



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

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

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DEL CRECIMIENTO EN FENOTIPOS OVINOS Y SU RELACIÓN CON RENDIMIENTO EN CANAL**

**MOISÉS GERARDO MENDOZA MENDOZA**

**T E S I S**  
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE :**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2011**

La presente tesis titulada: **EVALUACION MORFOMÉTRICA DEL CRECIMIENTO EN FENOTIPOS OVINOS Y SU RELACIÓN CON RENDIMIENTO EN CANAL.**

realizada por el alumno: Moisés Gerardo Mendoza Mendoza, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

---

Dra. Ma. Teresa Sánchez - Torres Esqueda

ASESOR

---

Dr. José Luis Figueroa Velasco

ASESOR

---

Dra. Ma. Esther Ortega Cerrilla

ASESOR

---

Dr. Carlos Narciso Gaytán

ASESOR

---

Dr. Baldomero Alarcón Zúñiga

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2011

## AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios y la presente investigación.

Al **Colegio de Postgraduados** en donde fue posible encontrar profesionistas capaces de compartir el arte de enseñar y generar alternativas para el campo mexicano.

A la **Dra. Ma. Teresa Sánchez Torres Esqueda** por ese gran compromiso moral, paciencia y la confianza depositada cuando más lo necesitaba, de todo corazón, muchas gracias.

A la **Dra. Ma. Esther Ortega Cerrilla** por sus múltiples y objetivas aportaciones al fortalecimiento de este trabajo.

Al **Dr. José Luis Figueroa** por sus consejos, sugerencias y su gran vocación de docente que permitió provocar en mí esa necesidad de conocimiento y su aplicación.

Al **Dr. Carlos Narciso Gaytán** por el apoyo brindado y sugerencias al presente trabajo.

Al **Dr. Baldomero Alarcón Zúñiga** por ese apoyo incondicional, amistad, consejos y la confianza depositada para cada proyecto iniciado en mi formación de posgrado.

Al **M.V.Z. José Luis Cordero Mora** por el soporte de campo recibido y su apoyo para el presente estudio.

Al personal de **Ganadería y Genética** de quien siempre recibí un trato amable y eficiente para cada trámite y apoyo requerido.

A cada persona de esta institución que cruzamos camino y siempre hubo la capacidad de sanar el alma con un buen momento y una buena crítica; en especial para Iván Reyes, Edy Ruiz, Felipe Portela, Rafa Nieto, Los huejutlos, Beto, Remedios y todo el equipo de trabajo que comprometidamente apoyaron la presente tesis .

Al recuerdo de mis amigos que aunque hay distancia seguimos en contacto trabajando por un país digno de su población, la cuál aporta ingresos importantes para la formación de profesionistas capaces y comprometidos.

## DEDICATORIA.

En especial, a la memoria de mi padre **Moisés Mendoza Rodríguez (q.e.p.d)**, a quién extraño por sus grandes enseñanzas y exigencias, su gran labor humana para la sociedad y de quien aprendí que la pasión por la vida debe usarse para concretar proyectos de vida y sembrar para los demás sin esperar nada a cambio, muchas gracias mi viejo.

A mi madre **Ma. del Carmen Mendoza Castillo**, mujer valiente y de buen corazón, comprometida con la vida y quien me ha enseñado la capacidad de ser tenaz y responsable con cada proyecto de vida, te amo.

A mi hermana **Gaby**, muchas gracias por todos estos años vividos juntos (muy juntos); ahora entiendo porque eres el gran tesoro. Sigue esforzándote como hasta ahora.

**Liz**, gracias por llegar a mi vida y hacerme el hombre más feliz; gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida y por cada momento que hemos pasado juntos.

Al **Sr. Raymundo Trujano** por todos estos años de amistad, espero sigas concretando proyectos de vida; has el bien sin mirar a quién. Recuérdalo.

**José Agapito**, por esta amistad brindada y el compartir proyectos de vida en bien de quién más nos necesita.

A **Javier Sánchez**, por el tiempo que hemos convivido y el lazo que nos une, de todo corazón gracias por ese apoyo.

A **Carlos y Eduardo Cruz** muchas gracias por este tiempo en que hemos compartido tantas experiencias, triunfos y fracasos; por todo lo bueno que venga, muchas gracias amigos.

A mi enorme familia **Mendoza Castillo y Mendoza Rodríguez** que siempre han estado conmigo en cada momento importante de vida.

A la familia **Cruz Díaz** por los bellos recuerdos y la gran amistad que nos une.

A usted **Dra. Tere**, muchas gracias por permitir culminar este sueño. Lo logramos.

A **DIOS** que me permitió llegar a este lugar aún con cada adversidad de la cual aprendo sin reprochar.

# CONTENIDO

|   | PAGINA |
|---|--------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b>  | i      |
| <b>DEDICATORIA</b>  | iii    |
| <b>LISTA DE CUADROS</b>   | vi     |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b>   | vii    |
| <b>RESUMEN</b>  | viii   |
| <b>SUMMARY</b>  | ix     |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>  | 1      |
| 1.1 Objetivo General  | 3      |
| 1.1.1 Objetivos específicos   | 3      |
| 1.2. Hipótesis  | 3      |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>   | 4      |
| 2.1. Taxonomía  | 4      |
| 2.2. Origen de los ovinos   | 4      |
| 2.3. Domesticación  | 7      |
| 2.4. Importancia de la ganadería ovina a nivel mundial  | 9      |
| 2.5. Ovinocultura Nacional  | 11     |
| 2.6. Principales razas ovinas en México   | 14     |
| 2.6.1. Razas de lana  | 14     |
| 2.6.2. Razas de pelo  | 16     |
| 2.7. Panorámica Nacional  | 19     |
| 2.8. Aspectos generales en la producción ovina nacional   | 21     |
| 2.9. Pruebas de comportamiento productivo   | 23     |
| 2.10. Morfología cuantitativa   | 27     |
| 2.10.1. Caracterización morfológica a nivel cuantitativo  | 28     |
| 2.10.2. Nivel cuantitativo y variables morfológicas   | 28     |
| 2.11. Índices corporales  | 32     |
| 2.12. Estimación de rendimiento y componentes que conforman el peso total del ovino y su rendimiento en canal | 33     |
| 2.13. Rendimiento en canal  | 35     |
| 2.14. Ultrasonografía y rendimiento en canal  | 37     |
| 2.15. Características fisicoquímicas de la carne de ovino y análisis sensorial                                | 38     |
| 2.16. Estudios de calidad de la carne de ovino  | 39     |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>  | 41     |
| 3.1. Prueba de comportamiento productivo  | 42     |
| 3.2. Análisis de crecimiento  | 50     |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>   | 51     |
| 4.1. Prueba de comportamiento productivo  | 51     |

|  |    |
|--|----|
| 4.2. Análisis de componentes principales para las variables originales   | 52 |
| 4.3. Análisis de componentes principales de variables morfométricas  | 55 |
| 4.4. Variables morfométricas representativas de los grupos obtenidos por análisis de componentes principales (CPS) | 57 |
| 4.4.1. GRUPO 1   | 57 |
| 4.4.1.1. Peso  | 57 |
| 4.4.2. GRUPO 2   | 61 |
| 4.4.2.1. Alzada a la cruz  | 61 |
| 4.4.3. GRUPO 3   | 63 |
| 4.4.3.1. Perímetro torácico  | 63 |
| 4.4.4. GRUPO 4   | 65 |
| 4.4.4.1. Área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>   | 65 |
| 4.4.4.2. Grasa de cobertura  | 67 |
| 4.4.5. Rendimiento en canal  | 69 |
| <b>V. CONCLUSIONES</b>   | 72 |
| <b>VI. LITERATURA CITADA</b>   | 73 |
| <b>VII. ANEXOS</b>   | 79 |

## LISTA DE CUADROS

| <b>CUADRO</b> | <b>TITULO</b>  | <b>PAGINA</b> |
|---------------|--|---------------|
| 1             | Dietas experimentales utilizadas en la prueba de comportamiento para la evaluación morfométrica de los fenotipos ovinos  | 43            |
| 2             | Variables morfométricas evaluadas en el estudio de crecimiento de los fenotipos ovinos evaluados   | 44            |
| 3             | Variables morfométricas evaluadas en el sacrificio y estimación de rendimiento en canal  | 47            |
| 4             | Comportamiento productivo de los fenotipos ovinos Dorset, Suffolk y su craza utilizando hembras y machos   | 51            |
| 5             | Matriz de correlación utilizando las variables representativas de los grupos obtenidos por análisis de componentes principales (ACP) y rendimiento de la canal caliente y fría | 70            |

## LISTA DE FIGURAS

| FIGURA | TITULO   | PAGINA |
|--------|--|--------|
| 1      | Comportamiento del consumo nacional aparente de 1991 a 2005 en México (SAGARPA, 2009) y (SIAP, 2008).  | 13     |
| 2      | Análisis de componentes principales con todas las variables morfométricas durante 60 días en una prueba de comportamiento en ovinos de las razas Suffolk, Dorset y la cruce entre Suffolk con Dorset en hembras y machos   | 53     |
| 3      | Análisis de componentes principales que agrupa las variables morfométricas de acuerdo al grado de independencia presente en la prueba de comportamiento en ovinos hembras y machos de las razas Dorset, Suffolk y la cruce Dorset-Suffolk  | 56     |
| 4      | Variable PESO distribuida en tiempo del estudio que va del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA*SEXO y un ajuste lineal de las variables originales a través del cálculo de HSXD= $R^2 = 0.91$ , HD= $R^2 = 0.92$ , HS= $R^2 = 0.92$ , MS= $R^2 = 0.95$ , MD= $R^2 = 0.91$ , MSXD= $R^2 = 0.94$ | 59     |
| 5      | Variable ALZADA A LA CRUZ distribuida en tiempo del estudio que va del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA*SEXO; utilizando un ajuste por regresión lineal   | 62     |
| 6      | Variable PERIMETRO TORACICO (PTO) distribuida en tiempo del estudio que va del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA*SEXO; utilizando un ajuste por regresión lineal   | 64     |
| 7      | Variable AREA DEL MUSCULO LONGISSIMUS del día 0 al día 60 para RAZA, SEXO Y RAZA*SEXO y el cálculo de HSXD= $R^2 = 0.9381$ , HS= $R^2 = 0.9782$ , HD= $R^2 = 0.9709$ , MD= $R^2 = 0.9806$ , MS= $R^2 = 0.9186$ , MSXD= $R^2 = 0.9644$  | 66     |
| 8      | Variable GRASA del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA*SEXO, utilizando un ajuste por regresión lineal   | 68     |

## RESUMEN.

El objetivo de este estudio fue determinar las diferencias fenotípicas en ovinos utilizando variables morfométricas en el crecimiento, la productividad y el rendimiento en canal. Se evaluaron 36 corderos de las razas Suffolk, Dorset y su cruce tomando en cuenta el sexo, se formaron seis tratamientos. Se realizó análisis de componentes principales (ACP) con 19 variables que interactuaron entre sí y cinco estaciones de medición (0, 10, 20, 35 y 60 días), los resultados sugieren que para una prueba de comportamiento productivo es necesario tener un manejo especial para cada fenotipo por la respuesta al ambiente. Se obtuvieron cinco grupos morfométricos utilizando la dependencia entre las variables; el grupo uno es representado por peso vivo, grupo dos por alzada a la cruz, grupo tres perímetro torácico, grupo cuatro área del músculo *Longissimus dorsi* y grasa de cobertura. El grupo cinco que incluyó a todas las variables que mostraron independencia en el análisis estadístico. El uso de ultrasonido aplicados a modelos morfométricos es una herramienta útil en la selección de prospectos vientres basado en el mayor crecimiento del músculo *L. dorsi* de las hembras sobre los machos. Se encontraron diferencias significativas para peso, alzada a la cruz, área del músculo y grasa. El uso de medidas morfométricas en el crecimiento, permite determinar la respuesta productiva del fenotipo al ambiente en las etapas claves de una prueba de comportamiento productivo; explica la variación presente en los tratamientos evaluados y que al ser utilizadas de manera individual para representar los grupos obtenidos en este estudio, genera información valiosa que puede aplicarse a programas de mejora genética en ovinos.

**Palabras Claves: Morfometría, Componentes Principales, Fenotipos ovinos**

## **SUMMARY.**

The target of this research was to determinate phenotypic differences in sheep using morphometric variables on growth, productivity and carcass yield. 36 sheep of the breed Suffolk, Dorset and its cross were evaluated; considering the sex of the animal six treatments were formed. A main analysis components (PAC) was done using 19 variables that interacted with five measurement stations (0, 10, 20, 35 and 60 days); results suggest that productive behavior test is necessary to have an special handling for each phenotype due the response to the environment. There were obtained five morphometric groups using the dependence among variables; group one is represented by alive weight, group two by the height at the withers, group three at the girth, group four at the area of the *muscle Longissimus dorsi* and fat cover and the group five that included all the variables that showed independence into the statistical analysis. The use of ultrasound applied to morphometric models is a useful tool in the selection of prospectuses sheep females based on the greater growth of *L. dorsi* muscle of females over males. Significant differences were found for the weight, height at the withers, area of the muscle and fat. The use of morphometric measurements in the growth allow to determine the productive answer of the phenotype to the environment in the key stages of a test of productive behavior; it explains the variation present in the evaluated treatments and that being use in individuals way to represent the obtained groups in this study generates valuable information that can be applied to a genetic breeding programs in sheep.

**Keywords: Morphometry, Principal Components, Sheep Phenotypes**

## I. INTRODUCCIÓN.

México posee una amplia diversidad de suelos y climas en los cuales las especies animales y vegetales se han adaptado, en donde se ha desarrollado una amplia diversidad genética entre y dentro de las especies. El borrego (*Ovis aries*) es una especie que fue domesticada en el Mediterráneo y traída a México en la época de la Colonia, poco a poco se fue adaptando a las condiciones territoriales convirtiéndose así en una fuente de alimentación y bienestar para las diferentes culturas que lo adoptaron y han utilizado en muchas formas como son la producción de carne, leche, piel y lana como fuente de materia prima para la elaboración de prendas y utensilios (Perezgrovas, 1998).

La producción ovina en nuestro país se practica en diferentes sistemas, los que en su mayoría corresponden a pastoreo que es llevado a cabo por productores que utilizan a esta especie como una fuente de ahorro e ingresos, que comercializan en el abasto local y nacional (SAGARPA, 2009). Se ha estimado que la zona de mayor consumo de ovinos es el altiplano mexicano principalmente en el altiplano central, en el que el borrego en la mayoría de los casos se destina para la preparación de barbacoa, el cual es producto del mestizaje y la migración de grupos hacia otros estados, en donde el borrego constituía una fuente de proteína (SIAP, 2005).

Las pruebas de comportamiento en ovinos, se basan en la medición de características productivas para determinar el desempeño y eficiencia de los animales evaluados tomando en cuenta efectos de raza, sexo y edad (Dalton, 1984). Para obtener estas mediciones se utilizan metodologías como el de la

morfometría para relacionar las variables medidas de un animal así como el efecto a nivel de raza (índices etnológicos) o de la evaluación de su aptitud (índices funcionales). Existen métodos para estimar el desarrollo de la canal basado en técnicas ultrasonográficas los cuales son un método no invasivo para la estimación de grasa, músculo y composición corporal del ganado en vivo con un alto grado de repetibilidad (Faulkner *et al.*, 1990).

Con base a lo anterior se plantea el presente trabajo para evaluar el crecimiento en tres fenotipos ovinos usando hembras y machos a través de una metodología basada en variables morfométricas que permitan explicar la variación y las etapas más productivas de cada tratamiento.

## **1.1 Objetivo General.**

- Determinar las diferencias fenotípicas en ovinos utilizando variables morfométricas en el crecimiento, la productividad y el rendimiento en canal.

### **1.1.1 Objetivos particulares**

- Determinar la eficiencia del crecimiento y rendimiento de canal de razas de ovinos.
- Evaluar la correlación entre las variables medidas para crecimiento y las obtenidas en rendimiento de canal de acuerdo al fenotipo del animal.
- Desarrollar una metodología que permita determinar la variación presente en los fenotipos evaluados de acuerdo al crecimiento y su relación con rendimiento de la canal para implementarse en programas de mejoramiento genético.

## **1.2. Hipótesis**

- Las diferencias en el crecimiento ovino y el rendimiento de la canal están relacionadas con la variabilidad genética por razas y vigor híbrido, que pueden ser utilizada para programas de mejoramiento genético en ovinos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Taxonomía

Los óvidos son Metazoos pertenecientes a la siguiente clasificación taxonómica (Sañudo, 1984; Ibañez, 1991; Torrent, 1991; Torres, 2006):

Tipo: **Vertebrados**

Clase: **Mamíferos**

Orden: **Artiodáctilos**

Suborden: **Rumiantes**

Familia: **Bovidae**

Subfamilia: **Ovinae**

Género: **Ovis**

Especie: **Ovis Aries**

Según Piper y Ruvinsky (1997), el género *Ovis* pertenece a la subfamilia *Caprinae*, difiriendo de lo citado por los autores con anterioridad.

### 2.2. Origen de los ovinos

El origen y evolución de los ovinos sucedió en un proceso estructurado de tres etapas que cronológicamente no tienen límites bien definidos (Sánchez-Belda y Sánchez-Trujillano, 1986).

A finales del período terciario apareció el gran grupo de los rumiantes originado por el *Gelocus*, considerado como el primer rumiante que existió sobre la tierra. El *gelocus* tenía una conformación de los huesos de las extremidades parecida a la de los bóvidos actuales y en la mandíbula superior no presentaba incisivos (Ibañez, 1991).

En el Pleistoceno, el gran grupo de los rumiantes se diferenció hasta llegar al género *Ovis*. Cuenca citado por (Ibañez, 1991) expone que del *Gelocus* deriva la familia *Bovidae* y que ésta se estructura en las subfamilias *Bovinae*, *Caprinae* y *Ovinae*, incluyendo al género *Ovis*. Según Piper y Ruvinsky (1997), la familia *Bovidae* está integrada por un total de nueve subfamilias (*Aepycerotinae*, *Alcelaphinae*, *Antilopinae*, *Bovinae*, *Caprinae*, *Cephalopinae*, *Hippotraginae*, *Peteinae*, *Reduncinae*) y concretamente de la subfamilia *Caprinae* derivan las ovejas y cabras.

Algunos autores consideran que dada la similitud entre caprinos y ovinos probablemente derivan de una forma asiática antilopina común (Sánchez-Belda y Sánchez-Trujillano, 1986; Ibañez, 1991).

El género *Ovis* se diversificó en tres subgéneros o formas primitivas salvajes, que posteriormente originaron las formas primitivas domésticas, correspondiendo a los tres subgéneros siguientes (Anguera, 1985; García *et al.*, 1990; Ibañez, 1991):

a.- El Muflón: Eran ovejas salvajes de pequeño tamaño que se encontraban en el sur de Europa y en Asia menor.

b.- El Argali (*Ovis ammon*): De tamaño pequeño y cola corta se localizaba en Asia Central.

c.- El urial (*Ovis vignei*): Originario del sudoeste asiático.

De los distintos orígenes citados en la bibliografía, la teoría polifilética es la más aceptada para explicar la aparición de las formas primitivas domésticas. Esta teoría postula que a pesar de las diferencias cariotípicas entre el muflón

( $2n=54$ ), el argali ( $2n=56$ ) y el urial ( $2n=58$ ), el cruzamiento entre estos tres subgéneros era posible teniendo descendencia fértil. En estos casos el cariotipo de la descendencia era intermedio y a lo largo de las generaciones y por un fenómeno selectivo precigótico se producía la reducción cromosómica en el valor inferior ( $2n=54$ ), el cual corresponde con el cariotipo de la oveja doméstica (Anguera, 1985).

Las tres formas primitivas domésticas más importantes son las siguientes (Anguera, 1985; Ibañez, 1991):

- *Ovis aries studeri*: Proveniente del *Ovis musimon*, fue descubierta por Studeri en 1982. Su domesticación se inició en Europa y se extendió hacia las regiones del sur y centro del continente. Se caracterizaba por ser de tamaño mediano con cuernos grandes, enroscados y fuertes, perfil de tendencia recta y lana de mejor calidad que el *Ovis aries palustris*. De esta derivan el *Ovis aries ibericus*, *Ovis aries celticus* y *Ovis aries ligeriensis* (que según Anguera se originó como producto de una mutación).

- *Ovis aries palustris*: También conocida como oveja de la turba y se desconoce su origen. Fue encontrada por primera vez por Rutimeyer en 1861 y pertenece al neolítico inferior. Apareció en el centro de Europa y se caracterizaba por ser de tamaño pequeño, perfil recto, cuernos reducidos y rectos en ambos sexos y poca lana de baja calidad. De esta proviene el *Ovis aries pirenaicus*.

- *Ovis aries vignei*: Solamente se conoce que proviene del *Ovis aries cycloceros* y que de ella deriva el *Ovis aries turdetanos*.

A partir de estas formas domésticas derivadas se originaron cuatro troncos étnicos (Merino, Churro, Entrefino e Ibérico), que se diferencian según el tipo y

calidad de lana y de los cuales provienen todas las razas ovinas actuales (Sánchez-Belda y Sánchez-Trujillano, 1986; García *et al.*, 1990).

Por otro lado, cabe mencionar que las razas han sido creadas por “aislamiento reproductivo”, lo cual consiste en la formación de grupos separados de animales, donde el cruzamiento se da dentro de los grupos seleccionados, pero con poca frecuencia entre grupos (Simm, 1988).

### **2.3. Domesticación**

Los humanos empezaron a cultivar plantas y a domesticar animales hace 12,000 años. Así pues, ciertas poblaciones humanas aprendieron a modificar el comportamiento de algunas de las especies que cazaban, para llevar a cabo el proceso de domesticación (Simm, 1988). De una gran cantidad de especies animales silvestres, muy pocas han sido domesticadas con éxito. En 1865, Francis Galton escribió un ensayo sobre la domesticación, donde sugería que este ocurrió por un proceso de prueba y error (Simm, 1988). Galton definió seis condiciones que debían poseer las especies animales para que su domesticación se realizase con éxito:

- Resistencia: los animales tenían que ser capaces de resistir el destete temprano (con anterioridad al tiempo de destete normal), adaptarse a la alimentación, manejo artificial y probablemente soportar nuevas enfermedades (Torres, 2006).

- Adaptación innata a los humanos: tenían que ser animales sociables, con una jerarquía, capaces de imprintsarse de los humanos y aceptarlos como líderes en cautiverio. Galton (Simm, 1988) remarcaba la importancia de ser capaz de

entender el comportamiento de las especies y comunicarse con ellas, para que la domesticación fuese próspera (Torres, 2006).

- Adaptación al confinamiento: no debían estar muy adaptados a las huidas rápidas, sino ser más sensibles a permanecer recluidos en cercados u otros recintos (Torres, 2006).

- Utilidad: la función primaria de los primeros animales que fueron domesticados fue la de proporcionar recursos alimenticios a los humanos. Posteriormente, se les utilizó con otras finalidades, como el aprovisionamiento de ropas, el transporte, el aprovechamiento de su fuerza de tracción y usos religiosos o rituales.

- Reproducirse en cautiverio: Esta habilidad es el atributo más importante para la domesticación, ya que si no se realiza impide la domesticación.

- Facilidad de manejo: los animales deberían ser razonablemente tranquilos, tener hábitos alimenticios versátiles y tender a permanecer juntos en un rebaño.

Las ovejas y las cabras fueron probablemente las primeras especies de ganado en ser domesticadas, hace unos 10,000 años (Simm, 1988; Anónimo, 1992).

Todas las especies utilizadas para la alimentación y la agricultura son el resultado de la domesticación de especies progenitoras salvajes. Por ello, al igual que sus ancestros salvajes, estas especies domésticas están evolucionando continuamente, con una tasa acelerada debido a las actividades humanas. Es decir, el proceso evolutivo se ha visto acelerado en especies domésticas como consecuencia de 10,000 años de selección por parte de los humanos.

Durante este período, la variación genética entre especies, que es esencial para la supervivencia de las mismas, ha sido parcialmente redistribuida en la formación de un gran número de razas. Estas razas se han adaptado a una gran variedad de ambientes que han sido utilizadas para producir diversos tipos y combinaciones de alimentos y subproductos (Anónimo, 1992).

#### **2.4. Importancia de la ganadería ovina a nivel mundial**

El ganado ovino tiene una importancia muy amplia en el desarrollo de las sociedades en todo el mundo. El sector ovino se destaca por una serie de características que le hacen insustituible, entre las cuales se pueden remarcar aportaciones de índole económico y social (Esteban, 1990; Buxadé, 1996).

Los ovinos tienen la capacidad de transformar productos de baja calidad nutricional en proteína de alta calidad partiendo de una serie de forrajes y de subproductos agrícolas que si no fuera por estos animales se perderían sin generar producción de carne, leche y lana; lo cual genera oportunidad de negocio. Por otra parte, si se implementan esquemas productivos en base a ingredientes más nutritivos (principalmente alimentos concentrados), la eficiencia se incrementa generando mayor rentabilidad al productor (AMCO, 2009a).

Debido a su reducida dimensión corporal, los ovinos pertenecen a especies de “pequeño formato” y que se adaptan mucho mejor que el ganado bovino (uno de sus “adversarios geográficos” naturales) a zonas desfavorecidas (zonas semi-áridas, de poca y/o muy irregular pluviometría, zonas de topografía accidentada, etc). Puede considerarse como una especie cosmopolita, que se adapta relativamente bien a condiciones climáticas muy diversas lo cual

permite inducir asentamientos de familias en zonas donde frecuentemente la única alternativa productiva es la ganadería ovina y/o caprina.

Por sus características de pastoreo (gregario) y por su capacidad para aprovechar los residuos de las cosechas (especialmente cereales), así como algunos subproductos agrícolas, la oveja se complementa muy bien con ciertas explotaciones pecuarias, principalmente las relacionadas con el traspatio.

Constituye una ayuda indispensable para la protección y conservación de numerosos espacios rurales, contribuyendo al equilibrio ecológico como agente fertilizante de la tierra, que favorece el establecimiento de la cubierta herbácea evitando la erosión.

A través del tiempo y de los procesos evolutivos, el hombre ha domesticado especies animales que aportan fuentes de proteína y energía que han servido para que las sociedades se desarrollen plenamente. Una vez que se domesticaron dichas especies se llevó a cabo un proceso de selección genética hasta crear razas y variedades de cada una de las especies explotadas. El ovino doméstico (*Ovis aries*) provee una importante fuente de proteína para consumo humano como es el caso de la carne, además su lana y piel se han utilizado por el hombre durante miles de años, como artículos de vestido y confort (AMCO, 2009a).

En cuanto a mejoramiento genético ovino se refiere, países como el Reino Unido tienen una gran tradición proveniente de siglos de trabajo e investigación en el área y se estima que han llegado a generar alrededor de 34 razas como producto de años de investigación y selección entre las que

destacan British Milk Sheep, Dorset, Dorset Down, Lincoln, Norfolk Horn, Shetland y Suffolk.

Sus subproductos, entre ellos las grasas, sirven para la fabricación de jabón, shampoo y las excretas como abonos orgánicos altamente eficientes para la producción agrícola. Su fuerza de trabajo como animal de carga se ha utilizado durante siglos por algunos pueblos asiáticos. Estas virtudes de ser generador de trabajo y riqueza han caracterizado al ovino hasta nuestros días (Perezgrovas, 1998).

## **2.5. Ovinocultura Nacional**

A partir del descubrimiento de América y durante el proceso de colonización existió la introducción de especies que servían de sustento en el viejo continente para la producción de alimentos; ovinos de la raza Merino fueron traídos y se extendieron desde la sede del virreinato en la Nueva España, en el centro de México, hacia las extensas llanuras del norte del país, donde abundaron bajo sistemas de producción de tipo trashumante y con una organización que pretendió reproducir, sin lograrlo cabalmente, los esquemas que existían en la zona geográfica conocida como la Mesta española (Perezgrovas y Castro, 1998).

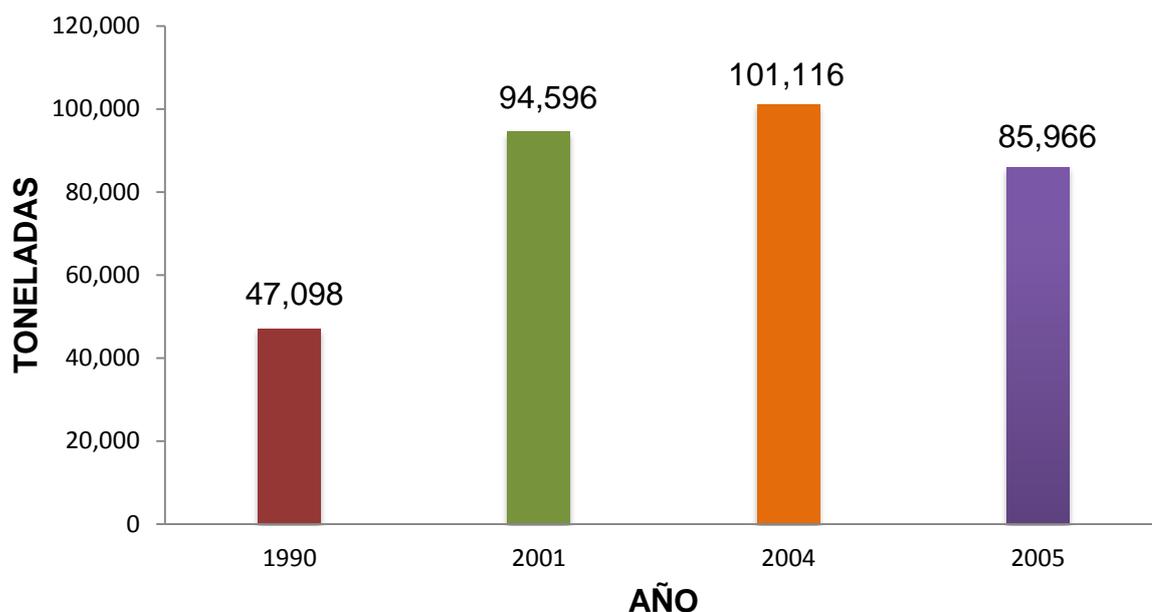
Por su parte, las ovejas Churras pertenecían a colonos más humildes y que eran acompañados en sus recorridos hacia tierras que por lo accidentado del paisaje eran menos codiciadas por los señores poderosos (Perezgrovas y Castro, 1998).

En México el ovino, comúnmente conocido como borrego, se conoce y explota desde la Colonia (De Lucas y Arbiza, 1996) . En la actualidad se le asocia, principalmente en el Altiplano Central, con un platillo tradicional denominado barbacoa.

El procedimiento para la elaboración de este platillo consistía en excavar un hoyo adecuado para introducir una olla de barro en la cual se colocaba la carne, alrededor de ésta se colocaba leña o carbón con el fin de alcanzar una temperatura lo suficientemente alta para conseguir una buena cocción (Perezgrovas, 1998).

La producción de barbacoa origina fuentes de empleo a sus productores, pero de igual manera puede significar riesgos potenciales a la salud de productores y consumidores; por eso es necesario vigilar las prácticas de higiene y manufactura, lo que promovería una cultura de calidad y un adecuado manejo (De Lucas y Arbiza, 1996) .

Es importante mencionar que la especie ovina es una fuente directa de proteína de origen animal (20-22% PC) la cual se ha mantenido en un consumo histórico en todo el territorio nacional, se puede inferir que más del 95% del consumo nacional aparente (CNA) está destinado a cubrir el mercado de barbacoa y el resto a formas de consumo diferentes (Figura 1), (AMCO, 2009b).



**Figura 1. Comportamiento del consumo nacional aparente de 1991 a 2005 en México (SAGARPA, 2009) y (SIAP, 2008).**

En 2001 se importó el 61.7% del CNA, para 2005 las importaciones provenientes de países como Australia, Nueva Zelanda y Chile fueron de 46.2%, ya que no se cubrió la demanda nacional de este producto (SIAP, 2005).

El inventario nacional ovino en el año 2005 fue de 7, 207, 406 de cabezas de ganado en donde el estado de México e Hidalgo cuentan con aproximadamente el 30% de la población nacional (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, 2005). En el estado de México se produjeron 7, 058.31 toneladas de carne en canal de las cuales los municipios de Toluca, Texcoco y Atlacomulco aportaron 4, 833.00 toneladas ese mismo año (SIAP, 2005). En 1996, México tenía un consumo de carne de ovino por habitante y por año alrededor de 480 gramos y era consumida principalmente en barbacoa (De Lucas y Arbiza, 1996).

Todas estas situaciones provocan que el mercado se vea afectado en la cadena productiva incrementando los costos de producción; sin embargo, el no contar con una alta demanda y producción media nacional hacen del borrego un negocio que manejando adecuadamente puede ser atractivo. En los últimos 15 años la estimación de la disponibilidad per cápita (kilogramos/habitante/año) ha fluctuado de 0.5 a 1 kg/habitante/año lo cual habla de un consumo medio que se llega a intensificar notablemente en el altiplano central (SIAP, 2005).

## **2.6. Principales razas ovinas en México**

### **2.6.1. Razas de lana**

Con el constante interés de incrementar la producción y los rendimientos en los hatos se han introducido al país razas ovinas, las cuales han sobresalido en sus zonas de origen y en donde se han desarrollado intensos trabajos de selección y mejoramiento genético. Considerando su impacto en la ovinocultura nacional, las razas más utilizadas son de tipo lanar ya que el pelaje que producen es una capa muy fina denominada lana, la cual ha sido utilizada por el hombre para generar vestido y calzado; algunas razas de tipo lanar que tienen gran importancia en el país se mencionan a continuación:

La raza Dorset se caracteriza por producir una gran cantidad de leche y tener muy desarrollado el instinto materno, lo cual las lleva a producir crías con un crecimiento acelerado y elevados rendimientos productivos. El Dorset es un animal de tamaño mediano, largo de cuerpo y con una conformación muscular excelente (AMCO, 2009c).

La Hampshire es una raza originaria del condado de Hampshire en Inglaterra, el cual es producto de la cruce de Berkshire Knot, Wiltshire Horn, Cotswold y

Southdown, con ovejas locales. En México este tipo de ovinos se adaptaron a condiciones ambientales presentes en los estados de México, Tlaxcala y Puebla; se utiliza en la producción de corderos destinados al abasto. Las hembras tienen bien desarrollado el instinto materno y se consideran buenas productoras de leche, destacan por su acelerado crecimiento y por ser muy eficientes en convertir alimento en carne obteniéndose canales de excelente calidad, conformación y rendimiento (AMCO, 2009a).

La raza Rambouillet es de origen ibérico con un sistema de crianza trashumante implementado hace más de seis siglos. Es el resultado de la cruce del Merino Vermont tipo C (liso) y de los tipos Ohio y Delaine. Se caracteriza por ser prolífica, alcanzar buenas ganancias de peso y tener altos rendimientos de lana. Esta raza tiene una etapa de cría muy amplia, por lo que las ovejas pueden parir en dos temporadas y se ha demostrado que produce altos niveles de heterosis al cruzarlas con otras razas en donde las crías son destinadas para el abasto nacional (AMCO, 2009a).

La Suffolk es el resultado de la cruce de carneros Southdown y hembras Norfolk con cuernos. En México, esta raza ocupa en tercer lugar en el grupo de ovinos de lana, de acuerdo con el número de registros presentes en las asociaciones de productores de ovinos (AMCO, 2009a). Se encuentra principalmente en Querétaro, Estado de México, Hidalgo, Guanajuato, Aguascalientes, San Luis Potosí, Jalisco, Morelos, Veracruz y Distrito Federal, donde es utilizada para cruzamientos terminales. Es un ovino de talla grande, de conformación musculosa, de cuerpo largo y alto. Tiene vellón de lana blanca en el cuerpo y pelo negro en cabeza y patas; la piel del rostro es negra.

Son de talla media; el peso promedio en las hembras adultas es de 80 a 100 kilogramos y en los machos de 130 a 170 kilogramos.

### **2.6.2. Razas de pelo**

Dentro de la especie ovina se pueden encontrar razas que no producen lana, estos animales son denominados borregos de pelo, los cuales han tenido gran auge a nivel mundial sin ser México la excepción.

El borrego pelibuey conocido también como “Tabasco”, es una raza de borregos de pelo, con tres variedades, las cuales se identifican como de color Blanco, Canelo y Pinto. Durante muchos años no fue considerado de gran importancia y solo se criaba en zonas tropicales y subtropicales; sin embargo, actualmente el número de ganaderías que lo explotan ha incrementado sus inventarios incluso en zonas con climas templados y templados-fríos (AMCO, 2009b). El Pelibuey es de talla media; en promedio los machos pesan de 55 a 60 kilogramos y las hembras 35 a 38 kilogramos en promedio, se distinguen por su gran rusticidad, precocidad, prolificidad y época reproductiva larga (AMCO, 2009b) .

El Katahdin es una raza de pelo, no lanar, de fácil mantenimiento, que toleran climas extremos en donde es posible apreciar un buen comportamiento en diversos medios; y cuyo propósito es la producción de carne. El pelaje del Katahdin no requiere esquila y puede ser de cualquier color y diseño, el peso de una oveja madura puede ser de 54 a 72 kilogramos mientras que en los sementales va de 80 a 113 kilogramos (AMCO, 2009b).

El Black Belly es un ovino de pelo originario de las islas de Barbados. En la actualidad esta raza se encuentra diseminada por todo el Caribe y por el norte, centro y sur de América. En México se ha difundido en todos los climas, desde el trópico hasta las áreas templadas (AMCO, 2009d). Este borrego se caracteriza por ser un animal muy rústico, no estacional, con excelente habilidad materna y abundante producción de leche, si cuentan con una adecuada alimentación, es posible que las hembras críen dos o tres corderos con facilidad (AMCO, 2009d).

La Saint Croix es una raza de pelo blanco, sin cuernos, que muda su pelo y fibras vellosas cada primavera, no requiere ser trasquilada, es de tamaño medio, fácil de manejar, prolífica y tiende a cruzarse durante todo el año, el cordero crece con ritmo moderado y produce canales magras. La conformación del Saint Croix es de tipo cárnico, con masa muscular redondeada; la tendencia en nuestro país en los programas de selección se ha enfocado a individuos sobresalientes con talla superior al promedio, huesos fuertes y bien balanceado con buenas proporciones cárnicas y altas conversiones alimenticias (AMCO, 2009e).

El hombre utiliza al menos 40 especies animales como ganado doméstico para satisfacer sus necesidades alimenticias, ropa, calzado, tracción, entre otras. Dentro de estas especies, existe un total de 4,500 razas conocidas como “recursos genéticos animales globales” y cada una de ellas comprende un grupo único de genes (Torres, 2006). Se estima que más del 30% de las mismas están en peligro de extinción y muchas más amenazadas por una utilización ineficaz. La FAO tiene recopilados datos de 920 razas ovinas, de las cuales el 18,1% se encuentran en riesgo de extinción (Barker, 1999).

Para poder estimar la variabilidad genética y la ventaja presente en las diferentes poblaciones ovinas, es necesario contar con metodologías científicas que nos permitan conocer la relación de los genotipos con el ambiente y el impacto que tiene dentro de la producción, rendimientos y calidad en el producto final al que se destinará el ganado ovino que se produce en cada una de las regiones de México, así como su uso en las condiciones socioeconómicas y culturales de cada una de ellas.

Las especies animales actuales sufren un ritmo acelerado de cambios y no obedecen a la incapacidad natural de las mismas, ni son el resultado de un proceso evolutivo, sino a la pérdida y degradación del hábitat debido a la actividad humana, principal causa de la disminución de la biodiversidad del planeta (Alaoui, 2001).

De acuerdo a las estadísticas (FAO, 2004), México se ubica en el lugar 37 a nivel mundial, en relación al número de cabezas de ovinos, con 6,560,000 cabezas y su participación asciende al 0.7 % del total mundial; China ocupa el primer lugar al nivel mundial y junto con Australia, India, Irán, Sudan, Nueva Zelanda y Reino Unido, poseían el 47.9 % del total mundial en el 2003. Existe un crecimiento anual en el número de cabezas de ganado ovino de 1.1%, superado por países del mismo continente como Bolivia con 1.4% y Perú con 1.7%, sobresaliendo Ecuador con un incremento del 5.0%, pasando de 1,631,000 en 1993 a 2,645,000 cabezas en 2003 ( FAO, 2004).

El número de cabezas de ganado ovino a nivel nacional se ha incrementado en un 16.55% comparado con el año de 1996, en donde se tenía un inventario de

6,183,610 cabezas de ganado; en 2005 el número de cabezas incrementó y donde los estados de México, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz y San Luís Potosí, representan el 50% de la población ovina total del país.

Los principales estados productores de carne de ovino son: Estado de México (7,637 ton), Hidalgo (6,645 ton), Veracruz (4,691 ton) y Puebla (3,556 ton) (SIAP, 2004); que concentran el 44% de la producción nacional; sin embargo la demanda nacional no se ha podido satisfacer, generando un déficit que es cubierto con importaciones.

## **2.7. Panorámica Nacional**

Los sistemas de producción ovina en México han sido estudiados, desde diferentes puntos de vista con el objetivo de identificar características, componentes, limitantes y problemáticas en la producción nacional, buscando alternativas de desarrollo para este sector de la ganadería (Nuñez, 2009).

A pesar de contar con una población ovina amplia y gran cantidad de recursos naturales disponibles, no ha sido posible cubrir la demanda que se tiene como país y la necesidad de hacer importaciones desde países productores se incrementa año con año. Bores y Vega (2003) lo atribuye a la baja calidad genética de los ovinos en México, a una inadecuada transferencia y adopción de tecnología así como deficientes canales de comercialización. Lo anterior ha marcado la pauta para evaluar animales jóvenes mediante pruebas de comportamiento y usarlos como progenitores en diferentes tipos de esquemas que se adapten a condiciones específicas de cada región.

La producción del ganado ovino se canaliza principalmente para la obtención de carne, relegando la producción de lana y leche, cuya explotación se realiza

en forma tradicional, como una fuente de ahorro al productor. En el centro del país, los rebaños se caracterizan por tener animales encastados de razas especializadas para carne como Sulffolk y Hampshire; en el trópico predominan las razas de pelo Pelibuey, Blackbelly, Katahdin y Dorper y animales tipo Criollo sin fenotipo definido en el 75% de los rebaños nacionales (Sánchez y Martínez, 1998).

Generalmente la producción ovina, es realizada en explotaciones rurales cuyos propietarios son campesinos con recursos financieros y tecnológicos limitados, producto de una actividad familiar complementaria y secundaria a las actividades agrícolas (Jiménez, 2002; Cuellar, 2006). Por otro lado, el tamaño de los rebaños oscila entre 5 a 19 cabezas y por ello proporcionan un ingreso económico bajo, excepcionalmente se reportan rebaños que superan las 50 cabezas (Nuñez, 2009).

El manejo reproductivo del rebaño puede ser considerado muy simple por lo que las variables reproductivas suelen ser bajas, lo cual refleja la falta de una capacitación y asistencia técnica integral en el manejo general de los animales. Los machos permanecen todo el año con las hembras, la relación hembra-macho es alta y sin control, con alto riesgo de consanguinidad. La tasa de parición y destete en el altiplano Mexicano alcanzan promedios de 62 y 72% respectivamente, por lo que se les considera bajas, la época de pariciones es de octubre a marzo, época desfavorable por la escasez aguda de alimento (Nuñez, 2009).

El crecimiento de los corderos es un proceso lento y poco eficiente con pesos al mercado de 35 a 40 kg a una edad de 1 año, con alta mortalidad y bajos rendimientos en canal(De Lucas y Arbiza, 1996).

## **2.8. Aspectos generales en la producción ovina nacional**

La producción de carne ovina es el objetivo principal de la ovinocultura del país. Gran parte de las explotaciones ovinas se desarrollan en sistemas tradicionales de pastoreo y su producción es económicamente viable pero con bajos índices productivos; sin embargo, la creciente demanda de productos agropecuarios requiere intensificar los procesos de producción, utilizando los esquemas productivos estratificados (Nuñez, 2009).

La situación actual del mercado de carne de borrego sugiere que la engorda de corderos se realice ya sea en praderas cultivadas con elevada producción de forraje y excelente calidad nutritiva o bien, en condiciones de confinamiento lo cual actualmente es una posibilidad técnicamente factible y económicamente rentable en condiciones propicias para el desarrollo de este tipo de ganadería (Sánchez, 1998); sin embargo las condiciones ambientales actuales tienden a generar dificultades en la producción esperada por cada uno de los sistemas de producción ante las prolongadas temporadas de estiaje y el desplazamiento de las estaciones ambientales.

Para reducir los costos por concepto de nutrición, la alimentación de las borregas adultas y reemplazos se debe basar preferentemente en el uso de forraje, ya sea en pastoreo, principalmente diurno de 6 a 8 horas diarias y encierro nocturno, o con forraje de corte (Nuñez, 2009).

Posterior al destete, los corderos deberán someterse a un régimen alimenticio de engorda, tomando en cuenta que el sexo, la edad y el peso vivo inciden en su productividad. Falcón *et al.* (1995) y Pérez *et al.* (1995) concuerdan que los machos manifiestan mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia que las hembras; ambos concluyen que en los corrales de engorda se deben incluir preferentemente machos por ser más eficientes económica y biológicamente, lo cual permitiría dejar hembras para reemplazo y no disminuir el número de vientres en los sistemas de producción.

En cuanto a la edad y el peso vivo, se menciona que animales jóvenes con un peso aproximado de 20 a 25 kg son más eficientes en la utilización de alimento ya que animales más pesados depositan más grasa y alargan el tiempo de finalización (Nuñez, 2009).

La engorda de corderos en corral tiene como objetivo maximizar el consumo de alimento y conversión alimenticia, desarrollando el máximo potencial genético del animal, reduciendo el periodo de crecimiento y haciendo más rentable el proceso de producción; sin embargo, se debe hacer un buen manejo de la dieta, ingredientes, calidad y precio ya que la nutrición representa el 75% de los costos de producción (Alvarez-Rodriguez *et al.*, 2008).

Haciendo una breve descripción y recopilando lo citado por otros autores, en la alimentación de los corrales de engorda se manejan tres tipos de dietas: la dieta de recepción (iniciación) que está conformada básicamente por forraje, en este proceso de adaptación se busca prevenir problemas metabólicos e iniciar lo más pronto posible la engorda de los corderos; la dieta de desarrollo y crecimiento en donde el porcentaje de proteína cruda (PC) se incrementa por

los requerimientos presentes en el animal en donde las ganancias de peso se ven reflejadas con mayores incrementos y cuya dieta está basada principalmente en granos y fuentes proteicas de alta calidad y la dieta de engorda, que debe formularse para cumplir con los requerimientos nutricionales de energía, proteína, fibra y minerales, con el objetivo de expresar la máxima ganancia de peso, en el periodo más corto de tiempo, con la menor incidencia de problemas metabólicos a menor costo (Pelcastre *et al.*, 1997).

## **2.9. Pruebas de comportamiento productivo**

Para que un individuo pueda expresar la información genética (Genotipo) es necesario que cuente con condiciones favorables las cuales son influenciadas por el ambiente; dichas condiciones incluyen factores de clima, precipitación pluvial, nutrición y manejo (Gardner, 1990). Los factores nutricionales juegan un papel muy importante en la expresión genotípica, es por esto que se ha generado conocimiento sobre los requerimientos nutricionales que deben cubrirse en cada etapa para el buen desarrollo del ovino.

El desarrollo de dietas para ovinos está basado en su mayoría en las condiciones climáticas y económicas con que cuenta cada región en particular, es por eso que se han probado una gran cantidad de ingredientes que pretenden cubrir los requerimientos del animal y que se encuentran presentes en la dieta. Los valores establecidos para una prueba de comportamiento en borregos recién destetados en base a sus requerimientos nutricionales van de 14-17% de PC y de 2.5-2.7 Mcal/kg de peso vivo (NRC, 1985).

Para identificar diferencias entre razas o individuos es necesario llevar a cabo evaluaciones de algunas variables que son representativas y que pueden ser

cuantificables; es así como se llevan a cabo las pruebas de comportamiento. Las pruebas de comportamiento en ovinos, se basan en la medición de características como consumo de alimento, ganancias de peso, conversión alimenticia y algunas variables de la canal para determinar el desempeño y eficiencia de los animales (Dalton, 1984).

Las pruebas de comportamiento permiten evaluar el crecimiento de corderos, una vez terminada su fase de destete, basándose en el comportamiento propio del animal, enfocándose principalmente a la obtención y selección de futuros progenitores (Bourdon, 1997). En ovinos estas se basan en características que pueden ser medidas que determinan rasgos del animal vivo y características de la canal, permitiendo comparar animales en similares condiciones de alimentación y manejo (Bourdon, 1997). Debido a que la heredabilidad de dichos rasgos varía de moderada a alta, su resultado es un buen indicador de la información genética que posee el animal (Simm, 1992). Esta prueba se realiza en condiciones de confinamiento o corral y en pastoreo.

La prueba en corral consiste en evaluar a los animales en corraletas individuales, dando un manejo similar. Administración de desparasitantes, vacunas y aplicación de multivitamínicos al inicio de la prueba es la misma para todos los animales, se verifica que estos se encuentren saludables y se lleva un registro productivo que comienza con el peso al inicio de la prueba.

Un esquema básico de una prueba de comportamiento y alimentación en ovinos incluye durante los primeros 15 días una dieta de adaptación basada en forrajes y concentrado, posterior a este periodo se les proporciona una dieta estándar y se inicia la toma de registros en forma periódica durante 60 días y al

finalizar la prueba se tiene una estimación del rendimiento individual de cada animal y se comparan animales entre sí, ya que al ser evaluados en las mismas condiciones el comportamiento de cada animal es el resultado de la herencia genética individual y del impacto acumulativo de los factores ambientales a los que fue expuesto (Goodwin, 1977).

En la prueba de comportamiento, los pesos y ganancias postdestete son características importantes debido a la asociación genética que guardan con la eficiencia en la transformación del alimento en carne con índices de herencia moderados a altos (superiores a 0.40) y sobre todo es en esta etapa que el individuo muestra su verdadero potencial genético, relativamente libre de influencia de la madre (Solis, 2002). El principal objetivo de la prueba de comportamiento es la identificación individual de animales sobresalientes, principalmente machos (Herrera *et al.*, 2003). Una de las ventajas de la prueba de comportamiento, es que permite evaluar animales jóvenes, lo que favorece la reducción del intervalo generacional, obteniéndose un indicador confiable del comportamiento productivo de los animales a una edad más temprana (Bourdon, 1997).

En México, existe la necesidad de hacer evaluaciones de animales jóvenes, dada la baja calidad genética de los ovinos (Bores *et al.*, 2002) e incentivar dichas pruebas con una transferencia de tecnologías apropiadas que faciliten su inclusión en los sistemas de producción.

Se han realizado una gran cantidad de trabajos en donde se pretende determinar cuáles son las mejores razas o cruza en aspectos productivos. En una prueba de comportamiento en donde se utilizaron corderos de las razas

Hampshire, Dorset y Suffolk se observó que el grupo racial con mayor peso final fue el Suffolk comparado con Dorset pero muy similar al Hampshire (Cruz *et al.*, 2006). Otro estudio en donde se evaluaron las razas Suffolk, Dorset y Hampshire Down con esquemas de cruzamientos terminales con razas de pelo (ovejas F1 Pelibuey x Black Belly) en el trópico, concluye que los corderos terminales de las razas paternas Suffolk, Dorset y Hampshire obtienen un crecimiento y composición corporal post destete similar (Bores *et al.*, 2002).

Se ha descrito que borregos Hampshire presentan las mejores ganancias diarias de peso, conversión alimenticia y espesor de grasa dorsal en pruebas de comportamiento al compararlos con ovinos Suffolk y Dorset (Cruz *et al.*, 2006).

Cruz *et al.* (2006) llevaron a cabo una prueba de comportamiento en ovinos de lana (Suffolk, Dorset y Hampshire) con 16% de PC y 2.93 Mcal/Kg. Los ingredientes utilizados fueron grano roloado (77.85%), heno de alfalfa (5%), pasta de soya (15%), sales minerales y vitaminas (2%), cultivo de levaduras (0.04%), amortiguador (0.08) y un ionóforo; los ovinos de la raza Hampshire tuvieron mayor peso final que los Dorset y Suffolk.

En una evaluación de cruza de ganado de pelo con las razas Suffolk, Dorset y Hampshire Down, a los corderos se les suministró a partir de los 15 días de edad un alimento con 18% de PC y 3.0 Mcal/kg de EM a libre acceso (Bores *et al.*, 2002). El destete fue realizado a los 70 días de edad pasando inmediatamente a engorda en corrales con capacidad para cuatro corderos y se les proporcionó una dieta integral a libertad con 14% de PC y 2.7 Mcal/kg de EM, 0.54% de calcio y 0.27% de fósforo; la dieta fue elaborada en base a

rastrajo de maíz (23%), grano de maíz (38.5%), pasta de soya (12%), cascarilla de soya (10%), aceite vegetal (3%) , melaza de caña (10%), urea (1%), sal (1%), bicarbonato de sodio (1%), fosforo (0.02%), micro-minerales (.04%), vitaminas (0.2%), sulfato de sodio (.2%), carbonato de calcio (0.5%) obteniendo en promedio un crecimiento pre y posdestete de 139 y 220 g respectivamente, un rendimiento pie a canal (47 % comercial y 56.2 % verdadero) y un contenido de grasa similar (15.9 % del peso vivo vacío) (Bores *et al.*, 2002).

## **2.10. Morfología cuantitativa**

La descripción de las diferentes agrupaciones raciales y su posible diferenciación se basa en el estudio y catalogación de lo que en términos zotécnicos se denomina carácter étnico, que es una particularidad individual destacada (Torres, 2006). Estos caracteres no se muestran independientes, por el contrario, tienen siempre relación de dependencia unos con otros. El carácter étnico, en cuanto al aspecto general que los animales presentan, se deduce del análisis concreto de tres bases fenotípicas de apreciación: peso, perfil y proporciones (Torres, 2006). La totalidad de caracteres fenotípicos obtenidos al examinar estas tres grandes bases de apreciación racial e individual constituyen el conjunto de los caracteres étnicos morfológicos, que completados con los funcionales y los temperamentales definen exactamente las diversas agrupaciones raciales (Aparicio, 1960). En el patrón etnológico, los caracteres étnicos son los más importantes, porque los demás caracteres son similares para todos los conjuntos de la misma especie (Sánchez *et al.*, 2000). Los caracteres étnicos más importantes y que hacen objeto de apreciación biométrica, resultan principalmente de tres clases de medidas: alzadas, diámetros de longitud, anchura y perímetros (Aparicio, 1960).

Dada la importancia de la toma de las mediciones anteriores, Torres *et al.* (2006), realizaron una evaluación morfométrica en ovejas de la raza Xisqueta tomando medidas sobre 5 alzadas, 4 diámetros y 7 perímetros, así como 10 medidas más sobre distancias, longitudes y profundidades, todas ellas en una amplia muestra de animales de raza Xisqueta. Con estos datos y tras los análisis estadísticos pertinentes caracterizó el nivel morfológico cuantitativo de la raza.

#### **2.10.1. Caracterización morfológica a nivel cuantitativo**

La descripción morfométrica descrita en la investigación de la raza Xisqueta se realizó utilizando 26 variables morfológicas y 12 índices corporales; así como el efecto sexo y el origen geográfico de los individuos sobre las variables de estudio (Torres, 2006).

#### **2.10.2. Nivel cuantitativo y variables morfológicas**

Con el fin de establecer el estándar morfológico cuantitativo, el primer paso a realizar es la elección de las variables morfológicas. Torres *et al.* (2006) mencionan que tras consultar referencias bibliográficas (Anguera, 1985; Serrano *et al.*, 1989; Ibañez, 1991; Jordana y Folch, 1995; Alvarez *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2000) seleccionaron un total de 26 variables, que dependiendo de la región corporal se agruparon en tres categorías incluyendo medidas cefálicas, del tronco y las extremidades.

A continuación se definen las medidas morfológicas (Aparicio, 1960);(Anguera, 1985);(Soltillo y Serrano, 1985);(Ibañez, 1991); (Jordana y Folch, 1995). Entre

paréntesis se muestra su abreviación para el registro de los datos y el modo en que se tomaron:

a) Medidas cefálicas: Todas las que abarcan las estructuras craneales y se incluyen en longitudes y circunferencias.

- *Longitud de la cabeza* (LC): distancia entre la protuberancia del occipital (región de la nuca) hasta el labio superior (dos dedos por encima de dicho labio) (Compás de Brocas).
- *Profundidad de la cabeza* (PRC): diámetro máximo entre la cara anterior del frontal y el punto más convexo de la rama mandibular (Compás de Brocas).
- *Longitud del cráneo* (LCR): diámetro entre el punto más culminante del occipital y la unión fronto-nasal (Compás de Brocas).
- *Longitud de la cara* (LCA): diámetro entre la línea de unión frontonasal y el punto más rostral del labio maxilar (Compás de Brocas).
- *Anchura del cráneo* (ANCR): diámetro entre los puntos inmediatamente superiores de la apófisis coronoides de la rama mandibular (Compás de Brocas).
- *Anchura de la cabeza* (ANC): distancia entre las arcadas cigomáticas (Compás de Brocas).
- *Longitud de la oreja* (LOR): distancia desde la base caudal del cartílago auricular a la punta de la oreja (Cinta métrica).

b) Medidas del tronco:

- *Alzada a la cruz* (ACR): distancia desde el punto más alto de la cruz (región interescapular) al suelo por la extremidad anterior izquierda (Bastón zoométrico).

- *Alzada al dorso (ADO)*: distancia desde el punto medio de la región dorsal (entre la cruz y la región lumbar) al suelo (Bastón zoométrico).
- *Alzada a la grupa (AGR)*: distancia desde el suelo hasta el punto de unión de la región del lomo con la grupa (Bastón zoométrico).
- *Alzada a la pelvis (APE)*: distancia desde el suelo hasta el punto dorsal anterior de la pelvis (5ª vértebra lumbar) (Bastón zoométrico).
- *Alzada al nacimiento de la cola (ACO)*: distancia desde el suelo hasta el nacimiento de la cola (Bastón zoométrico).
- *Diámetro longitudinal (DLO)*: distancia entre la punta de la articulación escápulo-humeral (puntos más craneales y laterales) y la punta del isquión (punto más caudal de la nalga) (Bastón zoométrico).
- *Diámetro dorso-esternal (DDE)*: distancia vertical entre la parte más culminante de la cruz (región interescapular) y la región esternal inferior (olécranon) (Compás de Brocas).
- *Diámetro entre encuentros (DEE)*: diámetro entre los puntos más craneales y laterales del húmero (articulación escápulo-humeral) (Compás de Brocas).
- *Diámetro bicostal (DBI)*: distancia entre ambos planos costales tomando como referencia los límites de la región costal respecto a las proximidades de la articulación del codo (Compás de Brocas).
- *Anchura de la grupa (ANGR)*: distancia interilíaca (tuberosidades laterales del coxal) (Compás de Brocas).
- *Longitud de la grupa (LGR)*: distancia entre la punta del anca (tuberosidad ilíaca externa) y la punta del isquión (punto más caudal de la nalga) (Compás de Brocas).

- *Perímetro torácico* (PTO): perímetro del tronco a la altura de la parte más culminante de la cruz (región interescapular) y la región esternal inferior (olécranon) (Cinta métrica).

c) Medidas de las extremidades:

- *Perímetro de la rodilla* (PRO): longitud máxima del círculo recto que se forma alrededor del carpo (Cinta métrica).
- *Perímetro de la caña* (PCÑ): longitud del círculo recto que se forma en el punto medio de la región metacarpiana del miembro anterior izquierdo (Cinta métrica).
- *Perímetro del menudillo* (PME): longitud máxima del círculo recto que se forma alrededor de la articulación metacarpo-falangiana (Cinta métrica).
- *Perímetro de la cuartilla* (PCU): longitud del círculo recto que se forma alrededor de la segunda falange en su tercio medio (Cinta métrica).
- *Perímetro de la corona* (PCO): longitud del círculo recto que se forma alrededor de la epidermis del limbo, en el canto proximal del casco (Cinta métrica).
- *Distancia codo-rodete* (DCR): distancia desde la articulación del codo al rodete del casco del miembro anterior izquierdo (Cinta métrica).
- *Perímetro del corvejón* (PCV): longitud máxima del círculo recto que se forma alrededor del tarso (Cinta métrica).

Torres *et al.* (2006) mencionan que todas las medidas analizadas deben ser tomadas por la misma persona para disminuir en lo posible errores de medición. Las medidas cefálicas (LC, PRC, LCR, LCA, ANCR, ANC) que reportan se tomaron utilizando un compás de Brocas, excepto la longitud de la

oreja (LOR) que fue registrada con cinta métrica. En las medidas del tronco, las alzadas (ACR, ADO, AGR, APE, ACO) y el diámetro longitudinal (DLO) se toma mediante bastón zoométrico, mientras que para el resto de las medidas (DDE, DEE, DBI, ANGR, LGR) se utiliza el compás de Brocas, a excepción de perímetro torácico (PTO), que se mide con cinta métrica. Para las medidas de extremidades (PRO, PCÑ, PME, PCU, PCO, DCR, PCV) se utiliza cinta métrica. Los datos de cada ejemplar se registran en una ficha de control y, posteriormente, se concentraron en una base de datos mediante el programa Microsoft Access (Microsoft Office, 2000).

### **2.11. Índices corporales**

Relacionar las diversas medidas obtenidas de un animal es útil para efectos de su clasificación racial (índices etnológicos) o de la evaluación de su aptitud (índices funcionales). Por ello, a partir de las correlaciones entre ciertas medidas biométricas, mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 1996), se calcularon 12 índices corporales para llevar a cabo la evaluación morfológica y buscar diferencias estadísticas entre los individuos evaluados. (Aparicio, 1960; Anguera, 1985; Sañudo *et al.*, 1984; Ibañez, 1991; Jordana y Folch, 1995).

El estudio de coeficientes de correlación en ovinos entre el engrosamiento de la grasa dorsal realizada por ultrasonido, medida entre la doceava y treceava costilla y directamente de la canal, se ha estimado en parámetros de 0.31 a 0.59 (*Edwards et al.*, 1989) ; *Teixeira et al.*, 2006); sin embargo al observar la medición en la 3a o 4<sup>a</sup> vértebra lumbar la correlación es de 0.42 (*Teixeira et al.*, 2006) .

La determinación del área del músculo *Longissimus* representa el área seccional entre la doceava y treceava costilla, siendo el estimador más común de este músculo, el cual es usado para calcular el rendimiento de la canal (Cordero *et al.*, 2008). En ovinos la correlación entre las mediciones de ultrasonido y canal ha sido calculada en 0.36 (Edwards *et al.*, 1989) y una medición promedio de  $156 \pm 60\text{mm}^2$  (McLaren y Novakofski, 1989).

## **2.12. Estimación de rendimiento y componentes que conforman el peso total del ovino y su rendimiento en canal**

Dentro de los procesos de mejoramiento genético que ha buscado el hombre en cada especie explotada, un indicador de productividad se denomina rendimiento, el cual se ve asociado con el éxito en muchos de los sistemas de producción, marca una pauta para determinar qué tan eficiente es el sistema de producción con el que se cuenta; sin embargo uno de los aspectos más importantes y que no siempre se encuentra relacionado es la calidad. El mercado al que se pretende ofrecer dicho producto y que en el caso de la ovinocultura nacional se ha desplazado de una forma muy marcada por los altos rendimientos y la eficiencia de los mejores individuos en la población es una limitante para que tenga un valor económico y cultural.

Es necesario contar con variables cuantitativas que nos permitan medir, caracterizar y evaluar el desarrollo de los prospectos reproductores y que tengan altos niveles de correlación con el rendimiento de la canal y algunos indicadores de calidad, por lo que es necesario desarrollar estudios a nivel de poblaciones y poder así impactar de una manera importante en el desarrollo de la ovinocultura nacional.

El mercado de la calidad es hasta el momento una oportunidad que se encuentra en proceso y en la cual no se cuentan con estudios suficientes y a profundidad sobre las necesidades en cuanto a calidad. Representa una oportunidad de competitividad para pequeños productores que no cuentan con extensiones latifundistas que difícilmente compiten con grandes empresas dedicadas a la producción e importación de carne de ovino.

La mayor parte de la producción de corderos en nuestro país, tiene como objetivo cubrir la demanda de carne para el mercado de la barbacoa. Generalmente, los productores venden el cordero en pie, siendo el peso vivo y la edad, los principales factores para determinar el precio de compra. Una vez que el cordero es sacrificado, la canal se despieza sin un patrón específico, se busca obtener piezas lo más completas posibles y que tengan un tamaño que permita su acomodo en los hornos o peroles donde se prepara la barbacoa, por esto es posible vender cualquier parte de la canal al mismo precio de venta.

### **2.13. Rendimiento en canal**

La canal ovina es el cuerpo del animal sacrificado, desangrado, desollado, eviscerado, con la separación de la cabeza a nivel de la articulación occipito-atloidea y sin extremidades que se cortan a nivel de las articulaciones carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana, conservando el vestigio de la cola, los pilares y la porción periférica carnosa del diafragma, los testículos, los riñones, la grasa de la riñonada y la cavidad pélvica; en el caso de las hembras las glándulas mamarias se separan en dos porciones.

En 1991, Sowder (1991) encontró que las características de la canal fueron similares en corderos producto del cruzamiento de ovinos de lana y de pelo (Dorper × Columbia) y el cruzamiento entre ovinos de lana (Suffolk × Columbia); (Snowder and Duckett, 2003). Nell (1998) reporta que corderos cruza de las razas Dorper × Rambouillete producen canales con alto rendimiento y de mayor valor comparadas con las obtenidas de la raza Rambouillete y de la cruce Suffolk × Rambouillete .

Existen estudios en donde el rendimiento en canal caliente (pocos minutos después del sacrificio) y fría (72 horas después del sacrificio) fue mayor ( $P < 0.001$ ) en los corderos de pelo comparado con los de lana (51 vs 47 %, respectivamente; (Hernández-Cruz, 2006). Lo anterior se debe a que el cordero de lana tiene un mayor peso de piel ( $P < 0.05$ ), extremidades ( $P < 0.05$ ) y vísceras rojas ( $P < 0.001$ ), en consecuencia su rendimiento en canal respecto al peso vivo fue menor en comparación con los corderos de pelo (Hernández-Cruz, 2006).

Datos semejantes a lo anterior son reportados por (Acebal *et al.*, 2000) al comparar dos genotipos (Texel contra Ideal) y observaron que el rendimiento de la canal fría fue diferente al tener más rendimiento en canal la raza Texel. Lo anterior coincide con (Gutierrez *et al.*, 2005) quienes obtuvieron diferencias en cuanto al peso de la canal y la deposición de grasa en el área del riñón entre corderos Pelibuey, Suffolk × Pelibuey y Rambouillet × Pelibuey; sin embargo, (Notter *et al.*, 2004) no obtuvieron diferencias en el rendimiento de canal caliente entre razas (Dorper vs Dorset).

Existen referencias que muestran que en corderos con 35 kg de peso al sacrificio, obtuvieron canales de 15 kg en todos los genotipos evaluados ( $P>0.05$ ). Diaz *et al.* (2003) encontraron que corderos de 10 a 14 kilos tenían diferencias en cuanto a la deposición de grasa, por lo que sugiere la estandarización del peso de la canal, además son necesarios más estudios que provean información sobre características presentes en la canal que permitan establecer diferencias que repercutan en el precio en base al genotipo y al sexo.

En un estudio en donde se utilizaron 59 corderos de las razas Pelibuey (P), Suffolk x Pelibuey (SP), Ramboulliet x Pelibuey (RP) para evaluar el efecto de estos cruzamientos en las características y la composición de la canal, para lo cual llevaron a cabo la disección de los músculos, hueso, tejido subcutáneo, piel y grasa interna y total (Gutierrez *et al.*, 2005). Al realizar diferentes tipos de cortes no encontraron efecto relacionado a los grupos genéticos evaluados; sin embargo las muestras obtenidas del hombro presentan diferencias entre los grupos evaluados y el corte obtenido. El área de grasa en el riñón fue mayor ( $P<0.05$ ) en la cruce RP; el rendimiento en canal más bajo fue en la cruce RP ( $51.27 \pm 0.68$ ) con respecto a P ( $54.01 \pm 0.61$ ) y SP ( $53.78 \pm 0.58$ ); se concluyó que los cruzamientos con R y S no influyen de manera significativa en el rendimiento en canal.

Snowder *et al.* (2003) utilizaron semen de la raza Dorper y realizaron inseminación artificial en ovejas para obtener corderos F1 de las cruces Columbia-Dorper, Suffolk-Columbia y la raza pura Columbia y llevaron a cabo una prueba de comportamiento encontrando ganancias de peso similares en los tres tratamientos pero en el rendimiento en canal la cruces con Dorper fue

superior a las otras cruzas y la línea pura, por lo que se sugiere que ésta puede ser usada en esquemas de cruzas terminales para la producción de carne.

En un estudio con veinte machos de la raza Pelibuey donde se evaluaron cuatro dietas con niveles desde 0 hasta 4.5% de calcio saponificado respectivamente y niveles de 14% de PC y 2.6 Mcal/Kg basándose en NRC (1985); recibiendo esta dieta por 60 días y fueron pesados cada 20 días obteniendo un promedio por tratamiento (Salinas *et al.*, 2006). Los corderos se sacrificaron y se realizó una medición ultrasonográfica en los espacios intercostales de la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla utilizando un equipo Aloka SSD-500 y un transductor lineal de 7.5 MHz. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) relacionadas con la adición de calcio saponificado y tampoco en el área medida de *L. dorsi* ( $P > 0.05$ ) con ultrasonido.

#### **2.14. Ultrasonografía y rendimiento en canal**

Existen métodos para estimar el desarrollo de la canal basadas en técnicas ultrasonográficas las cuales son un método no invasivo para la estimación de grasa, músculo y composición corporal del ganado en vivo, lo cual representa una tecnología confiable con un alto grado de repetibilidad (Faulkner *et al.*, 1990).

La determinación del área del músculo *Longissimus* representa el área seccional entre la doceava y treceava costilla, siendo el estimador más común de este músculo, el cual es usado para calcular el rendimiento de la canal (Cordero-Mora *et al.*, 2008). En ovinos la correlación entre las mediciones de ultrasonido y canal ha sido calculada en 0.36 (Edwards *et al.*, 1989) y una medición promedio de  $156 \pm 60 \text{mm}^2$  (McLaren *et al.*, 1991).

Se han estudiado en ovinos coeficientes de correlación simple entre el engrosamiento de la grasa dorsal realizada por ultrasonido, medida entre la doceava y treceava costilla y directamente de la canal, las cuales se estiman en parámetros de 0.31 a 0.59 (Edwards *et al.*, 1989; Teixeira *et al.*, 2006); sin embargo al observar la medición en la 3ra. ó 4ta. vértebra lumbar la correlación es de 0.42 (Teixeira *et al.*, 2006).

### **2.15. Características fisicoquímicas de la carne de ovino y análisis sensorial**

La carne es el tejido animal derivado principalmente del músculo, que es consumido como alimento. Desde el punto de vista nutricional, la carne es una fuente nutricia de proteínas, grasas y minerales. De las fuentes de proteína con que se cuentan, la carne es la que mayor valor y apreciación alcanza en los mercados con respecto a proteína de origen vegetal; paradójicamente, también es uno de los alimentos más evitados por la población y que más polémicas suscita por la asociación con algunas enfermedades. La mayor parte del consumo de carne de los seres humanos proviene de mamíferos siendo el ovino uno de los que se consumen con mayor frecuencia en todo el mundo.

El origen de la carne es muy diverso y sus características específicas dependen de la especie de la cual fue obtenida, además del proceso en el que se desarrolló; lo que indica que la mayor parte del consumo mundial de carne procede de animales domesticados que abastecen de materia prima la industria cárnica y sólo una pequeña proporción procede de la carne de caza.

La carne de cordero es muy aceptada por diversas culturas; los ovinos fueron de los primeros animales en ser domesticados por el hombre y muy valorados

por la producción de lana y leche; las razas de ovinos han sido seleccionadas igualmente para proporcionar diversos subproductos como puede ser la leche o la lana, además de generar ciertas características como la cola grasienta, muy apreciada culinariamente en algunas partes.

## **2.16. Estudios de calidad de la carne de ovino**

Sañudo *et al.* (2000) analizaron los resultados de carne obtenida de las canales de ovinos de la raza Aragonesa utilizando el sistema de clasificación de Estados Unidos, midiendo el pH y la pérdida de capacidad de retención de agua de una muestra de *L. dorsi*. Al realizar un análisis sensorial se determinó la ternura, jugosidad y contenido de hemoglobina, no se encontraron diferencias significativa en pH ni pérdida de la capacidad de retención del agua ( $P \geq 0.05$ ).

Bünger (2008), determinó el efecto de peso al nacimiento en las razas de ovinos Texel y Cara negra escocesa, utilizando el sexo y la talla presente en cada animal para encontrar las diferencias en el tipo de fibras musculares; Se obtuvieron muestras del músculo *Longissimus thoracis* y *Longissimus lumborum*; para la raza Texel ( $P > 0.05$ ), el corte seccional del musculo estuvo compuesto de 16% de fibras musculares para la Cara negra escocesa y un 20% para Texel, el tamaño de las fibras musculares fue menor en ovinos Texel con respecto a Cara negra escocesa (7.5% vs 9.6%) (Bünger, 2008).

No existen cambios en la composición histoquímica en las razas evaluadas, no obstante, existe variación genética y se debe incluir en futuros estudios de calidad de la carne así como en programas de mejora genética (Bünger, 2008).

Snowder *et al.* (2002) realizaron un estudio evaluando cruza de la raza Dorper x Columbia (DxC), Suffolk x Columbia (SxC) y Columbia (C); concluyeron que la composición química de la canal no presentó diferencias y su composición total fue de 52% de rendimiento en canal, con 30% de lípidos (extracto etéreo), 17% de proteína y 0.76% de cenizas.

Se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) para resistencia de la carne realizado con la técnica de corte con navaja de Warner-Bratzler, que determina la resistencia presente en la carne al momento de realizar el corte. La terneza de la carne fue significativamente ( $P > 0.05$ ) favorable para los corderos de la cruce con Dorper (Snowder y Duckett, 2003).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados, localizada en Montecillo, municipio de Texcoco, ubicado geográficamente a los 98° 48' 27" de longitud oeste y 19° 48' 23" de latitud norte y una altitud de 2241 msnm. El clima reportado es Cb (Wo) (w) b (i') templado semi-seco, con una precipitación media anual de 632.5 mm durante el verano y una temperatura anual entre 12 y 18°C (García, 1988).

Durante la primera etapa de vida de los corderos que se utilizarían en el experimento se llevó a cabo un manejo sanitario que incluyó la aplicación de bacterina del complejo de *Clostridium spp.* (Exgon 8, Chinoin), desparasitación (Ivermax, Tornel y Closantil 5% Oral, Chinoin) y la suplementación con un iniciador al 20 % de proteína cruda (Lambtech Bio-Nova, Purina<sup>®</sup>). Entre las actividades de manejo rutinario se llevó a cabo el descole, utilizando ligas de presión; también se atendió el cuidado de las pezuñas durante la época de lluvias.

Desde la lactación hasta el destete, cada 15 días se registraron los pesos de todos los corderos para dar seguimiento al crecimiento y desarrollo de los animales que conformaron el experimento, se buscó un modelo homogéneo, tomando en cuenta el peso al destete así como un indicador en la salud del rebaño basándose en el incremento de peso y la dieta ofrecida (leche materna, suplemento, heno de avena, heno de alfalfa y calidad del agua todos ellos *ad libitum*).

Al momento de ingresar los grupos de animales a la prueba de comportamiento fueron pesados y se buscó la mayor similitud en cuanto al peso, fueron

seleccionados por fenotipo y agrupados en seis tratamientos con seis repeticiones cada uno; los tratamientos fueron establecidos con base en su fenotipo y sexo (machos enteros y hembras). Los grupos se formaron de la siguiente manera: T1= Machos Dorset, T2= Machos Suffolk, T3= Machos Dorset x Suffolk, T4= Hembras Dorset, T5= Hembras Suffolk y T6 = Hembras Dorset x Suffolk. Una semana antes de iniciar la prueba de comportamiento, los corderos fueron separados de la madre cumpliendo los 5 meses de edad y manejados con una dieta basada en heno de avena, alfalfa achicalada y un suplemento alimenticio pre-iniciador (Lambtech Bio-Nova, Purina<sup>R</sup>), se ofreció agua *ad libitum*, se realizó un constante monitoreo del estado físico y de salud de todos los corderos.

### 3.1. Prueba de comportamiento productivo

Los corderos seleccionados fueron confinados en corraletas techadas de 3 x 3 m, buscando disminuir el estrés ambiental; se tuvieron con bebederos automáticos para ofrecer agua potable a libre acceso. El manejo alimenticio consistió en ofrecer el 50 % de la dieta diaria por la mañana (8:00 a.m.) y el otro 50 % por la tarde (6:00 p.m.), en comederos y a libre acceso y en donde todos los corderos pudieran alimentarse sin restricción alguna por competencia.

Durante esta prueba se establecieron tres etapas en el crecimiento y desarrollo de los corderos.

La etapa uno (de iniciación) abarcó del día 0 al día 15, se ofreció una dieta que cubría los requerimientos de 14 % de proteína cruda (PC) y 2.7 MCal/kg de energía neta metabolizable (ENM), y con 35 % de fibra de acuerdo a NRC (1987); al inicio de la prueba, se ofreció una cantidad pequeña acompañada

con heno de avena y alfalfa hasta el día 15, en donde únicamente se alimentaron con concentrado (Cuadro 1).

La etapa dos (de desarrollo) comprendió del día 16 al día 45 de la prueba de comportamiento y la dieta fue elaborada para tener 17 % de PC, 2.8 MCal/kg de ENM y 15 % de fibra, de acuerdo a NRC (1985). La etapa tres (de finalización) abarcó del día 46 al día 60. La dieta fue elaborada para un requerimiento de 15 % de PC, 2.7 de ENM y 15 % de fibra, de acuerdo a NRC, (1985) (Cuadro 1).

**CUADRO 1. Dietas experimentales utilizadas en la prueba de comportamiento para la evaluación morfométrica de los fenotipos ovinos.**

| <b>Ingrediente</b> | <b>Dieta 1<br/>(iniciación )</b> | <b>Dieta 2<br/>(Desarrollo )</b> | <b>Dieta 3<br/>(Finalización)</b> |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Sorgo              | 35                               | 34                               | 34                                |
| Maíz               | 35                               | 19                               | 28.5                              |
| Pasta de soya      | 7.5                              | 18.5                             | 11                                |
| Rastrojo de maíz   | 6.5                              | 10                               | 10                                |
| Pan molido         | 0                                | 6                                | 0                                 |
| Alfalfa acicalada  | 10                               | 5                                | 5                                 |
| Melaza de caña     | 3                                | 3                                | 3                                 |
| Bases minerales    | 2                                | 2                                | 2                                 |
| Aceite de soya     | 0                                | 1                                | 1                                 |
| Urea               | 1                                | 1                                | 1                                 |
| Salvado            | 0                                | 0.5                              | 4.5                               |
| <b>TOTAL</b>       | <b>100</b>                       | <b>100</b>                       | <b>100</b>                        |

El programa utilizado para la formulación de la dieta fue NUTRION TM<sup>R</sup>, para generar las dietas fue registrada una matriz con los ingredientes con mayor disponibilidad en el mercado local y cuya calidad fuera homogénea dentro de los lotes adquiridos.

Para estimar el crecimiento de los individuos se llevaron a cabo mediciones morfológicas para determinar la distribución de la biomasa conforme el peso iba incrementando en un sistema de caracterización morfométrica, para la toma de datos se realizó una matriz con todas las variables (Anexo 1), en el cual se utilizó una cinta métrica flexible de 100 cm, bastón zoométrico y una báscula electrónica, las evaluaciones ultrasonográficas se realizar con un equipo de ultrasonido Sonovet 600, con un transductor lineal de 7.5 Mhz; la medición se realizó en posición perpendicular a la línea media dorsal, entre la doceava y treceava costilla (Silva *et al.*, 2005; Nieto, 2009) obteniendo imágenes en tiempo real que fueron impresas para su posterior análisis; las variables morfométricas de estudio fueron las siguientes:

**CUADRO 2. Variables morfométricas evaluadas en el estudio de crecimiento de los fenotipos ovinos evaluados.**

| Variable          | Acrónimo | Descripción   |
|-------------------|----------|---|
| Alzada a la cruz  | ACR      | Distancia entre el punto más alto de la cruz (región interescapular) y el suelo, medido por la extremidad anterior izquierda. |
| Alzada al dorso   | ADO      | Distancia desde el punto medio de la región dorsal (entre la cruz y la región lumbar) y el suelo.                             |
| Alzada a la grupa | AGR      | Distancia desde el suelo hasta el punto de unión de la región del   |

|                                 |      |  |
|---------------------------------|------|--|
|                                 |      | lomo con la grupa  |
| Alzada a la pelvis              | APE  | Distancia desde el suelo hasta el punto dorsal anterior a la pelvis (5ª vértebra lumbar).  |
| Alzada al nacimiento de la cola | ACO  | Distancia desde el suelo hasta el nacimiento de la cola.   |
| Diámetro longitudinal           | DLO  | Distancia entre la punta de la articulación escápulo-humeral (puntos más craneales y laterales) y la punta del isquión (punto más caudal de la nalga).     |
| Diámetro dorso-esternal         | DDE  | Distancia vertical entre la parte más culminante (región intraescapular) y la región esternal inferior (olecranon).  |
| Diámetro entre encuentros       | DEE  | Diámetro de los puntos más craneales y laterales de húmero (articulación escápulo-humeral).  |
| Diámetro bicostal               | DBI  | Distancia entre ambos planos costales tomando como referencia los límites de la región costal con respecto a las proximidades de la articulación del codo. |
| Anchura de la Grupa             | ANGR | Distancia interilíaca (tuberosidades laterales del coxal).   |
| Longitud de la Grupa            | LGR  | Distancia entre la punta del anca (tuberosidad ilíaca externa) y la punta del isquión (punto más caudal de la nalga).                                      |
| Perímetro torácico              | PTO  | Perímetro del tronco, a la altura de la parte más culminante de la cruz (región intraescapular) y la región esternal inferior.                             |

|   |        |   |
|---|--------|---|
| Perímetro total de la pierna              | PTP    | Longitud máxima del círculo recto que se forma en la región mayor de la pierna.   |
| Largo de cuello                           | LCU    | Distancia total entre la primera vértebra cervical y la última que se inserta en el tórax.                                  |
| Perímetro del cuello                      | PCU    | Circunferencia total en la parte media del cuello.  |
| Área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> | ArMUSC | Medición ultrasonográfica ubicada en la 12ª y 13ª costilla para medir el crecimiento del músculo del lomo.                  |
| Grasa de Cobertura                        | GRASA  | Realizada a través de ultrasonido para determinar la cantidad de grasa depositada sobre el músculo <i>Longissimus dorsi</i> |
| Peso Corporal                             | PESO   | Estimación del total de biomasa acumulada.  |

El consumo de alimento (CDA) se obtuvo por diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado diariamente. La ganancia diaria de peso (GDP) se calculó con base al peso ganado durante la fase experimental, dividido entre los días de la investigación. La conversión alimenticia (CA) se calculó dividiendo el consumo de materia seca entre la ganancia diaria de peso, y la eficiencia alimenticia (EA), dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo diario de materia seca.

Al finalizar la prueba de comportamiento se eligieron al azar tres ejemplares machos para ser sacrificados y así evaluar la distribución de la biomasa en

cada uno de los tratamientos, en donde los parámetros clasificados fueron la canal, las vísceras, la piel y la cabeza.

Una vez terminada la prueba de comportamiento (65 días), los animales seleccionados fueron sacrificados por degüello, se utilizó un cuchillo que se incrustó en las venas yugulares para poder hacer un corte transversal en ellas y coleccionar la sangre en el recipiente que fue pesada en una báscula.

Los animales desangrados fueron desollados y eviscerados, se colgaron en ganchos para iniciar el proceso de escurrimiento y la toma de datos de las variables correspondientes (Cuadro 3).

Cada canal fue clasificada como canal caliente y canal fría; las vísceras como vísceras abdominales (llenas y vacías) y vísceras torácicas (corazón y pulmón), se registraron los pesos de órganos como el hígado, bazo, riñón, testículos y la estructura craneal que fue separada en la articulación occípito-atloidea.

Las canales fueron refrigeradas a una temperatura de 4 °C durante 24 horas en donde se volvieron a pesar para determinar la merma o pérdida de líquidos corporales por medio de condensación y escurrimiento.

**CUADRO 3. Variables morfométricas evaluadas en el sacrificio y estimación de rendimiento en canal.**

| <b>Variable</b>          | <b>Acrónimo</b> | <b>Descripción</b>   |
|--------------------------|-----------------|--|
| Grasa de cobertura canal | GRASA C         | Medida realizada con vernier para corroborar físicamente la última medición ultrasonográfica de la porción de grasa depositada sobre el musculo <i>Longissimus</i> |

|                                    |                 |  |
|------------------------------------|-----------------|--|
|                                    |                 | <i>dorsi.</i>  |
| Peso de la canal caliente          | PESO CAL        | Estimación de la biomasa acumulada a nivel de canal al momento del sacrificio.   |
| Peso de la canal fría (1 hra)      | PESO FRIA<br>1  | Estimación de la biomasa acumulada a nivel de canal así como la merma presente después de una hora.  |
| Peso de la canal fría (72 hrs)     | PESO FRIA<br>72 | Estimación de la biomasa acumulada a nivel de canal así como la merma presente después de 72 horas.  |
| Vísceras abdominales con contenido | VISCABD<br>CONT | Se registró el peso total de todos los órganos que comprenden esa zona topográfica tomando en cuenta el peso con contenido intestinal.   |
| Vísceras abdominales sin contenido | VISCABD         | Se registró el peso total de todos los órganos que comprenden esa zona topográfica, tomando en cuenta el peso con contenido intestinal y después de un lavado y escurrido, el peso libre de contenido. |
| Vísceras torácicas                 | VISCTOR         | Los datos tomados para estas variables fueron el peso del corazón, pulmones y tráquea.   |
| Piel                               | PIEL            | Una vez desollado el animal fue posible pesar la piel.   |
| Sangre                             | SANGRE          | Después del degüello fue posible coleccionar la sangre para ser pesada.  |

Para el caso de las vísceras abdominales se registró el peso total de todos los órganos que comprenden esa zona topográfica, tomando en cuenta el peso

con contenido intestinal y después de un lavado y escurrido, el peso libre de contenido. Los órganos en que se registró el peso (hígado, riñón, bazo) fueron inspeccionados para reportar cualquier alteración patológica como parte de la rutina que se lleva a cabo en el área de inspección de calidad en las empacadoras.

Para el grupo de vísceras torácicas, los datos tomados para estas variables fueron el peso del corazón, pulmones y tráquea previo un lavado.

Las variables fueron registradas y analizadas con el paquete estadístico SAS v. 9.1 (SAS, 2010), utilizando un diseño completamente al azar a partir de modelo balanceado. Para el análisis se llevó a cabo un análisis de componentes principales (CPRSM), análisis de varianza para cada una de las variables (GLM), ajuste de regresión lineal (RegMedi).

Durante el presente estudio se realizó un análisis morfométrico de las variables de interés que permitieron determinar cuál es la relación presente con respecto a la curva de crecimiento y el tiempo de muestreo realizado en esta prueba, lo que explica las diferencias entre RAZA, SEXO y la interacción RAZA\*SEXO.

Las variables morfométricas fueron sometidas a un análisis de componentes principales (ACP), a partir de un análisis de medias (CPRSM); los resultados obtenidos fueron concentrados en graficas que permitieron determinar las tendencias en el crecimiento y el desarrollo de cada una de estas variables por tratamiento y durante los cinco muestreos realizados en los diferentes días de la prueba de comportamiento (0, 10, 20, 35 y 60). A través de un análisis de componentes principales (ACP), se obtuvieron 19 componentes, las cuales fueron utilizadas para determinar la variación presente de los datos obtenidos

por medio de la proporción acumulada respectiva a las primeras dos componentes que explican el 81% de dicha variación (Anexo 4).

### **3.2. Análisis de crecimiento**

Una vez obtenidos los valores para cada uno de los componentes principales, la relación en que se presenta con cada una de las variables y el valor con que se presenta esta relación, fue posible obtener variables representativas para cada grupo formado por el análisis y graficar así los promedios para explicar el grado de independencia presente entre las variables peso (PESO), diámetro dorso-esternal (DDE), perímetro del cuello (PCU), altura al nacimiento de la cola (ACO), altura a la pelvis (APE), altura a la cruz (ACR), altura a la grupa (AGR), distancia codo-rodete (DCR), perímetro torácico (PTO), anchura de la grupa (ANGR), longitud de la grupa (LGR), diámetro longitudinal (DLO), diámetro esterno-esternal (DEE), grasa de cobertura (GRA), área muscular *Longissimus dorsi* (ArMUS), perímetro total de la pierna (PTP), altura al dorso (ADO), largo del cuello (LCU) y diámetro bicostal (DBI).

El análisis estadístico fue completamente al azar usando un arreglo factorial de 3 X 2 siendo el primer factor los fenotipos ovinos y dos sexos. Se analizaron 19 variables morfométricas tomando a RAZA, SEXO y RAZA\*SEXO para obtener 19 componentes principales (ACP) para explicar la variación; las cuales interactuaron entre sí, con intervalos de tiempo en los días de muestreo (0, 10, 20, 35, 60), llevado a cabo en los seis tratamientos; T1=Machos Dorset (MD), T2=Machos Suffolk (MS) y T3=Machos Suffolk-Dorset (HSxD), T4=Hembras Dorset (HD), T5=Hembras Suffolk (HS), T6=Hembras Suffolk-Dorset (HSxD).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Prueba de comportamiento productivo

De manera descriptiva se evaluó el desempeño de cada tratamiento en cuanto a consumo diario de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia, eficiencia productiva, peso inicial y peso final (Cuadro 4). La prueba de comportamiento productivo se llevó a cabo durante 60 días encontrando los siguientes resultados:

**CUADRO 4. Comportamiento productivo de los fenotipos ovinos Dorset, Suffolk y su cruce utilizando hembras y machos.**

|                        | Dorset  |        | Suffolk |        | Dorset/Suffolk |        | DE     | Significancia |
|------------------------|---------|--------|---------|--------|----------------|--------|--------|---------------|
|                        | Hembras | Machos | Hembras | Machos | Hembras        | Machos |        |               |
| Peso inicial           | 19.58   | 20.83  | 21.42   | 20.22  | 18.75          | 20.83  | 0.974  | NS            |
| Peso final             | 29.75   | 32.33  | 28.92   | 32.5   | 27.5           | 31.83  | 2.058  | NS            |
| CMS (kg/día)           | 1.12    | 1.12   | 1.12    | 1.12   | 1.12           | 1.12   | 0.000  | NS            |
| GDP (g/día)            | 170     | 192    | 125     | 205    | 146            | 183    | 29.929 | NS            |
| Conversión alimenticia | 6.61    | 5.84   | 8.96    | 5.47   | 7.68           | 6.11   | 1.315  | NS            |
| Eficiencia productiva  | 0.151   | 0.171  | 0.112   | 0.183  | 0.13           | 0.164  | 0.027  | NS            |

CMS= Consumo de materia seca; GDP= Ganancia diaria de peso; DE= Desviación estándar

De los resultados observados es posible apreciar ganancias diarias de peso por RAZA, SEXO y RAZA\*SEXO; no hay significancia estadística ( $P \geq 0.05$ ) para peso inicial, peso final, CMS, GDP, conversión alimenticia y eficiencia productiva. Estos resultados muestran una menor eficiencia en relación a los reportados por Aguilar (2010) en donde la GDP para los tratamientos evaluados fue de 253 g/día para el grupo testigo, 260 g/día para el tratamiento que contenía nopal deshidratado y 232 g/día en el tratamiento con nopal fresco.

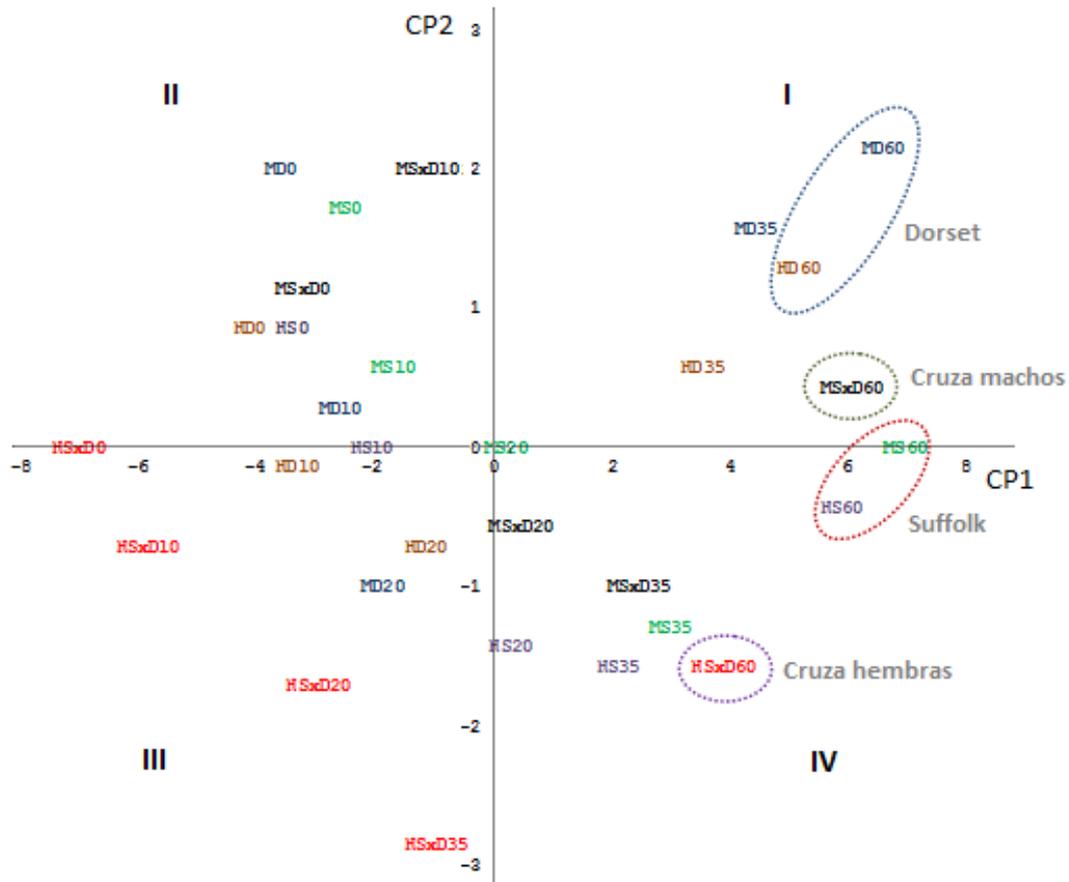
Los datos observados en la prueba de comportamiento muestran una baja eficiencia productiva en un contexto global durante toda la prueba; sin embargo, la prueba de comportamiento fue con animales de menor (Cuadro 3) peso al inicio con respecto a los reportados por Nuñez (2009) con  $27.8 \pm 3.01$  kg y Aguilar (2010) con  $21.28 \text{ kg} \pm 2.18$  y tomando en cuenta el efecto de SEXO, RAZA y su interacción RAZA\*SEXO. En la evaluación de las razas Suffolk y Hampshire, se reportan pesos promedio al sacrificio de 46.56 kg, GDP de 327 g/día y una conversión alimenticia de 4.86 (Nuñez, 2009). Sin embargo y pese a la diferencia de los datos encontrados en este estudio, es posible apreciar que los individuos utilizados para esta prueba de comportamiento eran de menor edad y peso al descrito por los autores anteriores y en el momento que se realizó la prueba se encontraban en la etapa de un crecimiento sigmoideo en donde el incremento de peso y la eficiencia productiva se ven afectados hasta llegar a una etapa lineal para la expresión del potencial genético.

Es por esto que se decidió llevar a cabo una evaluación morfométrica del crecimiento para determinar cuáles fueron las variables de respuesta que estuvieron íntimamente relacionadas el crecimiento y el rendimiento de la canal se puede determinar cuáles son las etapas productivas en donde el animal es más eficiente.

El análisis de componentes principales (ACP) muestra el desempeño de los individuos durante los 60 días de la prueba de comportamiento productivo y en donde fue posible determinar la relación de cada tratamiento con componentes principales uno y dos.

#### **4.2. Análisis de componentes principales para las variables originales**

La figura 2 muestra la tendencia que agrupa a cada uno de los tratamientos conforme a las etapas de la prueba de comportamiento y como se desplazan con una tendencia positiva agrupando los fenotipos evaluados hasta el día 60; se utilizaron los componentes principales 1 y 2 para graficar los resultados porque explican el 81% de la variación presente en los datos (Anexo 5). Para este análisis todas las variables interactuaron entre sí, por cada muestreo (0, 10, 20, 35, 60 días) por RAZA y SEXO. Se obtuvieron así, tendencias dentro del plano, lo que permitió encontrar las diferencias entre cada uno de los tratamientos evaluados. El grupo HSxD siempre permaneció independiente de los demás grupos marcando una tendencia negativa, mostrando una baja eficiencia en el desarrollo y el crecimiento; solo llegó a agruparse con el grupo HS, MS, MSxD el día 35 finalizando al día 60 como el grupo con menos eficiencia.



**FIGURA 2.** Análisis de componentes principales con todas las variables morfométricas durante 60 días en una prueba de comportamiento en ovinos de las razas Suffolk, Dorset y la cruce entre Suffolk con Dorset en hembras y machos.

En contraste y de acuerdo a las componentes 1 y 2, los grupos de MD y MS iniciaron la prueba (día 0) siendo superiores a los otros grupos, los grupos HD, HS y MSxD se encontraron en un etapa media al inicio de la prueba. Para los muestreos en los días 10 y 20 los grupos HD, HS, MD, MS y MSxD se agruparon de forma similar lo cual indica que durante la etapa de crecimiento sigmoideo (inicio) no existen diferencias entre los fenotipos evaluados y que está relacionado con etapas de adaptación, estrés y manejo.

En el día 35 los grupos MSxD, MS, HS se agruparon mostrando gran similitud mientras que los grupos MD y HD incrementaron sus ganancias de manera sobresaliente lo cual puede apreciarse en la figura 2, con una tendencia de

crecimiento constante hacia el día 60 sobre los grupos MSxD, MS y HS que finalizaron la prueba en el día 60 con una eficiencia intermedia.

Este análisis permitió determinar cómo es el desarrollo y crecimiento para cada uno de los fenotipos evaluados así como el efecto de SEXO y RAZA, las diferencias fenotípicas en el desarrollo están presentes a partir del día 35 para los fenotipos Dorset (hembras y machos), los fenotipos Suffolk finalizaron la prueba de comportamiento agrupándose al día 60; los machos de la cruce (MSxD) tienen más relación con el componente uno y son independientes con respecto a HSxD que se agrupan dentro del componente 2. Los resultados sugieren que para una prueba de comportamiento productivo es necesario tener un manejo especial para cada fenotipo ya que la respuesta al ambiente es distinta por lo que el manejo nutricional debe plantearse en esquemas específicos para cada fenotipo.

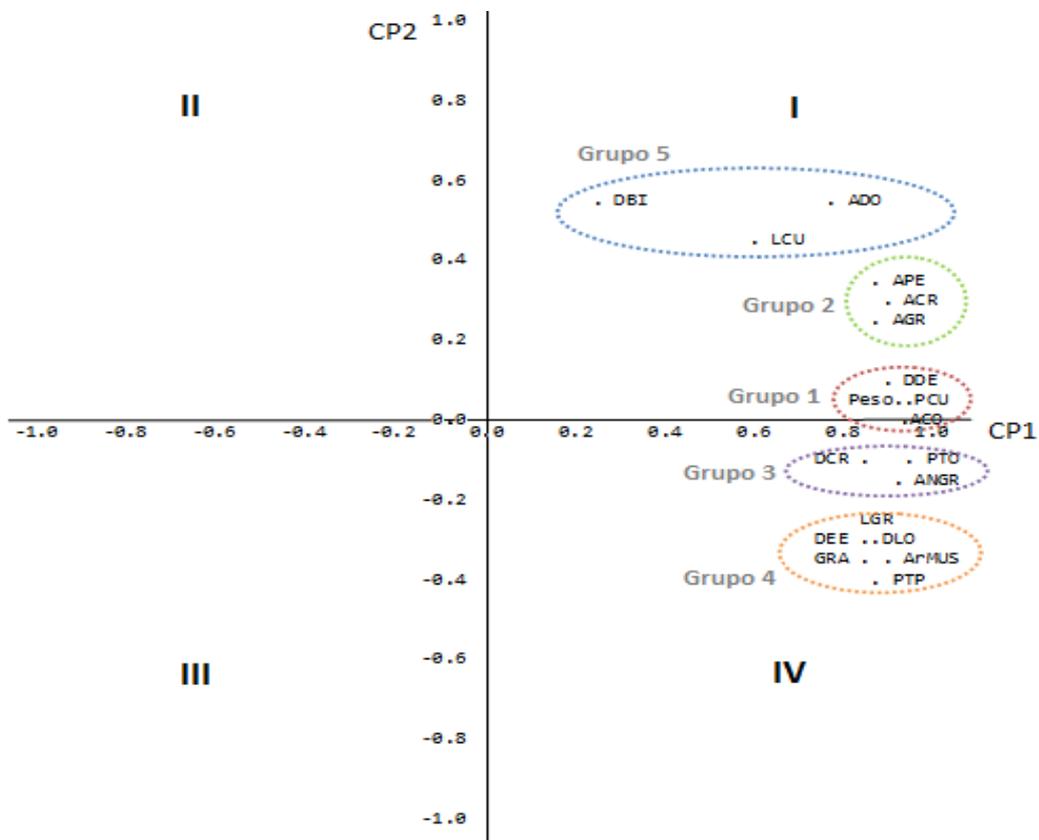
#### **4.3. Análisis de componentes principales de variables morfométricas**

Las variables de estudio fueron sometidas a un análisis de componentes principales (ACP) para ser agrupadas de acuerdo al grado de independencia presente por variable encontrando así 5 grupos bien definidos. Los grupos marcados en la figura 3 explican la relación de dependencia entre las variables que se agruparon; cada una de las variables morfométricas que se agruparon, representa al grupo en su total y pueden ser utilizadas para simplificar estudios morfométricos utilizando menos variables en las mediciones.

El grupo 1 estuvo constituido por las variables peso (PESO), diámetro dorso-esternal (DDE), perímetro del cuello (PCU) y altura al nacimiento de la cola (ACO), incluye variables con relación a volumen corporal; el grupo 2 formado

por las variables altura a la pelvis (APE), altura a la cruz (ACR) y altura a la grupa (AGR) mostrando características de altura corporal; el grupo 3 con distancia codo-rodete (DCR), perímetro torácico (PTO) y anchura de la grupa (ANGR) representa anchura corporal; el grupo 4 con longitud de la grupa (LGR), diámetro longitudinal (DLO), diámetro esterno-esternal (DEE), grasa de cobertura (GRA), área muscular (ArMUS) y perímetro total de la pierna (PTP), variables relacionadas con profundidad y longitud.

El grupo 5 conformado por variables que tienen alto grado de independencia y que se agrupan de manera individual las cuales son altura al dorso (ADO), largo del cuello (LCU) y diámetro bicostal (DBI), por esto se clasificaron en un grupo independiente el cual fue descartado para explicar la variación presente en los datos.



**FIGURA 3. Análisis de componentes principales que agrupa las variables morfométricas de acuerdo al grado de independencia presente en la prueba de comportamiento en ovinos hembras y machos de las razas Dorset, Suffolk y la cruce Dorset-Suffolk.**

Una vez determinados los grupos y su importancia biológica, se tomaron variables que fueran representativas de cada uno de los grupos y que mostraran alto grado de dependencia en dichos grupos, respecto al grupo cinco (independientes) todas fueron descartadas. De acuerdo a lo apreciado en la figura 3 y tomando en cuenta la forma en que las variables se agruparon, se eligieron cinco variables que explican el crecimiento del animal y el desarrollo de músculo *Longissimus dorsi*; las variables que se utilizaron fueron peso (PESO), alzada a la cruz (ACR), perímetro torácico (PTO), grasa de cobertura (GRA), área del músculo *Longissimus dorsi* (ArMUS). Aplicando las variables elegidas y que representan a cada uno de los grupos formados, permite tener la misma confiabilidad y representatividad que con todas las variables involucradas, lo cual simplifica el número de variables que se necesitan para estudios morfométricos que expliquen la variación que es una herramienta utilizada en programas de conservación y mejora genética en hatos ovinos.

#### **4.4. Variables morfométricas representativas de los grupos obtenidos por análisis de componentes principales (CPS)**

Una vez elegidas las variables que representan cada grupo se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) y graficar el desarrollo de cada variable durante las mediciones en la prueba de comportamiento productivo. De esta manera la variable PESO pertenece al grupo 1, ACR grupo 2, PTO grupo 3 y ArMUS, GRA grupo 4 y las variables del grupo 5 fueron descartadas por la independencia con que se comportaron durante la prueba.

#### **4.4.1 GRUPO 1**

##### **4.4.1.1 Peso**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico, se realizó una gráfica para determinar las tendencias presentes en el crecimiento y la variable PESO. De los tratamientos evaluados y de acuerdo a los muestreos distribuidos en los 60 días de la prueba de comportamiento, se encontró que los machos tuvieron mayores ganancias de peso que las hembras (Figura 4), un marcado el dimorfismo sexual esperado; para el caso de los machos el grupo MS obtuvo el mayor peso final al sacrificio, siguiendo MD y por último la cruce MSxD. Durante los primeros 20 días (periodo de adaptación e inicio del desarrollo) las ganancias de peso se mantuvieron sin presentar incrementos representativos sólo de mantenimiento.

Por el comportamiento lineal observado, el grupo MD presentó ganancias de peso constantes que se incrementaron a partir del día 35 manifestándose de manera sobresaliente sobre los otros dos tratamientos por la forma tan constante en que se encontraron las ganancias de peso. Los MS tuvieron las mejores ganancias de peso a partir del día 20 hasta el día 60 en donde finalizaron la prueba con el mayor peso al sacrificio a pesar de arrancar la prueba con un peso menor al de HS, MD y MSxD.

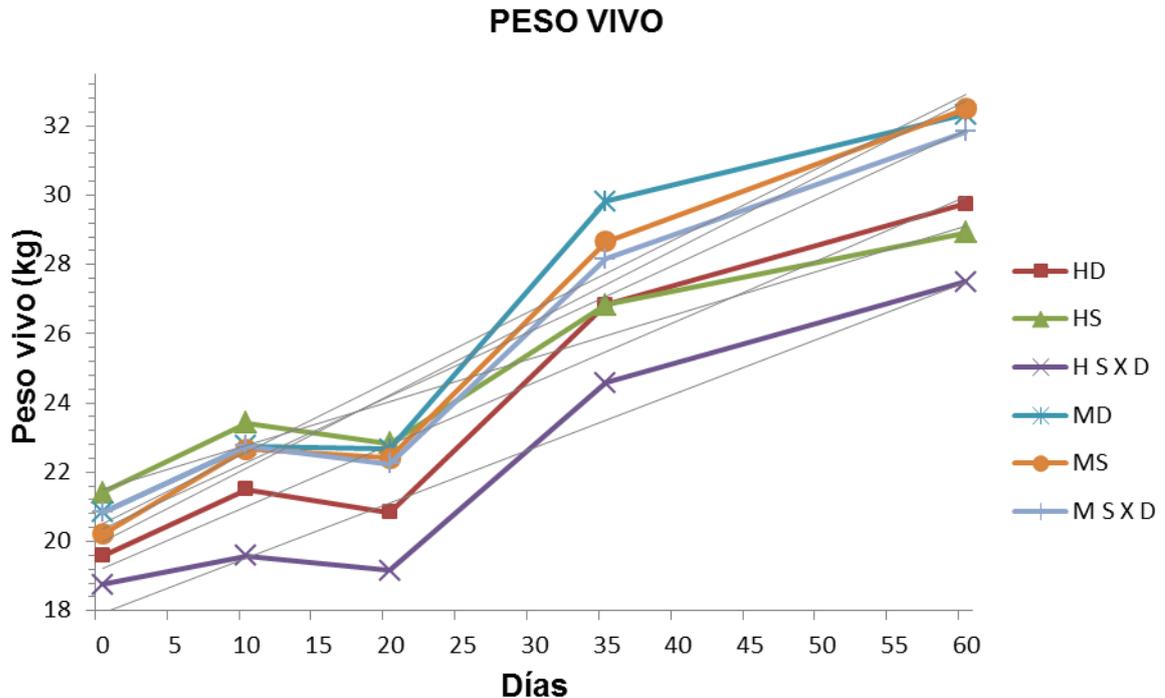
El grupo MSxD también registró un incremento de peso constante a partir del día 20 sin embargo fue el que obtuvo el menor peso en la prueba comparado con los dos grupos de machos (MD y MS).

Para el caso de las hembras y pese a que HD fue el grupo que inició la prueba con un mayor peso aun sobre el grupo de machos, obtuvo menores ganancias

de peso durante la prueba de comportamiento con respecto a los grupos de machos; sin embargo, las mejores ganancias de peso fueron a partir del día 20 con respecto a los grupos HS y HSxD. El peso final del grupo HD fue superior a HS y HSxD con ganancias de peso superiores a partir del día 20 como el caso del grupo MD lo cual sugiere un efecto racial; en el caso de HSxD fue el grupo con menor peso al inicio de la prueba el cual nunca presentó mayores ganancias de peso y finalizó la prueba con un peso por debajo del promedio de los otros grupos.

Los grupos HD y MD tuvieron ganancias de peso mayores que los demás tratamientos por sexo a partir del día 20, los ovinos de los grupos HS y MS fueron más constantes en cuanto a ganancia de peso a partir del día 0; los grupos MSxD y HSxD fueron los que menores ganancias de peso presentaron al finalizar la prueba.

Al realizar un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento GLM en el programa SAS (2010) se encontraron diferencias por SEXO el día 35 ( $P \leq 0.05$ ) y día 60 ( $P \leq 0.05$ ).



**FIGURA 4.** Variable PESO distribuida en tiempo del estudio que va del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA\*SEXO y un ajuste lineal de las variables originales a través del cálculo de HSXD=  $R^2 = 0.91$ , HD=  $R^2 = 0.92$ , HS=  $R^2 = 0.92$ , MS=  $R^2 = 0.95$ , MD=  $R^2 = 0.91$ , MSXD=  $R^2 = 0.94$ .

Núñez (2009), reporta en su estudio ganancias de peso final (PF) de 46.53 kg en corderos de la craza Suffolk-Hampshire al finalizar una prueba de comportamiento de 75 días y con un periodo de adaptación de 15 días. Bores *et al.* (2005) reportan en una prueba de comportamiento en donde se utilizaron sementales de las razas Suffolk, Dorset y Hampshire Down en esquemas de cruzamiento terminal con hembras de razas de pelo, que al alcanzar un peso de 35 kg al sacrificio, no obtuvieron diferencias entre los corderos de las tres razas paternas terminales empleadas; obteniendo en promedio un crecimiento pre y posdestete de 139 y 220 g respectivamente (Bores, 2000). Las hembras presentaron durante la fase de engorda, ganancias aproximadas a 27% menos con respecto a los machos (185-254 g/día) (Bores, 2002).

Pese a que los resultados obtenidos en la prueba de comportamiento son menores a los encontrados por los autores citados, es posible diferenciar el crecimiento sigomoidal durante los primeros días de la fase de iniciación (20 días), una vez adaptados los individuos el crecimiento es lineal positivo teniendo ganancias diarias de 223 g/día para las hembras y 211 g/día para los machos. En un estudio realizado en Hidalgo por de la Cruz *et al.* (2005), que comprendió cuatro pruebas de comportamiento, la ganancia de peso diaria fue mayor en corderos Hampshire (450 gr) que Suffolk (420 gr) y Dorset (370 gr).

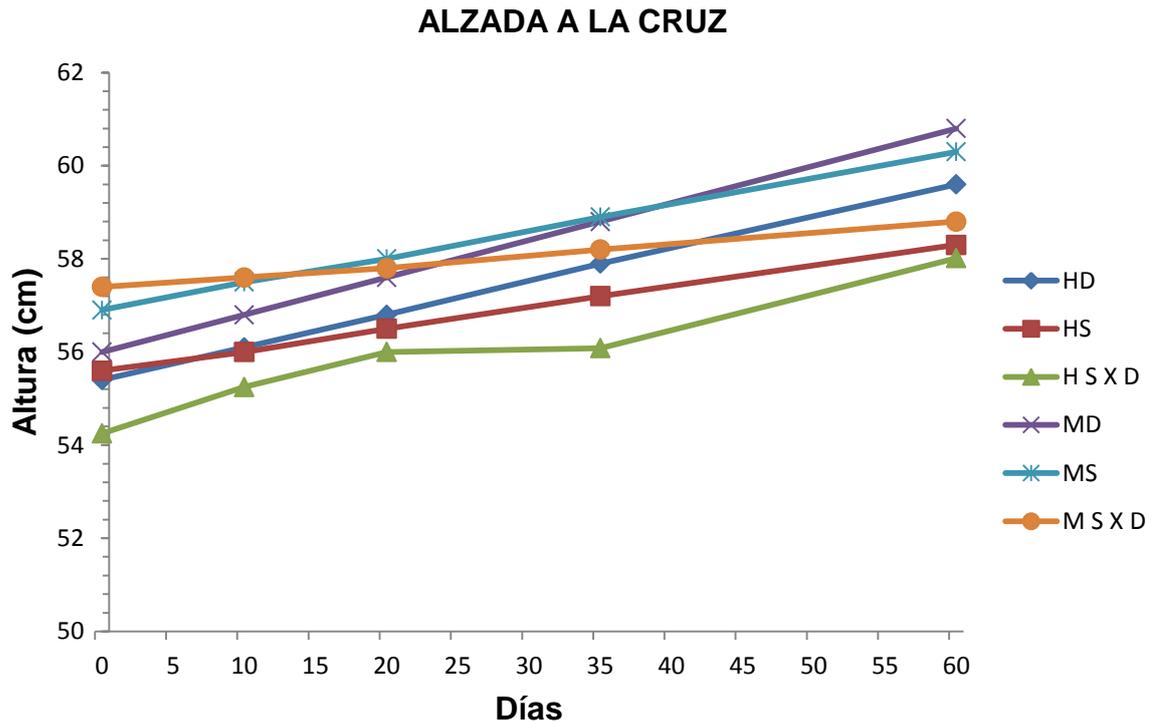
El peso es una variable muy utilizada en las pruebas de comportamiento productivo que resume el conjunto de variables que conforman el total del animal en la acumulación de biomasa; sin embargo la distribución de ésta biomasa puede ser encontrada en diferentes proporciones con respecto al rendimiento de la canal, vísceras, piel y otros componentes que interactúan directamente con el peso. Las diferencias encontradas para los fenotipos evaluados coinciden con los reportes de otras pruebas de comportamiento en donde el efecto RAZA está íntimamente relacionado con el desempeño de los individuos evaluados; además de que el SEXO repercute directamente con la eficiencia productiva de los diferentes fenotipos evaluados por lo que esta variable debe ser considerada solamente como una variable más para caracterizar y evaluar a los individuos utilizados en pruebas de comportamiento pero aunado a un estudio más profundo con otras variables productivas que expliquen las diferencias presentes en las unidades experimentales.

## **4.4.2. GRUPO 2**

### **4.4.2.1. Alzada a la cruz**

La alzada a la cruz (ACR) es la distancia entre el punto más alto de la cruz (región inter-escapular) al suelo y de acuerdo a los resultados obtenidos en el ACP fue elegida para representar el grupo de variables que se relacionan con altura de los ovinos evaluados. El comportamiento de la variable en la figura 5 muestra diferencias en el crecimiento y su distribución dentro de la prueba de comportamiento. Por la naturaleza de los datos se llevó a cabo un ajuste en la tendencia de las variables utilizando un análisis de regresión lineal.

El grupo de MD presentó una fase de crecimiento constante desde el inicio de la prueba acentuándose del día 20 al 60 finalizando con una alzada mayor en todos los animales que conformaron los tratamientos; con respecto a MS presentó una tendencia lineal más marcada con un crecimiento constante en cada una de las etapas a pesar de arrancar la prueba con alturas promedio superior a MD y similar a MSxD que pese a eso presentó un crecimiento lento y con poco incremento durante toda la prueba de comportamiento.



**FIGURA 5. Variable ALZADA A LA CRUZ distribuida en tiempo del estudio que va del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA\*SEXO; utilizando un ajuste por regresión lineal.**

Al igual que en el peso, las hembras presentaron un crecimiento menor en la variable ACR con respecto a los machos. El grupo HS inició la prueba con una ACR mayor a los grupos HD y HSxD, su crecimiento fue constante pero con ligero incremento de ACR con respecto a los machos y a las HD que presentan un desarrollo constante con buenos incrementos de ACR por lo que resulta superior a los grupos de hembras y el grupo MSxD; con respecto a HSxD, desde el inicio de la prueba presentan baja eficiencia en el desarrollo del ACR con un crecimiento lento y constante observando independencia con respecto a todos los grupos. Se encontraron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) para SEXO en los días 0 y 20 las cuales desaparecieron en los días 35 y 60.

De acuerdo a los resultados encontrados por Nuñez (2009) y que refiere una evaluación genética de rebaños ovinos; la variable de estudio alzada a la cruz denominada como ACRUZ concluye que el promedio de 30 corderos de la

crucía Suffolk-Hampshire Down utilizados para una prueba de comportamiento fue de 64.4 cm a la cruz. Gusmão *et al.* (2009) realizaron mediciones cada dos semanas cuando los animales alcanzaron un peso vivo de  $26.8 \pm 5.2$  kg y una edad aproximada de 4.5 meses en donde la alzada a la cruz fue una variable medida en hembras y machos ovinos tipo Santa Inés encontrando así que la alzada a la cruz explica el 90.8% de la relación entre variables para determinar altura en el caso de machos y el 93.6% en el caso de las hembras (Gusmão *et al.*, 2009). Un estudio de caracterización morfométrica realizado en Brasil, Colombia y Uruguay (Carneiro *et al.*, 2010), determinó que la alzada al hombro en 74 cm a la edad de 365 días de nacido lo que sugiere que pruebas de comportamiento para determinar alturas deben prolongarse en segundas etapas hasta ver finalizado el crecimiento total de los huesos.

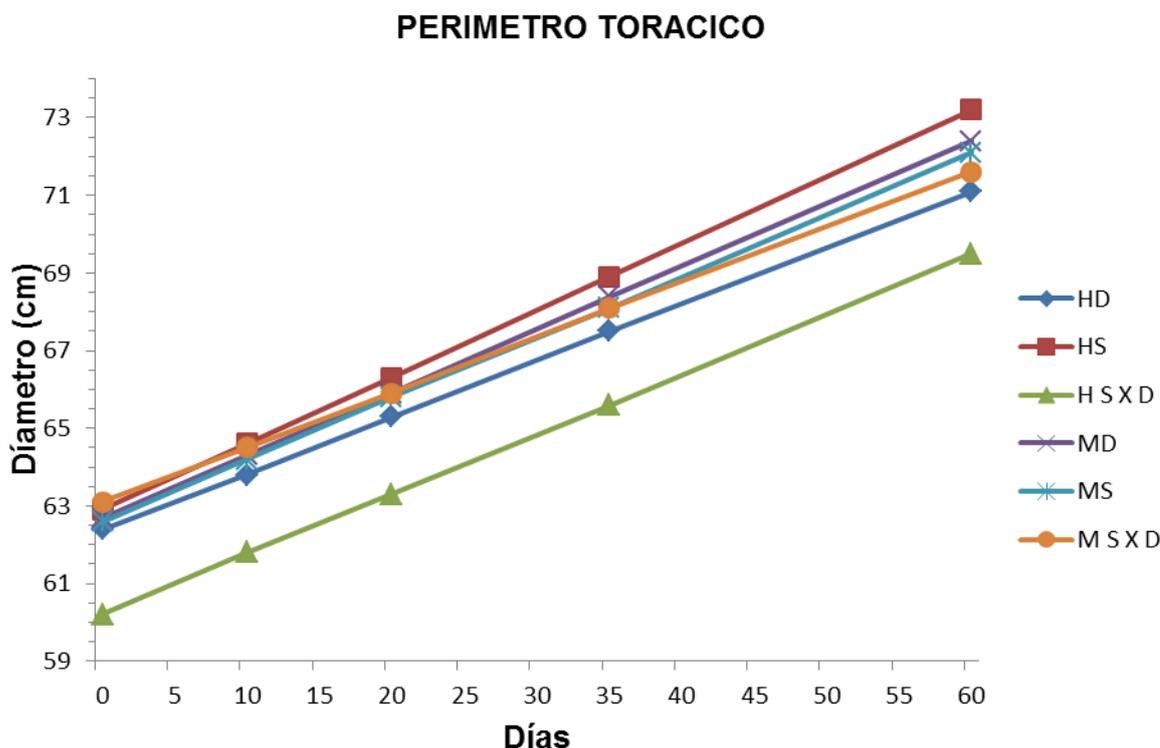
El utilizar la variable alzada a la cruz permite encontrar diferencias entre los fenotipos para determinar alturas dentro y entre poblaciones, lo cual es una variable que puede ser utilizada para caracterización morfométrica; el relacionarla con otras variables permite estimar las etapas de crecimiento claves para obtener mayor información en una prueba de comportamiento.

#### **4.4.3. GRUPO 3**

##### **4.4.3.1. Perímetro torácico**

La variable PTO es el perímetro del tronco a la altura de la parte más culminante de la cruz (región intraescapular) y la región esternal inferior. Los resultados en la figura 6 muestran la tendencia lineal en incremento de esta variable. No se encontraron diferencias significativas para hembras y machos a excepción del grupo HSxD que muestra independencia en la tendencia lineal

observada en la figura; las HS presentan mayor PTO con respecto a MS, MD, HD y MSxD que tienden a agruparse durante toda la prueba de comportamiento. No existen diferencias ( $P \geq 0.05$ ) para RAZA, SEXO, RAZA\*SEXO en cada uno de los muestreos aunque se aprecia independencia del grupo HSxD muy similar al presente en el ACP.



**FIGURA 6.** Variable PERIMETRO TORACICO (PTO) distribuida en tiempo del estudio que va del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA\*SEXO; utilizando un ajuste por regresión lineal.

Torres *et al.* (2006) encontraron que en ovejas de la raza Xisqueta las hembras adultas presentan 95.33 cm de perímetro torácico mientras que los machos 104 cm lo cual tiene un efecto de dimorfismo sexual marcado, mientras que (Carneiro *et al.*, 2010) para ovinos Suffolk de 365 días de nacidos presentan 90.5 cm de perímetro que es menor a los 95 cm que presenta la raza Dorper en la caracterización morfológica de dicho estudio y mayor a los resultados encontrados en este estudio. Para Gusmão *et al.* (2009) los resultados

encontrados del perímetro torácico explican el 77.6% de la altura en el estudio factorial de mediciones morfométricas.

#### **4.4.4. GRUPO 4**

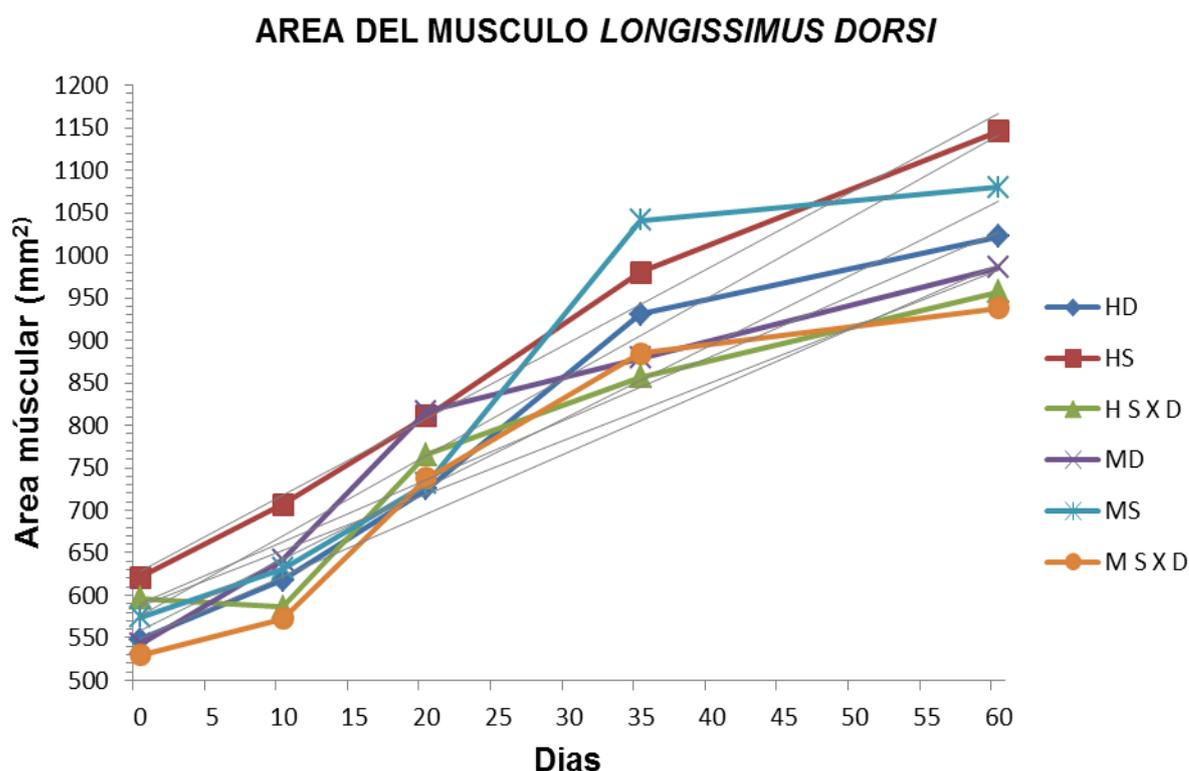
##### **4.4.4.1. Área del músculo *Longissimus dorsi***

Existe una mayor eficiencia de las hembras para desarrollar músculo *Longissimus dorsi* con respecto a los machos que a pesar de tener incrementos importantes durante el estudio no fue posible mejorar la tasa de crecimiento con respecto a las hembras y se observa un efecto de sexo en cada una de las razas; el tratamiento HS fue el mejor en cuanto a crecimiento de ArMUSC con un resultado final constante y una tendencia lineal positiva; así mismo se observa que el mayor crecimiento es del día 20 al 60 de la prueba de comportamiento (Figura 7).

Las HD tuvieron un desarrollo intermedio pero con buenas tasas de crecimiento que se acentuaron del día 20 al 60, las HSxD se ubican al final con respecto a las hembras con tasas de crecimiento bajas pero mayores a los MSxD; el crecimiento de ArMUS fue mayor del día 10 al 20 de la prueba manteniendo una constante lineal hasta el día 60. Los MS fueron superiores a los otros tratamientos pero menor que HS; se observa un crecimiento exponencial del día 20 al 35 incrementándose aun hasta el día 60.

El grupo de MD tuvo un desarrollo moderado y con un ligero incremento sobre la tendencia de la recta del día 10 al 20 lo cual indica un crecimiento lento pero constante, característico de tendencias lineales con valores de ajuste lo más cercano a 1, el desarrollo del músculo en el caso de MSxD fue lento y con poca eficiencia para este grupo incluso estando debajo de las hembras del mismo

tratamiento lo cual indica que son individuos con tasas de crecimiento menores a las razas Suffolk y Dorset. Para los días 35 y 60 existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la RAZA.



**FIGURA 7.** Variable AREA DEL MUSCULO LONGISSIMUS del día 0 al día 60 para RAZA, SEXO Y RAZA\*SEXO y el cálculo de HSXD=  $R^2 = 0.9381$ , HS=  $R^2 = 0.9782$ , HD=  $R^2 = 0.9709$ , MD=  $R^2 = 0.9806$ , MS=  $R^2 = 0.9186$ , MSXD=  $R^2 = 0.9644$ .

Salinas *et al.* (2006) concluyen que las dietas con jabones de calcio de sebo en proporciones de 0, 1.5, 3 y 4.5 % presentan un crecimiento de 630, 650, 580 y 580  $\text{mm}^2$  respectivamente en el área del músculo *Longissimus dorsi*; lo cual no permite diferenciar el tamaño del musculo en esa zona con respecto a los 1147  $\text{mm}^2$  presente en el grupo de hembras Suffolk (HS) mayor a los 1080  $\text{mm}^2$  de los machos Suffolk (MS) de esta prueba; también comparándolo con los resultados de Nuñez (2009) con 972  $\text{mm}^2$  en machos de las razas Suffolk x Hampshire Down. Esto puede estar íntimamente con el rendimiento en canal mayor que presentan y que es evidente en una prueba de comportamiento con

borregas F1 de pelibuey con Blackbelly, las cuales se cruzaron con tres fenotipos ovinos (Suffolk, Dorset y Hampshire Down) y en donde el efecto de sexo fue más elevado ( $P < 0.05$ ) para hembras (48.1 y 57.5 %) con relación a los machos (45.9 y 54.9 %) (Bores *et al.*, 2002).

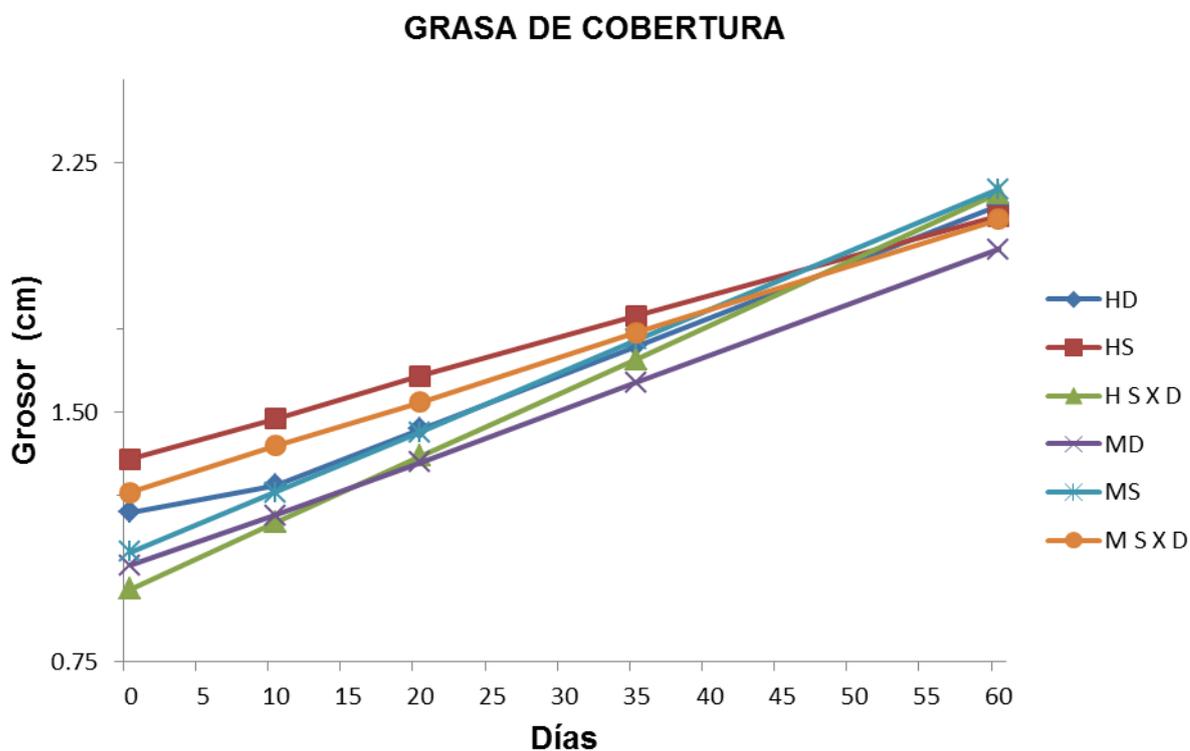
Las técnicas de diagnóstico no invasivas como el uso de ultrasonido permiten llevar a cabo estudios aplicados a modelos morfométricos y estimar así la eficiencia productiva del animal sin necesidad de sacrificarlo; de acuerdo a los resultados encontrados se sugiere que el rendimiento en canal mayor presente en hembras según reportes, está relacionado con un crecimiento similar al encontrado en el músculo *Longissimus dorsi* y que puede ser evaluado por medio de ultrasonografía para selección de prospectos vientres en programas de mejora genética buscando incrementar el rendimiento en canal de ovinos para el abasto nacional.

#### **4.4.4.2. Grasa de cobertura**

La variable GRASA evaluada en la prueba de comportamiento en todos los tratamientos muestra un incremento lineal (figura 8); el efecto de acumulación de la grasa es similar para todos los tratamientos partiendo de una variación no significativa ( $P \geq 0.05$ ) y que fue incrementando en cada uno de los muestreos hasta agrupar a HD, HS, HSxD, MSxD y MD en una sola tendencia lo cual sugiere que el efecto es nutricional para la acumulación de grasa sin encontrar efecto de RAZA y SEXO. No se encuentran diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) entre los tratamientos. No existen diferencias ( $P \geq 0.05$ ) para RAZA, SEXO, RAZA\*SEXO en cada uno de los muestreos.

Salinas (2006) concluyó que bajo las condiciones en que se realizó el experimento, las dietas con grasa de sobrepeso no afectaron la deposición de grasa de cobertura encontrando así 5 mm para los tratamientos con inclusión de 0, 1.5, 3 y 4.5 % de grasa de sobrepeso; lo cual sugiere un efecto nutricional para el fenotipo evaluado que puede estar relacionado con la edad de los animales que se utilizaron para la prueba de comportamiento productivo.

Un estudio de ovejas de la raza Dorset, Suffolk y sus cruzas, con una edad promedio de 3.5 años, reportó tratamientos con un espesor de grasa dorsal (EG) con mediciones de 1 a 2 mm se relacionaron con ovejas de espesor de grasa dorsal bajo (EGb) y las ovejas que presentaron mediciones de 3 a 4 mm como ovejas con espesor de grasa dorsal alto (EGa) (Nieto, 2009).



**FIGURA 8.** Variable GRASA del día 0 al día 60 así como la comparación entre RAZA, SEXO Y RAZA\*SEXO, utilizando un ajuste por regresión lineal.

El espesor de grasa dorsal se mantuvo diferente entre los grupos EGb y EGa hasta el final del periodo experimental ( $2.5 \pm 0.05$  vs  $3.2 \pm 0.06$  mm, respectivamente), no obstante, las ovejas de EGb presentaron un incremento en la medida de grasa dorsal al término de la adición de la grasa de sobrepeso comparado con el grupo EGa sin ser significativo ( $P > 0.05$ ;  $2.8 \pm 0.08$  vs  $3.1 \pm 0.08$  mm, respectivamente), este comportamiento se relacionó con un balance energético positivo (Nieto, 2009).

Los resultados obtenidos sugieren que la deposición de grasa de cobertura del músculo tiene una relación con factores nutricionales y que no existen diferencias entre los fenotipos por el efecto RAZA, esto permite homogeneizar criterios en el manejo para ovinos que son destinados para el abasto nacional buscando controlar esta variable con etapas bien definidas en el desarrollo y finalización así como la edad del ganado al iniciar el proceso de engorde.

#### **4.4.5. Rendimiento en canal**

Se realizaron correlaciones para las variables que representan a los grupos obtenidos en este estudio con respecto al rendimiento de canal caliente (CALIENTE) y canal fría (FRIA); se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para PESO con respecto a ACR (Cuadro 5); de igual forma PESO tuvo correlaciones altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para el rendimiento en canal caliente y fría. La variable ACR tuvo significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ) con respecto a rendimiento de la canal fría, mientras que el rendimiento de canal caliente (CALIENTE) está altamente correlacionado con el rendimiento en canal fría (FRIA) (Cuadro 5).

**CUADRO 5. Matriz de correlación utilizando las variables representativas de los grupos obtenidos por análisis de componentes principales (ACP) y rendimiento de la canal caliente y fría**

|          | Raza | Peso | PTO  | ACR   | ArMUS | GRA   | CALIENTE | FRIA   |
|----------|------|------|------|-------|-------|-------|----------|--------|
| Raza     | 1    | n.s. | n.s. | n.s.  | n.s.  | n.s.  | n.s.     | n.s.   |
| Peso     |      | 1    | n.s. | 0.72* | n.s.  | n.s.  | 0.87**   | 0.85*  |
| PTO      |      |      | 1    | n.s.  | n.s.  | n.s.  | n.s.     | n.s.   |
| ACR      |      |      |      | 1     | n.s.  | n.s.  | n.s.     | 0.66*  |
| ArMUS    |      |      |      |       | 1     | 0.80* | n.s.     | n.s.   |
| GRA      |      |      |      |       |       | 1     | n.s.     | n.s.   |
| CALIENTE |      |      |      |       |       |       | 1        | 0.98** |
| FRIA     |      |      |      |       |       |       |          | 1      |

En terneros, machos y hembras, de tres razas (Rubio Gallego, Holstein-Friesian y cruce de ambas) alimentados a base de ensilados, se estudió el efecto del peso de sacrificio (370, 410 y 450 kg) en las características de la canal (Salgueiro, 2008). El incremento del peso de sacrificio mejoró los índices de conversión, el rendimiento, la conformación, el engrasamiento de la canal y la grasa de riñonada (Salgueiro, 2008).

De acuerdo a los resultados encontrados se sugiere que la variable PESO que representa al grupo uno está íntimamente relacionada con el rendimiento en canal; por lo que puede ser utilizada con fines prácticos para buscar mayor rendimiento en canal conforme el peso vivo es mayor; otra variable a utilizar es la alzada a la cruz (ACR) que tiene significancia con respecto a el rendimiento de canal fría.

El rendimiento en canal caliente está íntimamente relacionado con el rendimiento en canal fría por lo que existe un efecto directo aun después de la

merma presente 72 horas después del sacrificio por lo que la estimación de rendimientos en canal caliente puede ser un indicador del rendimiento en canal fría. Se sugiere realizar estudios con mayor número de individuos para evaluar el efecto del tamaño de muestra sobre los presentes resultados.

## V. CONCLUSIONES

El uso de las medidas morfométricas durante el crecimiento permite determinar cuál es la respuesta productiva del fenotipo al ambiente en las etapas claves de la prueba de comportamiento productivo; la interacción de las mismas explica la variación presente en los tratamientos evaluados y que al ser utilizadas de manera individual para representar los grupos obtenidos en este estudio, genera información valiosa que puede aplicarse a programas de mejora genética en ovinos.

El estudio ultrasonográfico realizado *in vivo* es un método de evaluación no invasiva que aplicado a las evaluaciones morfométricas, determina cuáles son los individuos sobresalientes en pruebas de comportamiento productivo en el crecimiento muscular. Se sugiere realizar estudios enfocados al crecimiento del área del músculo *Longissimus dorsi* así como otros músculos de importancia, dando peso a líneas maternas sobresalientes por la relación que existe en el rendimiento en canal mayor con respecto a machos y su relación con el crecimiento de este músculo.

El peso vivo al sacrificio es un indicador confiable para determinar el rendimiento en canal caliente y fría; ya que no se encontraron diferencias por raza se sugiere realizar estudios de rendimientos en canal con diversos fenotipos que permitan determinar si los factores nutricionales explican las diferencias estadísticas presentes en otros estudios.

## VI. LITERATURA CITADA.

- Acebal, M. A., L. A. Maiztegui, J. Amelong, and L. A. Picardi. 2000. Evaluación de características de la canal en corderos con  $\frac{3}{4}$  de genotipo de la raza Texel. Arch. Latinoam. Prod. Anim 8:55-58.
- Alaoui, N. 2001. *Caracterización citogenética de cinco razas asnales españolas en peligro de extinción*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Alvarez, S., M. R. Fresno, J. Capote, J. V. Delgado, and Y. J. V. Barba. 2000. Estudio para la caracterización de la raza ovina Canaria. Archivos de Zootecnia N° 49:215.
- Alvarez-Rodriguez, J., M. Joy, D. Villalba, and A. Sanz. 2008. Growth analysis in light lambs raised under different management systems. Small Rum. Res 79:188-191.
- AMCO. 2009a. <http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/>.
- AMCO. 2009b. <http://www.borrego.com.mx/archivo/n8/f08histor.php>.
- AMCO. 2009c. [http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/razas\\_ovinas/dorset.html](http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/razas_ovinas/dorset.html).
- AMCO. 2009d. [http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/razas\\_ovinas/blackbelly.html](http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/razas_ovinas/blackbelly.html).
- AMCO. 2009e. [http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/razas\\_ovinas/saintcroix.html](http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/razas_ovinas/saintcroix.html).
- Anguera, B. La oveja de raza Mallorquina. 1985. Palma de Mallorca, Caja de Baleares "Sanostra".
- Anónimo. *Recommendations of the FAO expert consultation*. In: The Management of Global Animal Genetics. 1992. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, J. Hodges.
- Aparicio, G. 1960. Zootecnia Especial: Etnología Compendida. Imprenta Moderna, Córdoba, España.
- Barker, J. S. F. 1999. Conservation of livestock breed diversity. Animal Genetic Resources Information 33-43.

- Bores, Q. R. F., M. A. Velázquez, and M. A. Heredia. 2002. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. *Tec. Pecu. Méx.* 40:71-79.
- Bourdon, R. M. 1997. *Understanding Animal Breeding*. Prentice Hall, Upper Laddle River, Nj, USA.
- Buxadé, C. 1996. *Zootecnia. Bases de Producción Animal. Producción Ovina*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Carneiro, H., H. Louvandinia, S. R. Paiva, F. Macedo, B. Mernies, and C. McManus. 2010. Morphological characterization of sheep breeds in Brazil, Uruguay and Colombia. *Small Ruminant Research* 58-65.
- Cordero, M. J. L., M. T. Sánchez-Torres Esqueda, and P. Molina-Mendoza. Principios de ultrasonografía de imagen y su uso en la reproducción y características de la canal. *Memorias del XXVIII Aniversario del Programa de Ganadería*, 1-25. 2008. Montecillos, México.
- Cruz, C.L., G. Torres-Hernández, R. Nuñez-Dominguez, and C. M. Becerril-Pérez. 2006. Evaluation of productive traits of hampshire, dorset and suffolk lambs in performance testing, at Hidalgo, Mexico. *Agrociencia* 40:59-69.
- Dalton, C. 1984. *An introduction to practical animal breeding*. Granada technical books, New York, N. Y.
- De Lucas, T. J. and S. I. Arbiza A. 1996. *Producción de carne ovina*. Primera edición ed. Mexicanos Unidos, México, D. F.
- Edwards, J. W., R. C. Cannel, R. P. Garrett, J. W. Savell, H. R. Cross, and M. T. Longnecker. 1989. Using ultrasound, linear measurements and live fat tickness estimates to determine the carcass composition of market lambs. *J. Anim. Sci.* 67.
- Esteban, C. *El ganado ovino y caprino en el área de la CEE y en el mundo*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación . 1990. Madrid.
- Faulkner, D. B., D. F. Parret, F. K. McKeith, and L. L. Berger. 1990. Prediction of fat cover and carcass composition from live and carcass measurements. *J. Anim. Sci.* 68:604-610.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). 2004. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Carne de Carnero y Cordero. <http://apps.fao.org/faostat>.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. p.27.
- García, M. A., S. Martínez, and F. Orozco. *Guía de campo de las razas autóctonas de España*. Alianza . 1990. Madrid.
- Gardner, E. 1990. Principios de genética. 5ª ed. ed. Limusa, México.
- Goodwin, D. H. 1977. Producción y manejo del ganado vacuno para carne. Primera edición ed. Editorial Acriva, Zaragoza. España.
- Gusmão, F. J. D., S. M. Teodoro, M. A. Chaves, and S. S. Oliveira. 2009. Factorial analysis of morphometric measurements in Santa Inês like ovines. Arch. Zootec. 58:289-292.
- Gutierrez, J., M. S. Rubio, and R. D. Mendez. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. Meat Sci. 70:1-5.
- Hernández-Cruz, L. 2006. Evaluación sensorial y calidad de la carne de ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva. . Tesis de Investigación Colegio de Postgraduados.
- Herrera, H. J. G., C. Lemus, and A. Barreras. 2003. Mejoramiento Genético Animal, un enfoque aplicado. 1ª Edición ed. Colegio de Postgraduados.
- Ibañez, I. 1991. Estudio etnológico y productivo de la agrupación ovina Rubia de El Molar. Tesis Doctoral Universidad Complutense de Madrid.
- Jordana, J. and P. Folch. 1995. *El "guarà català", una raça asinina en perill d'extinció. Estat actual i caracterització morfològica*. Convenio de Colaboración UAB108.
- McLaren, D. G. and J. Novakofski. 1989. Prediction of carcass characteristics at market weight from serial real-time ultrasound measures of backfat and loin eye area in the growing pig . J. Anim. Sci.1657-1667.
- McLaren, D. G., J. Novakofski, D. F. Parret, L. L. Lo, S. D. Singh, K. R. Neumann, and F. K. McKeith. 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of the fat depth and *longissimus muscle* area in cattle, sheep and pigs. J. Anim. Sci.66.
- Nieto, A. R. 2009. "Grasa de sobrepeso en ovejas con diferente espesor de grasa dorsal y su respuesta en el estro sincronizado, perfil endocrino,

porcentaje de gestación y prolificidad" . Maestro en Ciencias Colegio de Postgraduados.

Notter, D. R., S. P. Greiner, and M. N. Wahiberg. 2004. Growth and carcass characteristics of lambs sired by Dorper and Dorset rams. . J. Anim. Sci.1323-1328.

NRC. 1985. Nutrient Requirements of Sheep. Sixth ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.

Núñez, A. J. M. 2009. Caracterización y evaluación genética de rebaños ovinos (en el sur del Distrito Federal). Tesis de Investigación Colegio de Postgraduados.

Pelcastre, C. A., C. E. Ocaña, and d. R. Sánchez. Engorda de corderos con dietas a base de grano y diferentes fuentes de proteína. IX Congreso Nacional de Producción Ovina . 1997. Querétaro, México.

Perezgrovas, G. R. Comparison of genetic resources: Chiapas sheep (Mexico) and the original indigenous from Spain. 47, 425-430. 1998. Archivos de Zootecnia.

Perezgrovas, G. R. and G. H. Castro. 1998. Diferente composición fenotípica en las tres variedades de borrego Chiapas. Archivos de Zootecnia201-205.

Piper, L. and A. Ruvinsky. 1997. *The genetics of sheep*. CAB International, Cambridge.

SAGARPA. 2009. <http://www.sagarpa.gob.mx/>.

Salinas, J., R. G. Ramírez, M. M. Domínguez, N. Reyes-Bernal, N. Trinidad-Lárraga, and M. F. Montaña. 2006. Effect of calcium soaps of tallow on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs. Small Ruminant Research135-139.

Salgueiro, Z. J., M.D. Díaz Díaz y J.A. Carballo Santaolalla. 2008. Efecto del peso de sacrificio y la raza en la canal de terneros alimentados con ensilados. Arch. Zootec. 57 (219): 295-306.

Sánchez, d. R. C. and P. A. Martínez. Situación y perspectivas de la ovinocultura nacional. Memorias del IV curso base de la cría ovina. AMTEO , 1-20. 1998. Tlaxcala, Tlaxcala.

- Sánchez, L., B. Fernández, M. López, and B. Sánchez. 2000. Caracterización racial y orientaciones productivas de la raza ovina Gallega. *Archivos de Zootecnia* 49:174.
- Sánchez-Belda, A. and M. C. Sánchez-Trujillano. 1986. *Razas ovinas españolas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Sañudo, C., F. Forcada, R. Cepero, and J. Thos. 1984. *Manual de diferenciación etnológica*. Librería General Zaragoza, Zaragoza.
- Serrano, I., M. R. Fresno, J. Capote, and J. V. Delgado. 1989. Estudios preliminares para la elaboración de un plan de selección en la Agrupación Caprina Canaria. *ITEA*.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, S. S. 2005. Consulta de Indicadores de Producción Nacional de Carne de Ovino. [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx).
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2004. Resumen Pecuario por Estado-Región. SAGARPA.
- SIAP (Servicio de Información y Estadísticas Agroalimentaria y Pesquera). 2008. Avance mensual y acumulado de la producción pecuaria 2008. SAGARPA.
- Simm, G. 1988. *Genetic improvement of cattle and sheep*. Farming Press, Ipswich.
- Simm, G. 1992. Selection for lean meat production in sheep. Pages 193-215 in *Progress in sheep and goat research*. C.A.B. Internacional, Great Britain.
- Snowder, G. D. and S. K. Duckett. 2003. Evaluation of the South African Dorper as terminal sire breed for growth, carcass, and palability characteristics. *J. Anim. Sci.* 81:368.
- Solis, R. J. Pruebas de comportamiento genético en ovinos. Memorias del VII curso base de la cría ovina, 1-13. 2002. Toluca, Edo. Méx., AMTEO.
- Soltillo, J. L. and V. Serrano. 1985. Etnología Zootécnica. in *Producción Animal*. Artes Gráficas Torres, Madrid.
- Teixeira, A., S. Matos, S. Rodrigues, R. Delfa, and R. Cadavez. 2006. *In vivo* estimation of lamb carcass composition by real-time ultrasonography. *Meat Sci.* 289-295.





| N  | Autovalor | Diferencia | Proporción | Acumulada | sqrt(autovalor) |
|----|-----------|------------|------------|-----------|-----------------|
| 1  | 13.786    | 12.203     | 0.7256     | 0.7256    | 3.7129          |
| 2  | 1.583     | 0.439      | 0.0833     | 0.8089    | 1.2581          |
| 3  | 1.144     | 0.510      | 0.0602     | 0.8691    | 1.0696          |
| 4  | 0.634     | 0.178      | 0.0334     | 0.9024    | 0.7961          |
| 5  | 0.456     | 0.099      | 0.024      | 0.9264    | 0.6752          |
| 6  | 0.357     | 0.085      | 0.0188     | 0.9452    | 0.5978          |
| 7  | 0.272     | 0.087      | 0.0143     | 0.9596    | 0.5220          |
| 8  | 0.185     | 0.043      | 0.0097     | 0.9693    | 0.4302          |
| 9  | 0.142     | 0.023      | 0.0075     | 0.9768    | 0.3768          |
| 10 | 0.119     | 0.008      | 0.0062     | 0.983     | 0.3445          |
| 11 | 0.111     | 0.046      | 0.0058     | 0.9889    | 0.3326          |
| 12 | 0.065     | 0.017      | 0.0034     | 0.9923    | 0.2551          |
| 13 | 0.048     | 0.010      | 0.0025     | 0.9948    | 0.2184          |
| 14 | 0.038     | 0.010      | 0.002      | 0.9968    | 0.1947          |
| 15 | 0.028     | 0.012      | 0.0015     | 0.9983    | 0.1665          |
| 16 | 0.015     | 0.004      | 0.0008     | 0.9991    | 0.1243          |
| 17 | 0.011     | 0.006      | 0.0006     | 0.9996    | 0.1050          |
| 18 | 0.005     | 0.003      | 0.0003     | 0.9999    | 0.0700          |
| 19 | 0.002     | 0.002      | 0.0001     | 1         | 0.0422          |

**ANEXO 5. Vectores característicos de la matriz de correlación de las variables morfométricas utilizadas en el estudio utilizando los primeros siete componentes principales (CP)**

| Var          | Prin1    | Prin2     | Prin3     | Prin4     | Prin5     | Prin6     | Prin7     |
|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Peso</b>  | 0.256923 | 0.035775  | 0.152845  | -0.000559 | 0.002808  | -0.194222 | -0.285162 |
| <b>DLO</b>   | 0.230576 | -0.206533 | -0.106898 | 0.279983  | 0.397634  | -0.08456  | -0.010779 |
| <b>DDE</b>   | 0.241255 | 0.067538  | -0.136754 | 0.313465  | 0.034442  | -0.156479 | -0.297012 |
| <b>DEE</b>   | 0.230821 | -0.193776 | -0.034774 | -0.406499 | 0.036049  | 0.143066  | 0.485281  |
| <b>DBI</b>   | 0.068025 | 0.44676   | 0.655625  | 0.229462  | 0.210173  | 0.429466  | 0.129588  |
| <b>ANGR</b>  | 0.250217 | -0.130051 | -0.084622 | 0.095994  | -0.235641 | 0.306575  | 0.094123  |
| <b>LGR</b>   | 0.235018 | -0.192866 | -0.005767 | 0.299902  | 0.286954  | 0.045192  | 0.352947  |
| <b>PTO</b>   | 0.256793 | -0.062099 | 0.16976   | 0.006496  | -0.244714 | -0.123615 | -0.083476 |
| <b>ACR</b>   | 0.239424 | 0.223736  | -0.105357 | -0.089204 | 0.249391  | -0.34714  | 0.104858  |
| <b>DCR</b>   | 0.226637 | -0.070435 | -0.114566 | -0.276413 | 0.561604  | 0.258149  | -0.239703 |
| <b>ADO</b>   | 0.206335 | 0.427177  | -0.029186 | -0.100476 | -0.04047  | -0.395283 | 0.348277  |
| <b>AGR</b>   | 0.238784 | 0.212973  | -0.144102 | -0.163027 | -0.233433 | 0.092094  | 0.163827  |
| <b>APE</b>   | 0.236304 | 0.26307   | 0.00936   | -0.222553 | -0.156951 | 0.150087  | -0.312479 |
| <b>ACO</b>   | 0.24872  | 0.03064   | -0.107851 | -0.34854  | 0.031261  | 0.202746  | -0.263724 |
| <b>PTP</b>   | 0.236445 | -0.266317 | 0.06006   | 0.018085  | -0.249892 | 0.180264  | 0.15791   |
| <b>LCU</b>   | 0.160296 | 0.339593  | -0.501538 | 0.41877   | -0.148766 | 0.284803  | 0.014801  |
| <b>PCU</b>   | 0.248266 | 0.025961  | 0.25095   | -0.030721 | -0.012747 | -0.271007 | 0.008763  |
| <b>ArMUS</b> | 0.244857 | -0.257234 | 0.032475  | 0.17752   | -0.145443 | -0.102706 | -0.018016 |
| <b>GRA</b>   | 0.227503 | -0.224278 | 0.320474  | 0.077842  | -0.17955  | -0.036205 | -0.168292 |