \pm 0.4^a$ | $57.3 \pm 0.8^b$             |
| Solomillo         | $5.7 \pm 0.03^a$ | $48.7 \pm 1^c$ | $11.0 \pm 0.5^c$ | $11.2 \pm 0.4^a$ | $57.7 \pm 0.8^b$             |
| Semimenbranosus   | $5.6 \pm 0.03^b$ | $51.1 \pm 1^b$ | $12.6 \pm 0.5^b$ | $10.5 \pm 0.4^a$ | $60.3 \pm 0.8^a$             |

<sup>a, b, c</sup>: Literales distintas por columna son diferentes ( $p \leq 0.01$ ).

## 6.8 Perfil de ácidos grasos

Se identificaron 18 ácidos grasos (AG) de los cuales 13 presentaron concentraciones menores de 4 g/100g. Los AG con mayor concentración en el tejido graso fueron: palmítico (AP), esteárico (AE), oleico (AO) y linoleico (AL). La concentración de AO fue mayor y de AP fue menor en el tejido graso de los cerdos alimentados con la dieta MA ( $p \leq 0.01$ ) ( $p \leq 0.05$ ); agregar pasta de soya en la dieta aumento la concentración de AP en la grasa intramuscular; la concentración de AG en la dieta influye en la cantidad y calidad de la grasa en los cerdos ibéricos (Soto *et al.*, 2008). Tanto AE como AL observaron concentraciones similares en ambas dietas ( $p > 0.05$ ) (Cuadro 20). Quintanilla y Redondo (2013) reportaron concentraciones de AO similares a las de este estudio y diferentes de AP (13.5 g/100g), AE (1.5 g/100g) y AL (25 g/100g). Se calculó la concentración y proporción presentes de ácidos grasos saturados (AGSat, 60%), monoinsaturados (AGMns, 7%) y polinsaturados (AGPIs, 32%), la dieta no tuvo efecto en la concentración ( $p \leq 0.05$ ) (Cuadro 20). Pugliese *et al.*, (2004) mencionan que los cerdos en pastoreo presentan mayor concentración de AGMns y AGPIs, y menor de AGSat que los engordados en corral, los cerdos criados al aire libre ingieren diversos tipos hierbas y forrajes los cuales elevan los niveles de AGMns y AGPIs. Sin embargo, en este estudio de cerdos a corral, también se observaron tendencias similares en las concentraciones de ácidos grasos. Delgado *et al.*, (2002) obtuvieron concentraciones % de AGMns ( $48.0 \pm 0.3$ ), AGSat ( $37.5 \pm 0.3$ ) y AGPIs ( $9.6 \pm 0.3$ ) en la grasa del cerdo Pelón Mexicano en pesos 100 kg de peso.

Cuadro 20. Concentración de ácidos grasos (g/100g grasa) intramuscular\* de la carne de cerdos criollos Lampiño Tropical alimentados con dietas de maíz (MA) y maíz-soya (MS).

| Ácido graso | Numero lipídico | MA                    | MS                    |
|-------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Caprilico   | C8:0            | $0.02^a \pm 0.002$    | $0.02^a \pm 0.003$    |
| Caprico     | C10:0           | $0.10^a \pm 0.008$    | $0.10^a \pm 0.009$    |
| Laurico     | C12:0           | $0.06^{a*} \pm 0.003$ | $0.08^{b*} \pm 0.004$ |

|                |       |                              |                              |
|----------------|-------|------------------------------|------------------------------|
| Mirístico      | C14:0 | 1.12 <sup>a*</sup> ± 0.028   | 1.24 <sup>b*</sup> ± 0.034   |
| Miristoleico   | C14:1 | 0.02 <sup>a**</sup> ± 0.001  | 0.03 <sup>b**</sup> ± 0.001  |
| Pentadecanoico | C15:0 | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002    | 0.03 <sup>a</sup> ± 0.002    |
| Palmitico      | C16:0 | 20.72 <sup>a*</sup> ± 0.337  | 21.80 <sup>b*</sup> ± 0.399  |
| Palmitoleico   | C16:1 | 4.34 <sup>a</sup> ± 0.323    | 4.58 <sup>a</sup> ± 0.382    |
| Margárico      | C17:0 | 0.13 <sup>a**</sup> ± 0.007  | 0.18 <sup>b**</sup> ± 0.008  |
| Heptadecenoico | C17:1 | 0.16 <sup>a**</sup> ± 0.014  | 0.24 <sup>b**</sup> ± 0.017  |
| Estearico      | C18:0 | 9.70 <sup>a</sup> ± 0.425    | 9.98 <sup>a</sup> ± 0.503    |
| Oleico         | C18:1 | 55.50 <sup>a**</sup> ± 0.412 | 53.52 <sup>b**</sup> ± 0.487 |
| Linoleico      | C18:2 | 5.95 <sup>a</sup> ± 0.663    | 6.06 <sup>a</sup> ± 0.785    |
| Araquídico     | C20:0 | 0.17 <sup>a</sup> ± 0.008    | 0.18 <sup>a</sup> ± 0.010    |
| α-linolenico   | C18:3 | 0.18 <sup>a</sup> ± 0.013    | 0.20 <sup>a</sup> ± 0.016    |
| Eicosenoico    | C20:1 | 1.04 <sup>a</sup> ± 0.057    | 1.06 <sup>a</sup> ± 0.067    |
| Eicosadienoico | C20:2 | 0.28 <sup>a</sup> ± 0.032    | 0.28 <sup>a</sup> ± 0.038    |
| Araquidónico   | C20:4 | 0.50 <sup>a</sup> ± 0.067    | 0.43 <sup>a</sup> ± 0.079    |
| AGSat          |       | 32.02 <sup>a</sup> ± 0.650   | 33.60 <sup>a</sup> ± 0.760   |
| AGMIns         |       | 61.06 <sup>a</sup> ± 0.536   | 59.44 <sup>a</sup> ± 0.634   |
| AGPIIns        |       | 7.00 <sup>a</sup> ± 0.750    | 7.00 <sup>a</sup> ± 0.890    |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por hileras son diferentes \*(p<0.05); \*\*(p<0.01).

\**Longissimus dorsi* y *Semimenbranosus* (g/100 g total de ácidos grasos)

AGSat: ácidos grasos saturados; AGMIns: ácidos grasos monoinsaturados; AGPIIns: ácidos grasos polinsaturados.

En el Cuadro 21 se muestran los valores medios de la concentración de AG en la carne con respecto al peso de sacrificio; el AP, AE y AO no presentaron diferencias (p>0.05). El AL se presentó en mayor porcentaje en la carne de los cerdos sacrificados a 40 kg (p<0.01); cerdos sacrificados a pesos más pequeños pueden presentar carne más magra, (Núñez *et al.*, 1991; Oliver 1994). El peso al sacrificio no influyó en el contenido de AGSat, aunque los cerdos LT sacrificados a 40 kg de peso vivo tuvieron mayor contenido de AGPIIns, pero menor de AGMIns (p<0.05). En el cerdo ibérico a menor peso de la canal se observó un mayor contenido de AGPIIns y menor de tejido graso y contenido de AGSat (Bañon *et al.*, 2000). En el cerdo criollo el contenido de AGMIns se relaciona con el peso y edad de sacrificio, tejido graso y marmoleo de la carne (Ramos 2008).



Cuadro 21. Concentración de ácidos grasos (g/100g grasa) intramuscular\* de la carne de cerdos criollos Lampiño Tropical a dos pesos al sacrificio (kg).

| Ácido graso    | Numero lipídico | 40                          | 80                          |
|----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Caprilico      | C8:0            | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002   | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.003   |
| Caprico        | C10:0           | 0.10 <sup>a</sup> ± 0.008   | 0.10 <sup>a</sup> ± 0.009   |
| Laurico        | C12:0           | 0.06 <sup>a</sup> ± 0.003   | 0.06 <sup>a</sup> ± 0.004   |
| Mirístico      | C14:0           | 1.15 <sup>a</sup> ± 0.028   | 1.20 <sup>a</sup> ± 0.034   |
| Miristoleico   | C14:1           | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.001   | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.001   |
| Pentadecanoico | C15:0           | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002   | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002   |
| Palmítico      | C16:0           | 21.10 <sup>a</sup> ± 0.337  | 21.39 <sup>a</sup> ± 0.399  |
| Palmitoleico   | C16:1           | 4.00 <sup>a</sup> ± 0.322   | 4.92 <sup>a</sup> ± 0.382   |
| Margárico      | C17:0           | 0.17 <sup>a**</sup> ± 0.007 | 0.13 <sup>b**</sup> ± 0.008 |
| Heptadecenoico | C17:1           | 0.20 <sup>a</sup> ± 0.014   | 0.20 <sup>a</sup> ± 0.017   |
| Estearico      | C18:0           | 9.55 <sup>a</sup> ± 0.425   | 10.11 <sup>a</sup> ± 0.503  |
| Oleico         | C18:1           | 53.91 <sup>a</sup> ± 0.412  | 55.10 <sup>a</sup> ± 0.487  |
| Linoleico      | C18:2           | 7.37 <sup>a**</sup> ± 0.663 | 4.63 <sup>b**</sup> ± 0.785 |
| Araquídico     | C20:0           | 0.15 <sup>a**</sup> ± 0.008 | 0.20 <sup>b**</sup> ± 0.010 |
| α-linolenico   | C18:3           | 0.21 <sup>a*</sup> ± 0.013  | 0.16 <sup>b*</sup> ± 0.016  |
| Eicosenoico    | C20:1           | 1.01 <sup>a</sup> ± 0.057   | 1.09 <sup>a</sup> ± 0.067   |
| Eicosadienoico | C20:2           | 0.33 <sup>a*</sup> ± 0.032  | 0.21 <sup>b*</sup> ± 0.038  |
| Araquidonico   | C20:4           | 0.55 <sup>a</sup> ± 0.067   | 0.37 <sup>a</sup> ± 0.079   |
| AGSat          |                 | 32.35 <sup>a</sup> ± 0.650  | 33.26 <sup>a</sup> ± 0.767  |
| AGMIIns        |                 | 59.16 <sup>b*</sup> ± 0.540 | 61.34 <sup>a*</sup> ± 0.634 |
| AGPIIns        |                 | 8.50 <sup>a*</sup> ± 0.750  | 5.40 <sup>b*</sup> ± 0.886  |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por hileras son diferentes \*(p≤0.05); \*\*(p≤0.01).

\**Longissimus dorsi* y *Semimenbranosus* (g/100 g total de ácidos grasos)

AGS: ácidos grasos saturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos grasos polinsaturados.

La presencia de AP, AO y AL; así como, de AGSat y AGPIIns fueron similares en los músculos Ld y Sm (p>0.05), aunque para AE y AGMIIns fue mayor en el primero (p≤0.05) (Cuadro 22). Las diferencias metabólicas entre músculos, su localización anatómica; así como su función podrían ser las causales de estas diferencias (Muriel *et al.*, 2002; Sierra-Vásquez, 2015), músculos con mayor movimiento estimulan la presencia de fibras y menor infiltración de grasa muscular; en el lomo se depositan grandes cantidades de grasa subcutánea, una vez saturada la parte subcutánea esta empieza a infiltrarse en la carne (Ramírez y Cava, 2008) y esto depende en gran medida del contenido de grasa en la dieta (Pugliese *et al.*, 2004).

Cuadro 22. Concentración de ácidos grasos (g/100g grasa) intramuscular en dos músculos de cerdos criollos Lampiño Tropical.

| Ácido graso    | Numero lipídico | Longgisimus dorsi           | Semimenbranosus             |
|----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Caprilico      | C8:0            | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002   | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002   |
| Caprico        | C10:0           | 0.10 <sup>a</sup> ± 0.007   | 0.10 <sup>a</sup> ± 0.007   |
| Laurico        | C12:0           | 0.06 <sup>a</sup> ± 0.003   | 0.06 <sup>a</sup> ± 0.003   |
| Mirístico      | C14:0           | 1.20 <sup>a</sup> ± 0.031   | 1.15 <sup>a</sup> ± 0.031   |
| Miristoleico   | C14:1           | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.001   | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.001   |
| Pentadecanoico | C15:0           | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002   | 0.02 <sup>a</sup> ± 0.002   |
| Palmítico      | C16:0           | 21.54 <sup>a</sup> ± 0.365  | 20.95 <sup>a</sup> ± 0.365  |
| Palmitoleico   | C16:1           | 4.10 <sup>a</sup> ± 0.335   | 4.82 <sup>a</sup> ± 0.335   |
| Margárico      | C17:0           | 0.15 <sup>a</sup> ± 0.008   | 0.15 <sup>a</sup> ± 0.008   |
| Heptadecenoico | C17:1           | 0.20 <sup>a</sup> ± 0.015   | 0.20 <sup>a</sup> ± 0.015   |
| Esteárico      | C18:0           | 10.24 <sup>a</sup> ± 0.372  | 9.42 <sup>b</sup> ± 0.372   |
| Oleico         | C18:1           | 54.31 <sup>a</sup> ± 0.431  | 54.71 <sup>a</sup> ± 0.431  |
| Linoleico      | C18:2           | 5.86 <sup>a</sup> ± 0.574   | 6.14 <sup>a</sup> ± 0.574   |
| Araquídico     | C20:0           | 0.18 <sup>a</sup> ± 0.009   | 0.16 <sup>a</sup> ± 0.009   |
| α-linolenico   | C18:3           | 0.17 <sup>a</sup> ± 0.014   | 0.21 <sup>a</sup> ± 0.014   |
| Eicosenoico    | C20:1           | 1.04 <sup>a</sup> ± 0.046   | 1.05 <sup>a</sup> ± 0.046   |
| Eicosadienoico | C20:2           | 0.26 <sup>a</sup> ± 0.027   | 0.28 <sup>a</sup> ± 0.027   |
| Araquidonico   | C20:4           | 0.44 <sup>a</sup> ± 0.066   | 0.48 <sup>a</sup> ± 0.066   |
| AGSat          |                 | 33.55 <sup>a</sup> ± 0.655  | 32.06 <sup>a</sup> ± 0.655  |
| AGMIns         |                 | 61.70 <sup>b*</sup> ± 0.490 | 59.00 <sup>a*</sup> ± 0.490 |
| AGPIIns        |                 | 6.75 <sup>a</sup> ± 0.654   | 7.12 <sup>a</sup> ± 0.654   |

<sup>a, b</sup>: Literales distintas por hileras son diferentes (p≤0.05).

AGSat: ácidos grasos saturados; AGMIns: ácidos grasos monoinsaturados; AGPIIns: ácidos grasos polinsaturados.

## VII. CONCLUSIONES

La alimentación con mayor contenido proteico en el cerdo criollo Lampiño Tropical duplicó la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento y redujo la conversión alimenticia. Los cerdos criollos LT sacrificados a 80 kg de peso vivo produjeron casi el doble de grasa con respecto a los sacrificados a 40 kg. Ni la diferencia de dieta ni del peso de sacrificio afectaron el rendimiento de los cortes primarios. ni la composición química de la carne; sin embargo, fue diferente entre músculos. Por otro lado, no se encontraron diferencias entre pH, capacidad

retención de agua y textura entre dietas y pesos al sacrificio, pero sí lo fue en el color, principalmente en luminosidad, que sugiere un color más blanco de la carne. No se observaron diferencias en el porcentaje de ácidos grasos entre dietas, pero si lo fue entre pesos al sacrificio y músculos. Se observó alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, y bajo de saturados en la grasa intramuscular del cerdo LT.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Continuar con los estudios de alimentación del cerdo criollo LT con ingredientes disponibles en la región. Iniciar un programa de conservación y mejora genética. Conocer y difundir la cría y explotación del cerdo lampiño Tropical y realizar estudios de mercado y aumento de su consumo de carne, manteca y demás derivados en las preferencias del consumidor.

## **IX. LITERATURA CITADA**

- Aaslyng M. D., Oksama M., Olsen E. V., Bejerholm C., Baltzer M., Andersen G., Bredie W. L. P., Byrne, Gabrielsen D. V. G. 2007. The impact of sensory quality of pork on consumer preference. *Meat Science* 76: 61-73.
- Adzitey F. 2011. Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. *International Food Research Journal* 18:485-491.
- Ali Md. S., Yang H. S., Jeong J. Y., Moon S. H., Hwang Y. H., Park G. B., Joo S. T. 2008. Effects of chilling temperature of carcass on breast meat quality of duck. *Poultry Science* 87:1860-1867.
- Alonso M., Lemus C., Ramírez N. R., Alonso M. R. 2003. Rendimiento reproductivo en cerdos nativos mexicanos. *Revista Archivos de Zootecnia* 52: 109-112.

- Andrés A. I., Ruiz J., Mayoral A. I., Tejeda J. F., Cava R. 2000. Influence of rearing conditions and crossbreeding on muscle colour in Iberian pigs. *Food Science and Technology International* 6(4): 315-321.
- AMSA. 1995. American meat science association. Research guidelines for cooker, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. National Livestock and Meat Board Chicago, III
- A.O.A.C. 1990. Oficial methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15<sup>th</sup> Ed.) Arlington, U.S.A.
- Bañón S., Granados M. V., Cayuela J. M., Gil M. D., Costa E., Garrido M. D. 2000. Calidad de la grasa obtenida a partir de cerdos magros. *An. Vet. (Muecia)*. 16: 77-88.
- Becerril, M., Lemus, C. y Rodríguez, J.G. 2008. Características de la canal y carne del cerdo criollo. In: *El Cerdo Pelón Mexicano y otros Cerdos Criollos* (C. Lemus y M.L. Alonso Spilsbury, editores). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, p 152-176.
- Becerril M., Lemus C., Herrera J. G., Huerta M., Alonso-Spilsbury M., Ramírez R., Mota D. and Ly J. 2009. Studies on growth of Pelón Mexicano pigs: effect of rearing conditions on performance traits. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8:202-212.
- Bertalanffy V. L. 1993. Teoría general de los Sistemas. Fondo de Cultura Económica.
- Bradley R. 2003. Moisture and total solids analysis. En: Nielsen S editor. *Food analysis*. 3a ed. New York, USA: Kluwer Academic.
- Candek-Potokar M., Zlender B., Lefaucheur L., Bonneau M. 1998. Effects of age and or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Science*, 48: 287-300.
- Cisneros F., Ellis M., Mckeith F., Mccaw J., Fernando R. 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. *Journal of Animal Science*, 74:925–933.

- Chacón A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana* 15(2):225-243.
- Cho S. H., Kim J., Park B. Y., Seong P. N., Kang G. H., Kim J. H., Jung S. G., Im S. K., Kim D .H. 2010. Assessment of meat quality properties and development of a palatability prediction model for Korean Hanwoo steer beef. *Meat Science* 86:236-242.
- David F., Sandra P., Wylie P. 2002. Improving the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters Using Retention Time Locked Methods and Retention Time Databases. Agilent Technologies. 11 p.
- De Smet S., Raes K., and Demeyer D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: A review. *Animal Research* 53, 81-98.
- Delgado G. I., Gómez C. S., Rubio M., Iturbe F., Méndez M. D. 2002. Evolution in the shoulder composition of hairless Mexican pigs throughout the curing and drying processes. *Meat Science*. 61: 341-346.
- Du M., Yin J., and Zhu M. J. 2010. Cellular signaling pathways regulating the initial stage of adipogenesis and marbling of skeletal muscle. *Meat Science* 86:103-109.
- Du M. and Dodson M. V. 2011. Advanced techniques to enhance marbling in meat. In *Control of meat quality*, Chapter 5, Publisher. Research Signpost, pp. 105-115.
- García E. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Publicada por la Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad (CONABIO). México. 90 pp
- Grau R. y R. Ham 1953. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. *Naturwissenschaften*. 40:29
- Grunert K. G., Bredahl L., Brunso K. 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector—a review. *Meat Science* 66:259–272.

- Hamilton D. N., Ellis M., Wolter B. F., Mckeith F. K., Wilson E. R. 2003. Carcass and meat quality characteristics of the progeny of two swine sire lines reared under differing environmental conditions. *Meat Science*, 63: 257-263.
- Hersscher E. 2011. *Pensamiento sistémico: Caminar el cambio o cambiar el camino*. Ediciones Granica S. A. Buenos Aires. 181p.
- Herrscher, E. G., y R. L. Ackoff. 2003. *Pensamiento sistémico: Caminar el cambio o cambiar el camino*. Ediciones Granica S.A. (1):36.
- Huff-Lonergan E. J. and Lonergan S. M. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of post-mortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71:94-204.
- Jeong J. Y., Hur S. J., Yang H. S., Moon S. H., Hwang Y. H., Park G. B, Joo S. T. 2009. Discoloration characteristics of 3 major muscles from cattle during cold storage. *Journal of Food Science* 74:1-5.
- Joo S. T., Kim G. D., Hwang Y. H. Ryu Y. C. 2013. *Meat Science* 95(4):828-836.
- Kim G. D., Jeong J. Y., Jung E. Y., Yang H. S., Lim H. T., Joo S. T. 2013. The influence of fiber size distribution of type IIB on carcass traits and meat quality in pigs. *Meat Science* 94:267-273.
- Kuo C. y Chu C. 2003. Quality characteristics of Chinese sausages made from PSE pork. *Meat Science* 64: 441-449.
- Lefaucheur L. 2010. A second look into fibre typing–relation to meat quality. *Meat Science* 84:257–70.
- Lemus C. y Alonso, M. L. 2005. *El cerdo Pelón Mexicano y otros cerdos criollos 1ª Edición*. Editorial Universitaria. Universidad Autónoma de Nayarit. México. 251p.
- Lemus C., Alonso M. R., Alonso Spilsbury M. L. y Ramírez N. R. 2003. Morphologic characteristics in Mexican native pigs. *Archivo de Zootecnia* 52:105-108.
- Lemus C. 2008. Diversidad genética del cerdo criollo mexicano. *Rev. Comp Prod. Por.* 15: 33-40.

- Lemus C., Hernández Ballesteros J. A., Navarrete R., Rodríguez J.G., de la Barrera J. y Ly J. (2008). Algunos estudios de manejo de cerdos pelon mexicano durante el crecimiento. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 15: 158-162.
- Lien R., Hunt M., Anderson S., Kropf H., Loughin T. M., Dikeman M. E., Velazco J. 2002. Effects of endpoint temperature on the internal color of pork loin chops of different quality *Journal of Food Science* 67: 1007-1010.
- Linares V., Linares L., Mendoza G. 2011. Caracterización etnozootécnica y potencial carnicero de *Sus scrofa* “cerdo criollo” en Latinoamérica. *Scientia Agropecuaria* 2:99-101.
- Listrat A., Leuret B., Louveau I., Astruc T., Bonnet M., Lefaucheur L., Picard B., and Bugeon J. 2016. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *The Scientific World Journal* Article ID 3182746, 14p.
- Lloveras M. R., Goenaga P. R., Irurueta M., Carduza F., Grigioni G. 2008. Meat quality traits of commercial hybrid pigs in Argentina. *Meat Science*, 79: 458-462.
- López-Bote C., Carmona J. M., Soares M. 2001. Transformación del músculo en carne. En: Bejarano M. S. (Coord,) *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos*. Ediciones Martín & Macías. España, p. 539-568.
- López G. J. C. y Pérez O. I. 2015. Acercamiento a la evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas: el caso de salinas de Guaranda. *Revista Científica Ecociencia* 2(4):1-19.
- Lorenzo J. M. 2014. Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacture of dry-cured foal “cecina” *Meat Science* 96:256–263.
- Ly J. 2008. Una aproximación a la fisiología de la digestión de cerdos criollos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 15:13-23.
- Ly J., Grageola F., Batista R., Lemus C., Macías M., Delgado E., Santana I. y Díaz C. 2011. Effect of genotype and diet on rectal digestibility of nutrients and faecal output in Cuban Creole pigs. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:661-666.

- Maltin C., Balcerzak D., Tilley R., Delday M. 2003. Determinants of meat quality: Tenderness. *The Proceedings of the Nutrition Society* 62:337-347.
- Mariezcurrana-Berasain A., Braña-Varela D., Mariezcurrana-Berasain M. D., Domínguez-Vara I. A., Méndez-Medina D., Rubio-Lozano M. S. 2012. Características químicas y sensoriales de la carne de cerdo, en función del consumo de dietas con ractopamina y diferentes concentraciones de lisina. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria* 3(4):427-437.
- Martínez D. J. P., Gallardo L. F., Bustillos G. L. y Pérez V. A. 2011. El agroecosistema, unidad de estudio y transformación de la diversidad agrícola. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. CONABIOS, Gobierno del Estado de Veracruz, Instituto de Ecología, A. C. pp. 453-463.
- Mateyzanz J. 1965. Introducción a la ganadería en Nueva España 1521-1535. *Hist. Mex.* 14:533-566.
- Mayoral A., Dorado M., Guillén M., Robina A., Vivo J., Vázquez C., Ruiz j. 1999. Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat Science*, 52:315-324.
- Mejía K., Lemus C. y Zambrano J. F. 2010. Estudio comparativo en la respuesta inmune humoral de IgM e IgG en cerdo criollo mexicano y comercial. *Archivos de Zootecnia* 59:177-184.
- Méndez R. D., Becerril M., Rubio M., Delgado E. 2002. Características de la canal del cerdo Pelón Mexicano, procedente de Mizantla, Veracruz, México. *Veterinaria Mexicana*, 33: 27-37.
- Merlos T. M., Míreles S., González E., Rosales R., Carrasco D. M. y Guerrero L. A. 2015. Estudio Morfológico y Visceral del Cerdo Pelón Mexicano. *Revista Computadorizada de Producción Porcina: Morfología de cerdos Pelón Mexicano* 22(1): 22-25
- Mireles S., Guerrero L. y Ly J. 2015. Cerdos locales mexicanos: presencia y perspectivas del cerdo cuino. *Revista Computadorizada de producción porcina: Cerdos locales mexicanos* 22(3):115-125.
- Muriel E., Antequera T., Ruiz J. 2002. Efecto del tipo de músculo sobre parámetros de calidad en carne fresca de cerdo ibérico. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 3(4): 241-247



- National Research Council. Nutrient Requirement of Beef Cattle. Seventh revised edition: Update 2000. National Academy Press 148: Washington, D.C
- NMX-FF-081-2003. Productos pecuarios. Carne de porcino en canal calidad de la carne, clasificación.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres.
- Novelo B. R., Franco E. J., Bianchi O. G., Feed B. O. 2008. Efecto de la temperatura de refrigeración sobre la calidad de la carne de novillos Holstein a lo largo de la maduración. *Técnica Pecuaria en México*. 46: 137-145.
- Núñez F., López-Bote C., Ventanas J. 1991. Effect of the use of Duroc in crossbreeding on carcass and fat characteristics in pigs. *Archivos de Zootecnia*. 40: 371-378.
- Oliver M. A. 1994. La calidad de la carne de cerdo y su relación con la demanda de los consumidores. *Eurocarne*. 25: 3743.
- Ortiz J., Palacios V., Dzib D., Sierra A., Sanguinés R., Bojorquez J., Sarmiento L. 2015. Efecto del consumo de moringa oleífera sobre el crecimiento del cerdo pelón de Yucatán. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. 6: 452-459.
- Peralta V. Ponce J., L. Llamas C. Grageola F. Lemus C y Ly J. 2008. Patrón de consumo de cerdos Pelón Mexicano alimentados con aguacate. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 15 (1): 63-67.
- Pérez-Álvarez J. A., Fernández-López J., Sayas-Barberá M. E., Cartagena-García R. 1998. Caracterización de los parámetros de color de diferentes materias primas usadas en la industria cárnica. *Eurocarne* 63, 115-122
- Perry N. 2012. Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy Food Science* 1:78-80.

- Pugliese C., Calagna G., Chiofalo V., Moretti V. M., Margiotta S., Franci O., Gandini G. 2004. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors: 2 Joint composition, meat and fat traits. *Meat Science*, 68: 523-528.
- Quintanilla G., Redondo B. 2013. Contenido en grasa intramuscular del lomo y la paleta de cerdo ibérico según su sistema de alimentación y manejo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*.7(1): 30-41
- Ramírez, R y Cava, R. 2008. Changes in fatty acid composition of 2 muscles from 3 Iberian x Duroc genotypes after refrigerated storage. *Food Science and Technology International* 14: 127-138.
- Ramos D. 2008. Caracterización de la canal y la carne del cerdo criollo y de los productos carnicos en el departamento de Tumbres Peru. Tesis de Doctorado en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Leon. 345 p.
- Revidatti M. A, Capellari A., Prieto P. N., Delgado J. V. 2005. Recurso genético porcino autóctono en el nordeste de la república Argentina. *Revista Archivos de Zootecnia* 54:97-100.
- Ricalde S., Herve R., Lizama T., Hernández O., Walter. 2011. Rendimiento de la canal y desarrollo de los órganos torácicos y abdominales de los 25 a los 45 kg en cerdos criollos pelones. *Revista Científica*. 21(5): 396-402.
- Rojas C. 1994. Comparación del Comportamiento Productivo durante lactancia entre cerdos de raza Pelón Mexicano e híbridos de Yorkshire con Pelón Mexicano y Landrace con Pelón Mexicano en el Altiplano. Tesis de Lic. en MVZ. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, D. F.
- Rodríguez A. 2010. Efecto de tres niveles de alimentación sobre el rendimiento en canales de cerdos pelones. Tesis de Maestra en Ciencias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida.
- Rosenvold K., Andersen H. 2003. Factors of significance for pork quality—A review. *Meat Science* 64:219–237.

- Ruiz R. O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia* 31:140-145.
- Santos R. H., Trejo W. y Rodríguez L. 2011. Fisiología nutricional del cerdo Pelón Mexicano. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 18:210-277.
- SAS Institute. 1999. *The SAS System for Windows. Version 9.1.* SAS Institute. Inc. Cary, N. C. USA.
- Segura J. C., Montes, C. 2001. Razones y estrategias para la conservación de los recursos genéticos animales. *Rev. Biom.* 12: 196-206.
- Sierra V. A. C. 2000. Conservación genética del cerdo pelón en Yucatán y su integración a un sistema de producción sostenible: primera aproximación. *Archivos de Zootecnia* 4(187):415- 421.
- Sierra-Vásquez A. C., Ortiz-Ortiz J. R., Bojórquez-Cat J. C., Canul-Solís M. A. 2015. Conservación y uso sustentable del cerdo pelón en Yucatán. *Quehacer Científico en Chiapas* 11(1): 13-28.
- Soto E., Hoz L., Ordóñez J. A., Hierro E., Herranz B., López-Bote C., Cambero M. I. 2008. Impact of feeding and rearing systems of Iberian pigs on volatile profile and sensory characteristics of dry-cured loin. *Meat Science* 79: 666-676.
- Suman S. P. and Joseph P. 2013. Myoglobin chemistry and meat color, *Annual Review of Food Science and Technology* 4(1):79–99.
- Tikk K., Aaslyng M., Karlsson A. H., 2007. Significance of fat supplemented diets on pork quality, Connections between specific fatty acids and sensory attributes of pork. *Meat Science*, 77(2): 275-286.
- Uzcátegui B. S. y Jerez T. N. 2008. Factores que afectan la actividad de las proteasas dependientes del calcio y su relación con el proceso de ablandamiento de la carne. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 16(3):166-174.

Vilaboa A. J. 2013. La ganadería doble propósito desde una visión agroecosistémica. *Agroproductividad* 6: 11-17.

Warriss P. D., “Post-mortem changes in muscle and its conversion into meat, an introductory text,” in *Meat Science: An Introductory Text*, P. D. Warriss, Ed., pp. 65–76, CAB International, Wallingford, UK, 2010.

Zijian R., Ying W., Yuanyuan R., Zhengwei Z., Weiwang G., Zhaoting W., Lingyi C., Lisha M., Rongfeng L., Haiyuan Y. and Yifan D. 2017. Enhancement of porcine intramuscular fat content by overexpression of the cytosolic form of phosphoenolpyruvate carboxykinase in skeletal muscle. *Scientific Reports* 7:43746.