

TÓPICOS SELECTOS EN PRODUCCIÓN Y SANIDAD OVINA

APLICACIONES DE LA GENÓMICA EN LA OVINOCULTURA

C O L E C C I Ó N
JOSÉ N. ROVIROSA
Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo

José Manuel Piña Gutiérrez

Rector

TÓPICOS SELECTOS EN PRODUCCIÓN Y SANIDAD OVINA

APLICACIONES DE LA GENÓMICA EN LA OVINOCULTURA

Editores

Luna Palomera C.
Berumen Alatorre A. C.
Chay Canul A. J.



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

Tópicos selectos en producción y sanidad ovina : Aplicaciones de la genómica en la ovinocultura / Eds. Carlos Luna Palomera...[et al]. -1ª Ed.—Villahermosa, Tabasco, México : Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2015.

212 P. (Colección: José Narciso Rovirosa: Biodiversidad, desarrollo sustentable y trópico húmedo)

Incluye Referencias Bibliográficas

ISBN: 978-607-606-272-2

1. Ganado, Cría de (Ovino). I Título. II. Autor. III. Serie

Primera edición, 2015

D.R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n. Zona de la Cultura
Colonia Magisterial, C.P. 86040
Villahermosa, Centro, Tabasco.

El contenido de la presente obra es responsabilidad exclusiva de los autores. Queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Se autoriza su reproducción parcial siempre y cuando se cite la fuente.

ISBN: 978-607-606-272-2

Edición: Carlos Luna Palomera
Alma Catalina Berumen Alatorre
Alfonso Juventino Chay Canul

Apoyo editorial: Francisco Morales Hoil

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México

CONTENIDO

CONFERENCIAS MAGISTRALES	9
ESTADO DE ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS Y SU UTILIZACIÓN EN LA REPRODUCCIÓN OVINA	11
H.W. Vivanco Mackie	
APLICACIÓN DE LA GENÓMICA EN CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN POBLACIONES OVINAS	35
E Casas y S.N. White	
SELECCIÓN DE SEMENTALES OVINOS BASADA EN DEPs Y VALORES DE CONSUMO RESIDUAL DE ALIMENTO (RFIs) EN MÉXICO	45
F. A. Rodríguez Almeida, J. Domínguez Viveros, J. G. Pérez Álvarez, J. D. Arteaga Castelán	
REPRODUCCIÓN Y GENÉTICA ANIMAL	61
IDENTIFICACIÓN DE OVEJAS PELIBUEY CON ACTIVIDAD REPRODUCTIVA CONTINUA MEDIANTE POLIMORFISMOS TIPO RAPD.....	63
A. Roldán Roldán, J.M. Berruecos Villalobos, L.A. Zarco Quintero y J. Valencia	
EFFECTO DE DIFERENTES VELOCIDADES DE ENFRIAMIENTO SOBRE LA CRIOPRESERVACIÓN DEL SEMEN DE OVINO PELIBUEY	71
Á Domínguez Rebolledo, J G Cantón Castillo, A Alcaraz Romero, J Ramón Ugalde	
EFFECTO DE LA RAZA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN OVINOS EN PRIMAVERA/VERANO EN EL ALTIPLANO MEXICANO	75
H. Balderas-Femat, J.R. Aké-López, Y.M. Domínguez-Hernández, J.C. Segura-Correa	
CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN CORDEROS DE PELO EN EL TRÓPICO HÚMEDO EVALUADOS BAJO DIFERENTES CRITERIOS DE EDAD A LA PUBERTAD	81
J.A. Gutiérrez González, C. Luna Palomera, J.A. Peralta Torres, J.A. Aguilar Cabrales	
CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN CARNEROS PELIBUEY TRATADOS CON OXITOCINA EXÓGENA	87
Luna Aparicio J.L., C. Luna Palomera, J.M. Piña Gutiérrez, A. Mendoza González, A. Aguilar Cabrales	
INTERVALO ENTRE PARTOS, PROLIFICIDAD Y SOBREVIVENCIA PREDESTETE EN OVEJAS DE PELO EN UN SISTEMA SEMI-INTENSIVO EN EL TRÓPICO	93

JG Magaña Monforte, JR Aké López, JC Segura Correa, FG Centurión Castro	
ACTIVIDAD OVÁRICA DE CORDERAS PREPUBERES F1 KATAHDÍN X PELIBUEY	
ALIMENTADAS CON DIETAS INCLUYENDO ALFALFA (<i>Medicago sativa</i>).....	97
R. Alcaraz Romero, J. G.Cantón Castillo, J Quintal Franco, A. Domínguez Rebolledo, J Ramón Ugalde.	
PERSISTENCIA EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE BORREGAS DORSET, KATAHDIN Y HAMPSHIRE EN EL CENTRO DE MÉXICO	103
A Rodríguez Moedano, R Hernández Arriaga, J Ángeles Hernández, A Lizarazo Chaparro	
EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA SOBRE LA FERTILIDAD Y PROLIFICIDAD DE OVEJAS PRIMÍPARAS EN CONDICIONES DEL TROPICO.....	107
A. Soto-Aguilar, J.R. Aké-López, L. Sarmiento-Franco, R. Santos-Ricalde, F. Centurión-Castro	
EFFECTO DE SEMENTAL Y DE EYACULADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN MACHOS PELIBUEY	113
J.R. Aké López, Y. Sierra Aguilar, N.Y. Aké-Villanueva, J.R. Aké-Villanueva, J.G. Magaña-Monforte	
NUTRICIÓN Y FORRAJES	119
UTILIZACION DE DIFERENTES ENSILADOS DE CERDAZA EN RACIONES INTEGRALES PARA LA ENGORDA DE BORREGOS. FASE II. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO	121
J. E. García Portuguez	
ÍNDICE DE MASA CORPORAL Y SU RELACIÓN CON LAS RESERVAS CORPORALES DE GRASA EN BORREGAS PELIBUEY	125
L.M. Chavarría-Aguilar, E. Bautista-Díaz, V. Meza-Villalvazo, A. Piñeiro-Vázquez, JC Ku-Vera, A. Lizarazo Chaparro, A. J. Chay-Canul	
RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y LA CONDICIÓN CORPORAL EN BORREGAS PELIBUEY	129
A. Jiménez de Dios, J.R. Velázquez Martínez, A. Piñeiro Vázquez, A. C. Lizarazo-Chaparro, A. J. Chay-Canul	
VALOR NUTRITIVO DE LA CARNE DE CORDEROS CRUZADOS KATAHDÍN CON PELIBUEY	
ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE FORRAJE DE ALFALFA.....	133
J. G. Cantón Castillo, R.D. Sainz, Y. Moguel Ordoñez, A. Alcaraz Romero, A. Domínguez Rebolledo, D. Betancourt Ancona, B.A. Piña Cárdenas	

DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA Y CRECIMIENTO DE CORDEROS PELIBUEY ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ	139
R. Alcaraz Romero, J. G. Cantón Castillo, A. Domínguez Rebolledo, A. Maya Martínez, M. Hernández Perez, R. Chiquíni Medina	
SANIDAD Y BIENESTAR ANIMAL	145
COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA EN OVINOS DE PELO BAJO CONDICIONES DE PASTOREO SEMIEXTENSIVO	147
A. Palacios Fránquez, G. Martínez Velázquez, A. Cárdenas Sánchez	
EVALUACIÓN DE CESTODOSIS EN OVINOS COMERCIALES DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS EN SUCHIAPA, CHIAPAS.....	153
N. Celaya Arteaga, M.E. Reyes García, H. Sánchez Pineda, M. Peralta Lailson	
SELECCIÓN DE MIMÓTOPOS INMUNODOMINANTES DE <i>Haemonchus contortus</i> EMPLEANDO BIBLIOTECAS COMBINATORIAS DE DESPLIEGUE EN BACTERIÓFAGOS	159
J Vázquez Bucheli, A Gayosso Vázquez, R Alonso Morales.	
EFFECTO A CORTO PLAZO DE LA DESPARASITACIÓN SELECTIVA DE OVINOS.....	165
P. Medina-Pérez, N. Ojeda-Robertos, J.F.J. Torres-Acosta, M. Alegría-López	
EFFECTO ANTIHELMÍNTICO <i>In Vitro</i> DE EXTRACTOS ACETONA-AGUA DE <i>Theobroma cacao</i> SOBRE HUEVOS DE <i>Haemonchus contortus</i>	169
A. De la Cruz-Cortazar, C.A. Sandoval-Castro, J.I. Chan-Pérez, J.F.J. Torres Acosta	
RELACIÓN ENTRE LOS ALGUNOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y LA CONDICIÓN CORPORAL EN BORREGAS PELIBUEY	175
JC Mayo Vidal, NF Ojeda Robertos, C Luna Palomera, OM Torres Chable, MA Alegría Lopez, AJ Chay Canul	
DETERMINACIÓN DE VALORES ELECTROCARDIOGRÁFICOS DE TRES DERIVACIONES EN BORREGOS PELIBUEY	179
A. Cupido Hernández, A. R. Reynoso Palomar	
RESPUESTA HEMATOLÓGICA EN OVINOS RASTREADORES DURANTE SU PRIMERA INFECCIÓN CON NEMATODOS GASTROINTESTINALES	183
JM Cutiño Olán, G Arjona Jiménez, CV Zaragoza Vera, M Zaragoza Vera, RA García Herrera, JU Medina Reynés, AJ Aguilar Caballero, AC Berumen Alatorre, AJ Chay Canul, R González Garduño	

CALIDAD, INOCUIDAD Y PROCESAMIENTO DE LA CARNE OVINA	189
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE SEIS GENOTIPOS DE OVINOS EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA	191
J. Hernández-Bautista, A. Palacios-Ortiz, T. Salinas-Ríos, M. I. Pérez-León, J. C. Vinay-Vadillo	
COLOR Y PH DE LA CARNE DE SEIS GENOTIPOS DE OVINOS EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA.....	195
J. Hernández-Bautista, A. Palacios-Ortiz, T. Salinas-Ríos, M. I. Pérez-León, J. C. Vinay-Vadillo	
COMPOSICIÓN DE LA CANAL DE CORDEROS LACTANTES BLACKBELLY × PELIBUEY	199
I del C. García-Osorio ^{1*} , J Oliva-Hernández ² , JA Hinojosa-Cuéllar	
SOCIOECONOMIA, ADMINISTRACION Y EXTENSIONISMO.....	205
ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN OVINA EN MÉXICO Y MICHOACÁN	207
G. Nuncio-Ochoa, E. Sánchez-Vera, J. Nahed-Toral, A. García-Pérez Negrón, E. Bobadilla-Soto, and Carlos Manuel Arriaga-Jordán	

CONFERENCIAS MAGISTRALES

ESTADO DE ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS Y SU UTILIZACIÓN EN LA REPRODUCCIÓN OVINA

H.W. Vivanco Mackie

Profesor visitante Escuela de Post Grado, Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Director Técnico VIVANCO INTERNATIONAL SAC. Lima, Perú.

*Email: williamvivanco@vivancoint.com

RESUMEN

<p>Palabras tecnologías reproductivas, mejora conservación</p>	<p>clave: La utilización de tecnologías reproductivas en la reproducción de los animales domésticos tiene muchos objetivos tales como el control de enfermedades transmisibles por la cópula, facilitar el manejo reproductivo, permitir el intercambio económico de material genético, hacer viable la creación de nuevos y más eficientes sistemas de producción, la generación de crías de sexo y composición genética pre-determinada de acuerdo a las necesidades del mercado, la conservación de los recursos zoogenéticos y tal vez lo más importante el incremento de la tasa reproductiva (obtener el máximo número posible de crías) de animales selectos y a la más temprana edad posible (reduciendo intervalo generacional) para lograr la masiva diseminación de genes favorables (genes responsables de alta productividad) en la población de animales productores y lograr el máximo progreso genético por unidad de tiempo. La inseminación artificial (IA) ,la inducción de ovulación múltiple para la producción de embriones “in vivo” y su subsecuente transferencia a receptoras (MOET), la colección de ovocitos (OPU), su maduración y fertilización en laboratorio (<i>in vitro</i>) y el cultivo “in vitro” de los embriones resultantes hasta el estadio transferible y subsecuente transferencia a receptoras (IVP), la bisección embrionaria, el sexaje de embriones, el sexaje de semen y la inyección intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI) son hoy “biotecnologías reproductivas” de uso cada vez mayor no sólo en el ámbito de investigación sino también comercialmente. Otras tecnologías tales como la liofilización del semen, la clonación y el uso de células madre en reproducción están aún en etapa de desarrollo y su uso comercial es limitado en el caso de la clonación y todavía no empleado comercialmente en el caso de liofilización seminal y uso de células madre en reproducción. A pesar de que la reproducción del ovino ha sido tal vez la más estudiada entre los animales de granja ya que se ha usado esta especie como modelo para muchos estudios de funciones reproductivas y desarrollo de tecnologías reproductivas, esto no se ha traducido en el uso comercial de las tecnologías reproductivas al ritmo suficiente, probablemente debido a deficiencias en las estrategias de capacitación y transferencia tecnológica al sector rural y/o a los problemas que han afectado la rentabilidad de la producción ovina en las décadas de los años 80 y 90 (crisis ovina mundial); esto sin embargo está siendo revertido, pues precisamente con el fin de reorientar la genética ovina hacia rubros más</p>
---	---

rentables e incrementar la eficiencia productiva de las poblaciones ovinas, el uso de las tecnologías reproductivas en ovinos ha cobrado franco desarrollo en los últimos 10 años.

PRINCIPALES TECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS EN OVINOS, SU ESTADO DE ARTE ACTUAL, IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS QUE REQUIEREN SOLUCIÓN Y/O MAYOR DESARROLLO TECNOLÓGICO.

Tecnologías reproductivas para la obtención, manejo, conservación y utilización de los espermatozoides

La tecnología de inseminación artificial abarca todo el proceso desde la colección seminal, su evaluación, manipulación, conservación y aplicación del semen a la hembra receptora.

Entre todos los avances realizados en las últimas décadas en el área de inseminación artificial ovina, la inseminación laparoscópica es el avance más importante. Esta tecnología ha permitido un dramático incremento (alrededor de 10 veces más con respecto a la inseminación cervical) en el número de borregas inseminadas por eyaculado, ha hecho factible el uso de semen congelado con buenos niveles de fertilidad y la utilización de sincronización del celo dentro de programas de inseminación artificial sin afectar la fertilidad (Vivanco et al. 1985; Eppleston y Maxwell 1994).

Otros avances han contribuido en cierta medida a la optimización del manejo reproductivo en programas de inseminación ovina, tales como la utilización del "efecto de hembra en celo" para mantener reproductivamente activos y fértiles a los carneros durante todas las estaciones (Greaney et al. 1991; Vivanco-Mackie, 2001), la utilización del "efecto del macho" para estimular actividad estral y ovulación en las hembras (Gelez y Fabre, 2004), el uso de melatonina para avanzar la estación reproductiva (Kennaway, 1988), el desarrollo de la sincronización del celo y la inducción de la actividad ovárica en el anestro (Gordon, 1983), etc.

En el área de conservación seminal se han logrado avances significativos mediante el uso de sustancias tamponizantes eficientes y metodologías de conservación seminal a temperaturas variadas (ambiental, 15°C, 4°C y congelamiento a - 79°C y a - 193°C), (Bearden y Fuquay, 1980; Vivanco y Valera, 1980; Nelson E., 1982; Vivanco y Alarcón, 1987; Abulizi Wusiman et al., 2012; Murillo Mansano Moscardini et al., 2014) obteniéndose en promedio actualmente alrededor de 200 dosis de semen por eyaculado con fertilidad satisfactoria para inseminación laparoscópica; un método interesante que falta validarse in vivo (sólo se ha evaluado en fertilización in vitro) es el método de conservación seminal de ovino "en sólido" a 15 °C, consistente en la adición de gelatina al diluyente la cual aminora el movimiento y el desgaste energético de los espermatozoides conservando su viabilidad por más tiempo (Yaniz et al., 2005).

Los métodos de inseminación artificial de mayor uso comercial son el método cervical (sólo para semen fresco) y el método laparoscópico (para semen fresco, refrigerado y congelado) obteniéndose resultados de fertilidad satisfactorios. Debido a la anatomía de la cervix uterina del ovino aún no es posible lograr niveles satisfactorios de preñez cuando se usa semen congelado inseminado por vía cervical (Donovan et al; 2001) siendo una solución a esta limitación el uso de inseminación laparoscópica, sin embargo debido a presiones sociales sobre todo en Europa algunos grupos tratan de lograr alternativas a la inseminación laparoscópica planteándose como una de ellas el método de inseminación "transcervical" (atravesar la cervix y depositar el semen al final de la misma o en el

útero) pero los sistemas transcervicales desarrollados hasta la fecha han resultado en inconsistentes tasas de preñez y se informa sobre daños cervicales y uterinos causados por esta técnica (Usbroko, 1995; Windsor, 1993; 1995; Windsor et al. 1994).

La dificultad de atravesar la cérvix con la pipeta de inseminación y depositar el semen al final de la cérvix o el inicio del útero hace que la inseminación por vía cervical se efectúe sólo a la entrada de la cérvix (cervical superficial) lo que demanda que las dosis de inseminación para la inseminación cervical sean de bastante alta concentración espermática (100 millones de espermatozoides móviles) y de bajo volumen (0.1 a 0.2 cc) para evitar pérdida espermática a nivel vaginal por retroflujo y compensar la pérdida espermática debida a las acciones fagocitarias de la cérvix. Por otro lado los métodos de preservación seminal (congelamiento, refrigeración, etc.) usando altas concentraciones (baja dilución) espermáticas resultan en mayor mortalidad espermática en el proceso de refrigeración y/o congelación y mayor pérdida espermática en la conservación de las dosis por lo que aun usando altas concentraciones de semen congelado o refrigerado para inseminación cervical resulta en la mayoría de los ensayos en relativamente bajos porcentajes de preñez, nosotros (Vivanco y Alarcón, 1987) en un pequeño ensayo de inseminación cervical con semen congelado obtuvimos 59% de preñez, resultado que no ha sido superado en otros ensayos más actuales realizados por otros grupos y que necesita validarse. La inseminación laparoscópica en cambio permite la utilización de semen de más alta dilución (10 millones de espermatozoides móviles por dosis) en cualquiera de sus formas (fresco, refrigerado o congelado).

Investigadores de la Universidad de Sídney, Australia (Guillian y C. Maxwell 1998) han demostrado que el proceso de congelamiento seminal causa la espontánea reacción del acrosoma del espermatozoide, o sea el espermatozoide ha sufrido el proceso de capacitación prematuramente por lo tanto su tiempo de vida en el tracto reproductivo es muy inferior al del semen no congelado lo cual demanda que el semen congelado sea inseminado muy próximo al momento de la ovulación tal como lo recomendamos en nuestros protocolos (Vivanco 1998).

Guillian y C. Maxwell, 1998, mencionan que el congelamiento seminal además de su efecto en la prematura capacitación espermática afecta la actividad de las mitocondrias y desnaturaliza el DNA por lo que la inseminación con semen congelado aún por el método laparoscópico resulta en niveles de preñez algo inferiores a los obtenidos con semen fresco usando la misma tecnología de inseminación; el uso de protectores de la membrana celular y del DNA del espermatozoide en los dilutores está siendo investigado; Mirjana Gavella et al. (2012) informan sobre protección de la membrana celular y de la estructura del DNA del espermatozoide al usar "Gangliosidos" (ácido siálico conteniendo glicosfingolípidos que son compuestos anfílicos que en su forma micelar afectarían las propiedades y funciones de la membrana celular).Mara et al (2005) igualmente suplementan los dilutores con sustancias protectoras de la estructura celular.

Según Guillian et al. 2004 más del 70% de los espermatozoides inseminados se pierde por "retroflujo" hacia la vagina después del servicio (se encuentran espermatozoides móviles en fróntes vaginales hasta 2.5 días después de la inseminación); mencionan que esto se observa en la misma intensidad o mayor aún para el caso de la inseminación intrauterina laparoscópica y que es más marcada cuando se inseminan mayores volúmenes y cuando se insemna semen congelado. Las implicancias de este fenómeno no están claramente determinadas ya que puede inclusive ser beneficiosa debido a que estaría indicando una contracción uterina eficiente la cual es fundamental para el transporte espermático en el tracto reproductivo femenino.

Otro método de conservación seminal a largo plazo es la liofilización del semen (secado por congelamiento o “freeze-drying”) y se ha concebido como método alternativo a la congelación en la conservación seminal a largo plazo ya que el método por congelamiento además de requerir de contenedores de nitrógeno líquido (de relativo alto costo) para su almacenamiento y transporte requiere cercanía de plantas de suministro de este material criogénico que son muy escasas y costosas de instalar en sectores rurales, además del costo que ocasiona el mantenimiento de las dosis de semen debido a la evaporación constante del nitrógeno líquido de los contenedores. Los primeros ensayos de liofilización de semen se remontan a los años 1949 (Polge et al. 1949), luego hubo un período de menos intensidad en el desarrollo de investigaciones en ésta tecnología pero a partir de la exitosa obtención de embriones (Keskintepe et al. 2001 en bovinos) y de crías obtenidas en roedores (Wakayama y Yanagimachi, 1998, en ratones; Liu et al. 2004, en conejos; Hirabayashi et al. 2005 en ratas) y sobre todo a partir del nacimiento de potrillos nacidos por ICSI de ovocitos de yeguas con espermatozoides liofilizados de potros (Choi et al.; 2011) se considera que el uso de espermatozoides liofilizados y su aplicación por ICSI es una tecnología viable por lo que se han intensificado las investigaciones en animales mayores. En ovinos no hay reportes aún de exitosa obtención de embriones y crías a partir de semen liofilizado por lo que es un campo abierto para las nuevas generaciones de investigadores.

La liofilización consiste en secar material congelado mediante la sublimación del hielo por lo que envuelve una directa transición de una fase sólida (hielo) a una fase gaseosa (vapor de agua). La desventaja frente al congelamiento gradual está en que la membrana espermática puede ser dañada por el estrés durante el procedimiento provocado por el congelamiento brusco y el secado, produciendo además cierto grado de ruptura de la integridad del DNA (Gil et al. 2014). Como los espermatozoides pierden su motilidad a consecuencia de la liofilización, el espermatozoide liofilizado debe ser microinyectado al ovocito por ICSI, por lo que el uso de semen liofilizado involucra más de una técnica reproductiva avanzada aumentando su complejidad, sin embargo resultaría en un método más económico de conservación seminal a largo plazo.

La inyección intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI) es una tecnología reproductiva relativamente nueva (Palermo et al. 1992) pero que ha sido adoptada intensamente en la reproducción asistida humana y equina, en humanos como solución de los casos de infertilidad matrimonial y en equinos como método más eficiente de fertilización de ovocitos para la producción de embriones in vitro en comparación al método de fertilización in vitro por co-incubación de espermatozoides y ovocitos debido a las particularidades de la zona pelúcida equina, en ovinos hasta hoy su uso ha sido muy limitado y mayormente en trabajos de transgénesis (Pereyra-Bonnet et al., 2010); la técnica de ICSI implica la transferencia mecánica de un espermatozoide al interior de un ovocito que se encuentra en Metafase II (García-Roselló et al. 2009).

La fertilidad obtenible con los diferentes métodos de conservación seminal y las diferentes técnicas de inseminación artificial depende de muchos factores; el factor principal es obviamente la calidad del eyaculado obtenido para su manipulación, procesamiento e inseminación por lo que es de suma importancia asegurar que la materia prima (semen) sea de la más óptima calidad. El manejo de los animales para la producción seminal y los métodos de colección son los factores más importantes que afectan la producción y calidad seminal. La colección por electroeyaculación ofrece una considerable variación en calidad seminal entre carneros y entre colecciones del mismo carnero (Tiwari y Sahni, 1977), en comparación con la vagina artificial. Sin embargo también han sido observadas diferencias en la calidad de semen dependiendo del tipo de vagina artificial utilizada

para la colección del semen de los carneros (Burov, 1974). Las vaginas artificiales usadas hoy en día son muy sencillas y eficientes.

La frecuencia de colección del semen afecta significativamente la calidad del eyaculado. En general hay una reducción en el volumen y concentración espermática pero un incremento en la motilidad del espermatozoide a medida que se incrementa la frecuencia de colección seminal (Bearden y Fuquay, 1980).

Diferencias observadas entre años en la producción y calidad seminal son prácticamente al azar y son explicadas por variaciones en clima y disponibilidad de alimentos especialmente en sistemas pastoriles. Los efectos de los meses, si es que no están ligados a efectos estacionales, son también bastante arbitrarios y dependen mayormente de influencias de la región geográfica y reflejan variaciones climáticas. Las interacciones de razas con meses en características seminales denotan la diferente capacidad adaptativa de las diferentes razas a los diferentes medio ambientes (Vivanco, 1983; 1988).

Entre todas las especies domésticas, la fertilidad en los carneros es particularmente afectada por las altas temperaturas ambientales. La calidad del eyaculado y la capacidad del testículo para producir andrógenos es afectada por altas temperaturas corporales producidas por altas temperaturas ambientales u otras causas (Hafez, 1980). Estudios comparando razas introducidas y locales en ambientes tropicales demuestran una producción seminal pobre para todas las razas durante los meses más calurosos del año, pero además en las razas introducidas se observó una marcada disminución del libido (Tiwari y Sahni, 1976; Sinha et al. 1980). La motilidad del semen se ve significativamente afectada a alturas sobre 3,800 m.s.n.m. (Vivanco, et al., 1985).

En general cualquier tipo de "stress" (climático, de manejo, psicológico, nutricional, etc.) afecta la producción y calidad del semen debido a la relación "stress" - eje hipotalámico hipofisial- corteza adrenal - glucocorticoides- gónadas y su retroacción sobre el hipotálamo e hipófisis (Moberg, 1984).

Los ovinos son caracterizados como especie de reproducción estacional. En regiones templadas sin embargo, los carneros generalmente permanecen sexualmente activos a través de todo el año con ciertas variaciones no muy marcadas en el nivel de actividad, más debida a variaciones de temperatura o disponibilidad de alimentos durante estaciones, que a factores relacionados con fotoperiodo (Hulet y Shelton, 1980; Vivanco, 1983). En latitudes más extremas los carneros experimentan una casi total reducción de la actividad sexual en ciertos periodos del año. Pelletier y Ortavant (1975) y Lincoln y Short (1980); plantearon que el fotoperiodo producía cambios en el sistema que gobierna la secreción tónica de gonadotropinas siendo por lo tanto responsable de la transición de actividad sexual a quiescencia. Lincoln et al. (1980) sugirió que la respuesta al fotoperiodo en el carnero involucra una interrelación entre la actividad secretora de la glándula pineal y un establecido ritmo circadiano en el cerebro. La hormona involucrada en esta interrelación es la melatonina que es secretada por la pineal en proporciones variables entre el día y la noche. Inyecciones de melatonina a intervalos apropiados imita los efectos normalmente inducidos por los cambios en duración del día (Turek y Campbell, 1979). Una gran cantidad de trabajos han sido efectuados sobre el uso de la melatonina para regular la actividad reproductiva de los carneros desarrollándose protocolos para su aplicación (Hanif M. y Williams H.LI.; 1988; Fitzherald J.A. et al.; 1988) pero su practicidad y efectividad no han sido del todo satisfactorias. El uso de fotoperiodo artificial imitando días cortos por un mes y alternado con días largos por otro mes mantuvo los

carneros con producción constante de semen todo el año, la misma respuesta fue obtenida reemplazando los días largos por un tratamiento de 7 horas de luz, 8 horas de oscuridad, 1 hora de luz, 8 horas de oscuridad. Este "flash" de una hora de luz debía darse a las 15-16 horas desde el amanecer (Lindsay D.R. y Thimonier, J. 1988). No hay duda de que la manipulación del fotoperiodo puede ser usada exitosamente para la mantención de la actividad reproductiva de carneros todo el año, sin embargo su práctica es muy costosa, demanda instalaciones especiales, consumo de energía, mano de obra, etc. En "LambXL" (compañía que efectuó la reconversión genética ovina en Nueva Zelanda en el período 1987-1995) en Nueva Zelanda nosotros usamos manipulación de fotoperiodo en carneros durante una de las campañas de transferencia de embriones fuera de estación, las complicaciones de manejo nos indujeron a cambiar de estrategia en las siguientes campañas fuera de estación; encontramos que simplemente exponiendo los carneros a ovejas ovariectomizadas y estrogenizadas (con celo inducido) por lo menos una vez por semana mantiene el libido, la producción seminal y la fertilidad durante todo el año (lo llamamos "efecto de hembra"), nuestros resultados de fertilidad con semen fresco usado en ovejas superovuladas fue el mismo durante el otoño y la primavera (Greaney et al. 1991).

Es evidente que una nueva y excitante etapa para el desarrollo tecnológico de la inseminación artificial y otros métodos de fertilización de ovocitos en la especie ovina ha comenzado. Los instrumentos y los métodos analíticos de mayor precisión y sofisticación que se disponen hoy en día, la enorme riqueza de información y la gran facilidad de comunicación para intercambio de la información, la revaloración del rol de los pequeños rumiantes en la economía de los países en desarrollo y desarrollados, debe traducirse en más frecuentes éxitos en la solución de las limitaciones y en el desarrollo de más avanzados y efectivos métodos para la inseminación artificial y otras tecnologías reproductivas en ovinos.

Tecnologías reproductivas para la producción de embriones, su manipulación, conservación y transferencia a receptoras para la obtención de crías

Se conoce como transferencia embrionaria a todo el proceso desde la producción de los embriones utilizando material genético de "donantes" (machos y hembras) hasta la transferencia al aparato reproductor de las "receptoras" de los embriones resultantes para su anidación, gestación, nacimiento y amamantamiento.

La producción de los embriones puede hacerse en dos formas:

a) Dentro del aparato reproductor de la oveja "donante", a este método se le conoce como producción embrionaria *in vivo* y a todo el proceso de producción embrionaria *in vivo* usando estrategias superovulatorias y la subsecuente transferencia de los embriones producidos se le conoce como MOET (Multiple Ovulation and Embryo Transfer).

b) En laboratorio, obteniendo los gametos (semen y ovocitos) de los animales donantes y efectuando la maduración de dichos gametos, la fertilización de los ovocitos y la incubación de los embriones resultantes en forma controlada en el laboratorio, a este método se le conoce como producción embrionaria *IN VITRO* o IVP (In Vitro Embryo Production). El procedimiento para la transferencia embrionaria propiamente dicha a la receptora es igual tanto para el sistema MOET como para IVP.

a) La producción de embriones in vivo:

Numerosos artículos de revisión sobre la producción de embriones in vivo en ovinos han sido publicados (ver Cognie et al., 2003; Gonzales-Bulnes et al., 2004; Gonzales-Bulnes, 2007; Vivanco-Mackie, 2001; Vivanco-Mackie, 2013). En este artículo vamos a tratar de resumir y complementar esas revisiones y mostrar cómo está la tecnología de transferencia embrionaria en ovinos en su estado de arte actual y que factores limitantes tenemos aún que resolver.

El factor más crítico que afecta la eficiencia y costo de la producción de embriones *in vivo* es la estrategia para lograr la superovulación ya que ésta determina el número de embriones transferibles colectados por oveja tratada para superovulación. Luego de más de 4 décadas de aplicación comercial de MOET, el promedio de embriones transferibles colectados por oveja donante tratada para superovulación ha experimentado incrementos pero aún insuficientes para hacer la tecnología más costo efectiva y se observa aún alta variabilidad en las respuestas superovulatorias.

Muchos trabajos de investigación se han publicado en relación a regímenes de estimulación hormonal para superovulación en ovinos (Moore y Eppleston, 1979; Armstrong y Evans, 1983; Armstrong et al., 1983; Schiewe et al., 1985; Torres S. et al., 1987; Chupín D. et al., 1987; Maxwell y Wilson, 1989; Walker, S.K. et al., 1989; Maxwell et al., 1990; McMillan W. H. y Hall, D.R.H. 1990; Remy et al., 1991; Greaney K. B. et al., 1991; Rangel-Santos R, 1991; Vivanco H. W. et al., 1992) con resultados muy variables y relativamente baja producción de embriones por donante tratada; no es sino hasta que nuestro grupo en la Australian Texel Corporation (ATC) planteó que el reclutamiento de folículos del grupo de folículos sensitivos a gonadotropina y su desarrollo tiene que estar basado en la utilización de FSH con muy bajo nivel o completamente libre de contaminación de LH, esto basado en los hallazgos de Driancourt (Driancourt, M.A. y Fry R.C., 1988; Driancourt, M.A. et al. 1993) que demuestran que es la FSH y no la LH la que es necesaria para desarrollar los folículos primarios. La utilización de inyecciones de PMSG al momento de la primera inyección de FSH tal como era recomendada por algunos investigadores (McMillan W.H. y Hall, D.R.H.1990) y que fuera adoptada incluso por nosotros inicialmente, estaría induciendo una maduración y/o luteinización folicular muy temprana. Una vez que el folículo alcanza cierto grado de desarrollo es que hay un cambio de dependencia del folículo de FSH hacia LH (Driancourt, M.A y Fry R.C, 1988; Driancourt, M.A. et al. 1993), por lo tanto la inyección de una fuente de LH (como la PMSG) debería hacerse al final del periodo de desarrollo folicular, no al principio, es decir prácticamente a la 6ta inyección de FSH. La fuente de LH debe imitar la secreción pulsátil o incremento gradual de LH que se observa en el pro-estro y no producir una especie de pico que estaría más bien imitando el pico ovulatorio, por ello es mejor usar PMSG y en bajo nivel y no HCG, o LH directamente o GnRH como fue usado por otros autores (Wright, R. W. et al., 1981; Chupín D. et al., 1987; Walker, S.K. et al., 1989). Nosotros probamos esta hipótesis (imitar nivel creciente de LH durante el pro-estro) en un pequeño ensayo para observar las tendencias (ver Vivanco-Mackie, 2013) confirmando nuestra expectativa de mejores resultados cuando el PMSG se aplica al momento de la remoción del tratamiento progestacional. Es conocido que la aplicación exógena de FSH y PMSG decrecen la secreción endógena de FSH y los pulsos endógenos de LH (Bervers, M.M. et al., 1988), el pico ovulatorio de LH sin embargo, ya que es producido como respuesta a los altos niveles de estrógeno que se generan en el pro-estro e inicio del-estro y que son aún más altos en el caso de superovulación (Jabbour H.N., et al., 1986) tendría menos chance de ser bloqueado por el tratamiento exógeno de gonadotropinas. Todo esto sugiere que una vez que uno inicia el tratamiento superovulatorio uno debe desestimar los niveles endógenos de FSH y proporcionar apoyo de FSH exógeno todo el tiempo. Los tratamientos tradicionales de superovulación sin

embargo están aún basados en la aplicación de un determinado número fijo de inyecciones de FSH aplicadas todas durante el diestro (antes de remover el tratamiento progestacional), poniendo la última dosis al momento de suspender el tratamiento progestacional o máximo 12 horas después, esto está privando de FSH a los folículos en la fase más crítica de su desarrollo (el pro-estro), las inyecciones de FSH deben continuar hasta que la donante inicia el celo receptivo. Nosotros probamos nuestra hipótesis comparando donantes en que un grupo fueron inyectadas con FSH hasta el inicio del celo inclusive, otro hasta 12 horas antes del inicio del celo (no inyectadas al momento de la detección) y otras que recibieron la última inyección 12 horas después de la remoción del progestágeno y no volvieron a ser inyectadas y que entraron en celo después de 24 y 36 horas de la última inyección de FSH. Las ovejas que fueron inyectadas con FSH hasta el inicio del celo inclusive produjeron 11 veces más embriones transferibles que las ovejas que recibieron FSH sólo hasta 24 horas antes del inicio del celo (ver Vivanco-Mackie, 2013).

Como producto de todos estos ensayos que confirmaron nuestra hipótesis reformulamos nuestra estrategia definiendo nuestro régimen de 1992 en adelante. Nuestro régimen en LambXL y ATC aplica el PMSG al final del tratamiento progestacional y sigue aplicando FSH, no importa cuántas dosis se requieran, hasta que la donante es marcada en celo. Estos cambios en la estrategia de tratamientos hormonales constituyeron uno de los más importantes avances en nuestro programa de transferencia embrionaria y cambió la estrategia a nivel mundial. El porcentaje de ovejas que entraron en celo y que ovularon después del tratamiento se elevó de un 80-85% a prácticamente 100% y el número de embriones producidos por donante prácticamente se duplicó, no mostró ninguna variación en respuesta entre estaciones, todas las razas respondieron satisfactoriamente así como fue efectivo tanto en adultas como en borreguillas de primer celo. El régimen hormonal se aplicó en forma consecutiva por 4 veces durante la estación reproductiva (otoño) y 3 veces en la primavera cada año sin mayores diferencias entre estaciones (ver Vivanco-Mackie, 2013).

Esta nueva estrategia aplicada mayormente a Texel y Finnish Landrace, la usamos también para ovinos Rambouillet, Romney y Merino con muy buenos resultados. Nuestra estrategia fue asumida por Macquaire Artificial Breeders en Australia usándose en ovejas de las razas Dohne Merino, South African Mutton Merino (SAMB), Dorper, Damara, Texel, White Suffolks y en nuestros trabajos en Perú con Dohne Merino e East Friesian, trabajando muy bien en todas esas razas. Las donantes de la raza Poll Dorset presentan una alta incidencia de regresión temprana del cuerpo lúteo, en promedio alrededor de 15% de ovejas Poll Dorset tratadas para superovulación e inseminadas regresionan el cuerpo lúteo antes de la fecha de colección embrionaria (a los 4 días post AI ya comenzaba la regresión), en algunos casos (cuando hay factores estresantes) hasta el 75% de las donantes Poll Dorset presentan este problema perdiéndose por lo tanto los embriones. Como estrategia para enfrentar la eventual regresión luteal temprana introdujimos en el protocolo la inserción a la donante de un CIDR desde 3 días post inseminación hasta el momento de la colección embrionaria manteniendo por lo tanto un nivel adecuado de progesterona circulante y dejando de depender de la progesterona endógena; como resultado se normalizó la producción embrionaria en esta raza sin importar si el cuerpo lúteo hubiera regresionado o no (ver Vivanco-Mackie, 2013).

A nivel global el promedio de producción embrionaria por sesión de colección de ovejas superovuladas no excede los 6 embriones transferibles, pero sabemos que en cada ovario disponemos de más de cien mil folículos primarios, sin embargo sólo un pequeñísimo número de estos (los folículos antrales) responden a las gonadotropinas. El gran reto es pues cómo movilizar la mayor cantidad posible de folículos pre-antrales hacia el grupo de folículos antrales de manera que

al estimularlos con las gonadotropinas nos produzcan una buena cantidad de ovocitos ovulados y subsecuentemente embriones transferibles. Moniaux (2012), describe las regulaciones intra-foliculares que se llevan a cabo para la selección de los folículos ovulatorios e indica que cambios en el sistema IGF-1 parecen ser esenciales para la selección folicular y su desarrollo hasta el estado pre-ovulatorio; así mismo demuestra la participación del sistema BMP (Bone Morphogenic Protein) en la regulación de la tasa de ovulación y menciona que dentro de este sistema el mismo ovocito pudiera estar jugando un rol en la regulación de la tasa de ovulación como lo propuso McNatty et al., 2005. La Hormona Anti-Mulleriana (AMH) cuya expresión está restringida sólo a las células de la granulosa ovárica de folículos en desarrollo es propuesta por Moniaux como un marcador endocrinológico ideal del tamaño del grupo o “pool” de folículos antrales en desarrollo (folículos responsivos a las gonadotropinas) de tal manera que las hembras de pobre respuesta a las gonadotropinas pueden ser detectadas y descartadas de los programas de superovulación basado en sus niveles de AMH e la sangre, esto reducirá la variación entre donantes en la tasa de ovulación e incrementará el número de embriones producidos. Las hembras que tienen una mayor cantidad de folículos pre antrales listos para su desarrollo en cada onda folicular, agotan su reserva total de folículos más pronto por lo que esta selección pudiera influenciar en la longevidad reproductiva de las hembras, pero esto es menos preocupante en especies zootécnicas ya que la vida productiva promedio no excede de 6 años mientras que en humanos si puede tener repercusiones en el sentido de que mujeres relativamente jóvenes podría agotar su reserva folicular. Actualmente se viene trabajando intensivamente en el uso de AMH para selección de donantes de embriones u ovocitos en vacunos; Rico et al. (2012), demostraron que un método de buena precisión para determinar la concentración de AMH en suero sanguíneo de vacas es mediante pruebas de ELISA y encontraron que en vacas sometidas a repetidas aspiraciones de folículos ováricos para colección de ovocitos con estimulación gonadotrópica, las concentraciones de AMH en muestras de plasma colectadas antes de cada tratamiento gonadotrópico eran altamente repetibles y altamente correlacionadas con respuestas foliculares; en vacas superovuladas propusieron valores referenciales de MAH a ser usados en la selección de vacas por respuesta folicular. Los avances hasta el momento han permitido obtener “kits” específicos para determinación de HAM por ELISA en suero sanguíneo de vacas. No hay razón para que en el ovino sea diferente, por lo que se deberá estudiar la correlación de niveles de AMH en sangre de ovejas con la respuesta superovulatoria y desarrollar los protocolos para selección de donantes en base a niveles de AMH.

Si bien el régimen hormonal es el factor más determinante, muchos otros factores influyen en la producción in vivo de embriones de calidad transferible por oveja donante por colección y por año, entre los más importantes tenemos la raza y edad de las ovejas donantes, el ambiente ecológico (clima, latitud, altitud), la estación del año, el estado nutricional/condición corporal, sitio (oviducto o útero) y momento post fertilización de la colección, el número de previas colecciones embrionarias a la donante, la técnica empleada para la colección embrionaria, etc. y las interacciones entre estos factores (Vivanco et al. 1994; Vivanco-Mackie, 2013). La optimización de la tasa de producción embrionaria va a depender de las estrategias que usemos para mitigar efectos adversos, controlarlos o eliminarlos; la gran importancia de la estrategia de superovulación consiste precisamente en que se pueden diseñar en función de los factores que afectan la producción de embriones.

La técnica de colección embrionaria más usada universalmente es la exteriorización del cuerno uterino por laparotomía ventral de la donante y el lavado a través de la cateterización del cuerno uterino (Vivanco-Mackie, 2001; Gibbons y Cueto, 2013); nuevamente aquí fue necesario este tipo

de cirugía debido a la imposibilidad de introducir un catéter transcervicalmente para hacer el lavado “no quirúrgico” como se hace en otras especies de rumiantes (vacunos, caprinos, alpacas); una alternativa desarrollada inicialmente por Mc Kelvey et al. (1986) es la colección embrionaria por lavado uterino vía laparoscópica en que no es necesaria la exteriorización del tracto reproductivo, nosotros usamos la técnica de Mc Kelvey en Nueva Zelanda pero debido a que esta técnica implicaba la inyección del medio de lavado ya sea a nivel de oviducto o unión útero tubárica utilizando un “áspic” o aguja, resultó en detrimento de la futura fertilidad de las donantes por daños a nivel de esas regiones anatómicas (Vivanco et al., 1994) lo que nos indujo a modificar la técnica laparoscópica obteniendo una técnica en que no es necesaria la inyección del medio usando áspics o agujas sino que el medio se introduce a través del catéter Foley y se practica un “sifoneo” con una jeringa hipodérmica que inocular el medio; esta modificación solucionó los problemas de fertilidad mencionados, esta técnica la hemos usado ya por varios años y se ha incluso transferido a la Universidad Austral de Chile.

Gusmao et al. 2009 y Gusmao 2011; han desarrollado una técnica de colección embrionaria por cateterización transcervical induciendo la apertura de la cervix uterina mediante un tratamiento intravaginal con Prostaglandina E1 que estimularía la producción de relaxina facilitando la introducción del catéter, los resultados de estos trabajos muestran una tasa de colección satisfactoria; sin embargo, a la fecha ni la técnica laparoscópica y la transcervical se han difundido lo suficiente y se sigue colectando embriones en ovinos por la vía quirúrgica por laparotomía ventral.

A nivel mundial la producción de embriones in vitro se estima en alrededor de cien mil embriones por año, su uso va en aumento debido a los proyectos de reconversión genética ovina en los principales países ovejeros y al desarrollo de nuevos frentes de producción ovina tales como México y Paraguay en Latinoamérica.

b) La colección de ovocitos y producción de embriones “in vitro” en el ovino

A pesar de que los primeros trabajos sobre recolección de ovocitos (OPU) y producción de embriones “in vitro” (IVP) hechos por Robinson en ovinos datan del año 1950 y son muy anteriores a los primeros trabajos hechos en el bovino por Bergulla y colaboradores en 1974 (ver revisión de Raymond et al. 1981), esta tecnología reproductiva ha alcanzado eficiencia comercial mucho más rápido en el vacuno y está ya en pleno uso comercial mientras que en el ovino aun cuando existen ciertas aplicaciones comerciales, la tecnología está todavía en desarrollo y requiere de más trabajo para llevarla a niveles de eficiencia adecuados.

La tecnología de recolección de ovocitos y producción de embriones “in vitro” (OPU-IVP), se viene desarrollando para las diversas especies domesticas no solamente como una alternativa para evitar los problemas (tales como limitado número de embriones producidos por donante y gran variabilidad en las respuestas superovulatorias, alto costo) que se tienen en la ovulación múltiple y producción de embriones “in vivo” (MOET), sino que tiene sus virtudes específicas y permite aplicaciones imposibles de lograr con la técnica de MOET.

El hecho de poder cosechar los gametos femeninos (ovocitos) directamente de los ovarios de los animales donantes, madurar los ovocitos fuera del animal donante en laboratorio (“in vitro”), capacitar el espermatozoide en laboratorio, fertilizar los ovocitos madurados usando los espermatozoides capacitados en laboratorio y cultivar los embriones resultantes “in vitro” hasta el estadio de transferirlos a hembras receptoras es tal vez la revolución tecnológica más importante en

la industria animal desde la invención de la inseminación artificial. Esta tecnología permite potencialmente obtener material genético de hembras de diferente edad (juveniles pre o post púberes, adultos y hasta seniles) y diferentes estados fisiológicos (lactantes, secas, vacías, preñadas, ciclando normalmente, inducidas a ciclar durante el anestro) y de animales muertos (ya sea beneficiados, muertos por accidente o sacrificados por razones humanitarias).

El potencial de la tecnología de OPU-IVP de revolucionar la industria animal es enorme ya que su aplicación permitirá incrementar aún más las tasas de progreso genético (se puede reducir el intervalo generacional en forma dramática) y la creación de nuevos y más eficientes sistemas de producción (mellizaje por transferencia embrionaria, producción de compuestos genéticos o híbridos, producción de corderos de carne en rebaños de ovejas lecheras, etc.).

La cosecha de ovocitos de ovarios de animales beneficiados, cualquiera que sea la especie, se hace por aspiración folicular usando ya sea simplemente jeringas hipodérmicas con agujas de 18 g de diámetro o mediante aspiradores que no son más que agujas montadas en tubos de colección conectados a bombas de vacío (Xu et al. 1992; Gordon, 1994) o por disección y ruptura de los folículos (Lu et al., 1987; 1988).

La cosecha o recolección de ovocitos ("Ovum Pick UP" o OPU) ya sea en borregas adultas o borreguillas pre púberes vivas es hecha por métodos quirúrgicos ya sea por laparotomía con la consiguiente exposición del ovario fuera de la cavidad abdominal o por laparoscopia introduciendo la aguja de aspiración a través de la cánula intra abdominal (Snyder y Nellor, 1975; Tervit et al., 1993; 1995; Tervit, 1996).

Un aspecto importante que requiere de mayor investigación es determinar si es realmente necesario estimular hormonalmente las donantes vivas durante la estación reproductiva antes de ser sometidas a recolección de ovocitos y si fuera necesaria la estimulación cual sería el tratamiento hormonal óptimo y cual la frecuencia con que se puede cosechar ovocitos del ovario ovino sin y con estimulación hormonal. En promedio aún bajo estimulación hormonal el número de ovocitos colectados por oveja adulta ha sido relativamente bajo lográndose entre 12 a 14 ovocitos por oveja tratada (Tervit, 1996; Baldasarre et al., 1996; Ptak et al., 1998).

La reciente aplicación de ultrasonografía transrectal para el estudio de los eventos reproductivos en las ovejas demuestra que los folículos desarrollan en "ondas" o pequeños ciclos que se repiten a lo largo del ciclo estral, en ovinos estas ondas foliculares y los factores que las influyen han sido descritas por Ginther et al. (1995), Leyva et al. (1998), Bartlewski et al. (1999), Evans et al. (2000), Rubianes et al. (1996), Viñoles et al. (2000), Rubianes (2001). La ocurrencia de ondas foliculares en el ovino adulto en estación reproductiva ofrece la posibilidad de recolecciones de ovocitos repetidas y a intervalos de 3 a 4 días tal como se efectúa en el bovino, materia que es necesario investigar.

La recolección de ovocitos de corderos pre púberes (tan jóvenes como 6 a 7 semanas de edad) está siendo usada ya comercialmente en Australia debido a su gran impacto en la reducción del intervalo generacional y su consecuente efecto en la ganancia genética anual a pesar de que las eficiencias son relativamente bajas (especialmente en la tasa de sobrevivencia de los embriones transferidos), Estos programas están siendo usados mayormente en la mejora del ganado Merino "Super Fino". Los corderos son estimulados hormonalmente antes de la recolección de ovocitos la cual se efectúa ya sea post mortem (beneficiando los corderos después del tratamiento) o por laparotomía ventral (Earl, C.R. et al., 1994; Kelly, J.M. et al. 2001).

La recolección de ovocitos de ovejas fuera de estación reproductiva requiere de tratamiento hormonal de las donantes antes de la recolección (Cheng, 1985; Ptak, citado por Loi P. et al., 1998). En general los tratamientos hormonales previa recolección de ovocitos, tanto para ovejas prepúberes como adultas dentro y fuera de la estación reproductiva están basados en administración de dosis bajas de FSH por 2 o 3 días cada 12 horas en animales en fase progestacional inducida por tratamiento exógeno de progesterona o progestágenos, suspendiéndose el tratamiento progestacional y gonadotrópico 12 horas antes del beneficio o de la recolección "in vivo" (Eral et al., 1994; Tervit, 1996; Baldasarre et al., 1996; Ptak et al., 1998; Kelly et al. 2001).

Los ovocitos recolectados son sometidos a maduración y fertilización en laboratorio y los embriones resultantes son cultivados hasta su estado de blástula para su transferencia. Hay prácticamente 3 métodos para cultivar embriones desde 24 horas después de haber sido puestos en contacto con los espermatozoides capacitados. Dos de estos métodos son métodos "in vitro", el tercero es simplemente utilizar receptoras intermedias cultivándose los embriones en sus oviductos ligados (para evitar que los embriones lleguen al útero), estas receptoras temporales pueden ser ovejas (Galli y Lazzari, 1996) o conejas (Fukui y Ono, 1988), cultivándose los embriones hasta el estadio máximo de blástula expandida cuando son recuperados de los oviductos de las recipientes temporales y ya sea transferidos a recipientes definitivas o congelados para su conservación.

Los laboratorios difieren en los sistemas usados para IVP desde los sistemas de maduración hasta los sistemas de cultivo de embriones ya sea en sistemas de co-cultivo o químicamente definidos (Tervit, et al., 1972; Gardner et al., 1974; Galli y Moor, 1991; Tervit et al., 1993; Harper y Brakett, 1993; Kobayashi et al., 1994; Gandolfi et al., 1994; De Matos et al., 1995; Wells et al., 1997; Ptak et al., 1997; Rexroad y Powell, 1986; Gandolfi y Moor, 1987; Gandolfi, 1994). La maduración de los ovocitos es una de las etapas más críticas de la producción de embriones "in vitro" ya que no solo afecta las subsiguientes fases del proceso de producción de embriones sino también la sobrevivencia del embrión transferido hasta el nacimiento tal como lo demuestra en su revisión Hasler (1994). Otro proceso crucial es la capacitación espermática y fertilización in vitro. El proceso de capacitación espermática es un proceso complejo que resulta en la maduración final del espermatozoide y la secreción de enzimas que son necesarias para la penetración de la zona pelúcida (Bedford, J.N., 1970). En ovinos si se usa semen fresco para la fertilización in vitro, el semen es mantenido a temperatura de 20°C por 6 horas después de colectado antes de proceder a la separación espermática, esto determina el inicio del proceso de capacitación por "stress" celular (Tervit et al., 1993). En el caso de semen congelado, este ya ha sufrido también procesos iniciales de capacitación debido al efecto "stress" del congelamiento (Guillan y Maxwell, 1998). El medio más usado hasta hoy para la capacitación espermática del ovino está basado en el suero de oveja en meta estro en una solución de Hapes buffer (Cheng, 1985; Crozet et al., 1987; Tervit et al., 1993). Los espermatozoides son expuestos al medio de capacitación por lo menos 30 minutos antes de la inseminación de los ovocitos.

En vacunos la producción de embriones in vitro aventaja en 300% a la producción de embriones in vivo (Vivanco-Mackie, 2000), en ovinos no se han evaluado comparativamente las eficiencias de producción entre ambos sistemas debido a que en ovinos no se ejecutan aún programas rutinarios de OPU-IVP, las ventajas principales del sistema in vitro sobre in vivo en ovinos residen en las posibilidades de producción embrionaria de animales prepúberes, seniles y beneficiados y tanto dentro como fuera de la estación reproductiva.

c. La conservación de embriones

Al igual que el semen los embriones ovinos pueden ser conservados por corto plazo a temperatura ambiental y refrigeración y a largo plazo por congelamiento o por vitrificación. Embriones ovinos pueden ser mantenidos por hasta 5 horas sin pérdida de su habilidad para sobrevivir post transferencia si se conservan a 23°C en medio de “mantenimiento” (MDPBS Dulbecco’s Fosfato Buffer Salino suplementado con 10% de suero fetal, glucosa, piruvato de sodio y antibióticos) y protegidos de la luz y de variaciones térmicas. La conservación por refrigeración a 4°C igualmente se puede hacer en medio de mantenimiento, bajando la temperatura de 23°C a 4°C lentamente en un período de 2 horas; el tiempo máximo de conservación es de 48 horas (Vivanco 2014).

La conservación a largo plazo de embriones ovinos es posible efectuarla tanto por congelación como por vitrificación. El primer ensayo de congelación (Willadsen et al. 1974) usó como crioprotector el DMSO, luego se han ensayado otros agentes crioprotectores tales como el glicerol (Martínez y Matkovic, 1998) el propilen glicol (Schieve et al. 1991) y el etilen glicol (Heyman et al. 1987; McGinnis L.K. et al. 1993), éste último es el que mejores resultados ha dado en términos de viabilidad post congelación y generación de crías. El etilén glicol (EG) tiene mayor permeabilidad para su intercambio con las células embrionarias. Observaciones nuestras y de García-García et al. 2006 muestran que en ovinos los embriones que mejor se conservan por congelamiento son las blástulas y blástulas expandidas; las mórulas tempranas o embriones de menor desarrollo son más difíciles de conservar por crio preservación (García-García et al. 2006), esta tendencia es la misma tanto en embriones producidos in vivo como in vitro (Songsasen et al. 1995) aunque Coccerio et al. 1996 informan de similares tasas de nacimiento transfiriendo mórulas o blástulas. Los resultados de preñez y nacimientos han sido variables; Songsasen et al. congelaron en EG embriones en estadio de blástula temprana (el día 6) obteniendo 36% de preñez. La mayoría de autores y operadores comerciales asumieron el método de EG congelando mórulas tardías o blástulas tempranas extrapolando al ovino las experiencias en vacunos, los métodos de descongelamiento en su mayoría involucran 2 a tres etapas de lavaje de los embriones luego de ser expelidos de la pajueta a una placa Petri, utilizando una gradiente de concentración de glicerol o EG según sea el crioprotector usado, los porcentajes de preñes no son muy altos, en cambio nosotros hemos simplificado nuestra metodología, congelamos los embriones en 1.5 M E.G y 0.1 M sucrosa en una base de MDPS con 10% FCS y son para descongelación en una sola fase, los embriones al descongelar la pajueta simplemente se vierten en una placa Petri con solución fosfato salina modificada con adición de glucosa, piruvato y suero fetal bovino (Dulbecco’s Modified Phosphatate Buffer Saline MDPBS) o “holding media” comercial, se carga el catéter de transferencia y se transfiere el embrión (procedimiento similar a lo que se conoce como transferencia directa en vacunos), esto no sólo simplifica las operaciones en campo sino que resulta en porcentajes de nacimientos superiores a los de los métodos de glicerol o EG con lavaje de gradientes de crioprotector. Nuestro método lo hemos aplicado comercialmente tanto en Australia como en Perú y Uruguay con porcentajes de nacimientos que fluctúan de 38 a 68% con una media de 50% (Vivanco 2014).

En ovinos la criopreservación de embriones in vitro muestra aún bajas tasas de sobrevivencia (Dattena et al; 2000; Han et al. 2000., Ushijima H. et al. 1999; McGinnis L.K y Youngs C.R. 1990; Papadopouls S, et al. 2002; Martínez A.G. et al.2006). La vitrificación sin embargo ha mostrado ser un método con resultados adecuados para criopreservar embriones producidos in vivo, Baril et al. (2001), obtuvo 53% de sobrevivencia hasta el nacimiento con embriones in vivo vitrificados. Más recientemente, estudios muestran similares tasas de sobrevivencia hasta el nacimiento de embriones in vivo congelados y vitrificados (Baril et al. 2001, Isachenko et al. 2003). Se ha

demostrado que hay una influencia del grado de desarrollo del embrión en los resultados de la vitrificación (Ali J. y Shelton J.N. 1993), las mórulas no sobreviven tan bien como las blástulas y blástulas expandidas (Shirazi A. et al. 2010). Según Youngs et al. (2010), con el congelamiento y con la vitrificación de embriones ovinos producidos in vivo se espera 50 y 60% respectivamente, de sobrevivencia embrionaria hasta el nacimiento y con embriones producidos in vitro la expectativa es de 25% para congelamiento y 35% para vitrificación. Nosotros (Vivanco International SAC) no le vemos ventaja alguna a la vitrificación, en primer lugar usa niveles sumamente elevados de crioprotectores, su manipulación tanto en laboratorio como en el campo es muy complicada, hay alta incidencia de embriones “perdidos” y en campo prácticamente hay que instalar un laboratorio para poder remover los crioprotectores, etc. y los resultados de preñez y nacimientos no son mejores que los de congelamiento o no se incrementan lo suficiente para justificar los costos adicionales tanto en crioprotectores, envases especiales, mano de obra, etc.

d) La tasa de sobrevivencia de los embriones

Una serie de factores influyen la proporción de embriones que se verán representados como corderos nacidos vivos y normales. Las fuentes de variación más frecuentemente identificadas como de mayor importancia para la tasa de sobrevivencia de los embriones son: las donantes (sobre todo su edad y raza), los tratamientos recibidos por donantes que afectan la calidad de los embriones, la manipulación de los embriones (medios de lavaje y transporte o mantenimiento, temperaturas, ingredientes, etc.), la edad del embrión y estado de desarrollo al momento de la transferencia, las técnicas y eficiencias en la colección y transferencia de embriones, la condición, nutrición, raza y manejo de las recipientes (ver revisión en Rangel-Santos, R. 1991; Baril, G. et al. 1993). Tal como se mencionó para el caso de las donantes, la reducción del "stress" y una balanceada nutrición son aspectos de gran importancia para obtener la máxima sobrevivencia embrionaria hasta el parto. Nuestros promedios de sobrevivencia embrionaria con embriones frescos son de 70% y con embriones congelados 50%.

Esfuerzos hechos en LambXL y la ATC así como en nuestros trabajos en Perú para incrementar la tasa de sobrevivencia embrionaria, además de tratar de optimizar todos los factores que influyen esta variable, incluyeron tratamientos hormonales a las recipientes. La suplementación de progesterona (CIRD-G) insertada en la recipiente inmediatamente después de la transferencia, reemplazada el día 13 después de la transferencia y mantenida hasta el día 56 de gestación incrementa en 10% la tasa de preñez (Vivanco, 1996).

LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS

Con miras a incrementar el número de crías logradas por animal selecto (carnero u oveja) que se pueden producir en un año o por generación desarrollamos e introdujimos como práctica rutinaria en LambXL la bisección de embriones con resultados altamente satisfactorios incrementando la producción comercial de corderos en un 40% (Vivanco H.W. et al., 1991; Rangel-Santos R., 1991; Vivanco H.W. y Greaney K. 1992). La técnica de ICSI aplicada a ovinos incrementa la eficiencia en el uso de semen exponencialmente (Catt y Rhodes, 1995; Catt et al. 1996) y permite facilitar las prácticas de modificación genética (Pereyra-Bonnet et al., 2010). La clonación de embriones por transferencia nuclear usando blastómeros permitió en vacunos incrementar el número de crías producidas de un embrión original (Vivanco et al. 2000) y puede ser extrapolada la técnica a ovinos; Otras tecnologías tales como el sexado de embriones por biopsia embrionaria y determinación de presencia de cromosoma Y por análisis de ADN (Bondioli, 1992), separación de espermatozoides X

e Y para la inseminación o producción de embriones y crías de sexo predeterminado (Evans et al., 2004), la clonación de individuos (Wilmut et al., 1997; Wells et al., 1997) y la transgénesis (Balasarre et al., 2004) se han ensayado con éxito en el ovino y otros rumiantes menores y constituyen herramientas de posible aplicación en sistemas de producción ovina.

APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS REPRODUCTIVAS

La aplicación de las tecnologías reproductivas en ovinos se hace con objetivos muy variados, siendo los principales:

- El control de enfermedades transmisibles por la cópula,
- Facilitar el manejo reproductivo,
- Permitir el intercambio económico de material genético,
- Hacer viable la creación de nuevos y más eficientes sistemas de producción,
- La generación de crías de sexo y composición genética pre-determinada de acuerdo a las necesidades del mercado,
- La conservación de los recursos zoogenéticos
- El incremento de la tasa reproductiva (obtener el máximo número posible de crías) de animales selectos y a la más temprana edad posible (reduciendo intervalo generacional) para lograr la masiva diseminación de genes favorables (genes responsables de alta productividad) en la población de animales productores y lograr el máximo progreso genético por unidad de tiempo.

Cada uso o aplicación tiene grandes beneficios y su implementación dependerá del adecuado diseño de los programas donde se desea insertar como instrumento a cualquiera de las tecnologías reproductivas sola o en combinación, de manera que su aplicación sea costo efectiva.

En los programas de mejora genética el objetivo fundamental es el lograr el mejoramiento sostenido de la productividad animal en los rebaños de los productores, la tarea es la de hacer viable el máximo progreso productivo aprovechando las grandes ventajas y contribuciones de las tecnologías de punta. La aplicación de tecnologías básicas (monta natural controlada y dirigida e inseminación cervical) directamente en los predios ganaderos de productores es de relativa facilidad y requiere solamente del diseño adecuado de la logística; en cambio el uso de tecnologías más avanzadas requiere de una estrategia más elaborada mediante la cual el efecto genético final deseado en las poblaciones ganaderas de productores es obtenido pero a través de un sistema que involucre una unidad de producción del material genético idóneo, su mejoramiento mediante la aplicación de selección intensa y producción dirigida de los reproductores requeridos para el mejoramiento masivo y la distribución de estos reproductores en las ganaderías objetivo. Este concepto es el de los NUCLEOS GENETICOS ELITE.

En los programas de conservación y utilización de recursos genéticos locales ya sean nativos o naturalizados (ej. ganado criollo) es importante asegurar la conservación de los recursos genéticos (ya sea in situ o ex situ) e implementar un banco criogénico de dichos recursos genéticos antes de aplicar sistemas de selección y/o cruzamientos que definitivamente modificarán la composición genética local. Es necesario guardar material genético representativo de toda la población muestreada al azar y de animales identificados como portadores de cierto tipo de genes, es necesario asegurar la máxima variabilidad genética en la muestra y determinar la cantidad mínima de muestras de la población a ser conservada (Oldenbroek, 2007).

CONCLUSIONES

Las tecnologías reproductivas son uno de los instrumentos más poderosos disponibles para la mejora animal, conservación de recursos genéticos y optimización de la salud y sistemas productivos usados en los ovinos; la investigación, desarrollo tecnológico y aplicación debe ser incentivada.

REFERENCIAS

- Abulizi Wusiman, Yan-Ping Wang, Kang Ren, Guang-Bin Zhou, Xiang-Wei Fu, Lun Suo, Zhi-Qiang Fan, Liang Wang and Shi-En Zhu. 2012. Semen Storage at 23, 4 or -196°C and its Application to Artificial Insemination in Small-tail Han Sheep. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* Volume 7, Number 4, 299-308, 2012
- Ali, J., Shelton J.N. 1993. Successful vitrification of day-6 sheep embryos. 1993. *Journal of Reproduction and Fertility* 99 (1993) 65-70.
- Armstrong D.T., y Evans G. 1983. factors influencing success of embryo transfer in sheep and goats. *Theriogenology*, 19: 31-42.
- Armstrong D.T., Pfizner A.P., Warnes G.M. y Seamark R.F. 1983. Superovulation treatment and embryo transfer in Angora Goats. *J. Reprod. fert.* , 67: 403-410.
- Baldasarre H., Furnus C.C., de Matos D.G. y Pessi H. 1996. In vitro production of sheep embryos using laparoscopic folliculocentesis: alternative gonadotropin treatments for stimulation of oocyte donors. *theriogenology* 45, 707-717.
- Baril G. Traldi A.L., Cognié Y., Lebeouf B., Beckers J.F., Mermillod P. Successful direct transfer of vitrified sheep embryos. 2001. *Theriogenology* 56 (2001) 299-305
- Baril G., Brevion, P. y Chesne, P. 1993. *Manual de formation pratique pour la transplantation embryonnaire chez la brebis et la chevre*. FAO. Roma. Etude FAO et Sante Animales.
- Bartlewski P.M., Beard A.P., Cook S.J., Chandolia R.K., Honaramooz A. y Rawlings N.C. 1999. Ovarian antral follicular dynamics and their relationships with endocrine variables through the oestrus cycle in breeds of sheep differing in prolificacy. *J. Reprod. Fertil.* 115:111-124.
- Bearden H.J y Fuquay J. 1980. *Applied Animal Reproduction*. Reston Publishing Co. Reston Virginia.
- Bedford J.N. 1970. Sperm capacitation and fertilization in mammals. *Biology of reproduction*, 2: 128.
- Bevers M.M., Dieleman S.J. van Tol H.T.M. y Blankenstein D.M. 1988. Aberrations in gonadotropin hormone secretion in PMSG-Superovulated cows. *Proc. XI Congr. Anim. Reprod. and Al.* Dublin, Ireland.
- Burov V.A. 1974. Modified artificial vagina. *Anim. Breed. Abst.* 42:2193.
- Cocero M.J., Lopez Sebastián A., Barragán M.L., Picazo R.A. 1996. Differences on post-thawing survival between ovine morulae and blastocysts cryopreserved with ethylene glycol or glycerol. *Criobiology* 33 (1996) 502-507.
- Catt J.W. and Rhodes S.L. 1995. Comparative intracytoplasmic sperm injection (ICSI) in humans and domestic species. *Reprod. Fert. Dev.* 1995. 7(2): 161-166
- Catt S.L., Catt J.W., Gomez MC, Maxwell WMC and Evans G (1996) The developmental competence of in vitro matured ovine oocytes, cytoplasmically injected with unsorted sperm or sperm sorted for sex by flow cytometry *Proceedings of the 13th International Congress on Animal Reproduction*, Sydney, Australia Abstract I p. 24
- Cuthbertson K.S. and Cobbold P.H. 1985
- Cognie, Y., Baril, G., Poulin, P. and P. Mermillod. 2003. Current status of embryo technologies in sheep and goat. *Theriogenology* 59 (2003) 171-178.
- Crozet N., Huneau D., Desmedt V., Theron M-C, Szollosi D., Torres S. y Sellec C. 1987. In vitro fertilization with normal development in the sheep. *Gam Res* 16,159-170.

- Cheng W. T.K. 1985. In vitro fertilization of farm animal oocytes. PhD. Thesis, University of Cambridge.
- Chupin D., Cognie Y., Combarous Y., Procureur R. y Saumande J. 1987. Follicular growth and ovulation rate in farm animals. Martinus Nijhoff Publishers. 1987.
- Choi, Y.H., D.D. Varner, C.C Love, D.L. Hartman and K. Hinrichs. 2011. Production of live foals via intracytoplasmic injection of lyophilized sperm and sperm extract in horse. *Reproduction* (2011) 142:529-538.
- Dattena M., Ptak G., Loi P., Cappai P., 2000. Survival and viability of vitrified in vitro and in vivo produced ovine blastocysts. *Theriogenology* 53 (2000) 1511-1519.
- De Matos D.G., Furnus, C.C., Moses D.F. y Baldasarre, H. 1995. Effect of cysteamine on glutathione level and developmental capacity of bovine oocyte matured in vitro. *Mol Reprod Dev* 42, 432-436.
- Donovan A, J.P. Hanrahan, T. Lally, M.P. Boland., Byrne G.P., P. Duffy, P. Lonergan and D.J. O'Neil. 2001. AI for sheep using frozen-thawed semen. End of Project Report. ARMIS 4047. Teasac, Sheep Research Centre, Athenry Co. Galway and Faculty of Agriculture, University College, Dublin, Belfield, Dublin 4. ISBN 1 841701521.
- Driancourt M.A. y Fry R.C. 1988. Differentiation of ovulatory follicles in sheep. Vol. 66. XVIII Biennial Symposium on Animal Reproduction. Utah, USA. *Journal of Anim. Sci. Supplement* 2. P: 9-20.
- Driancourt M.A., Gougeon A., Royere D. y Thibault C. 1993. Ovarian Function. En: *Reproduction in Mammals and Man*. Editores: C. Thibault, M.C. Levasseur, R.H.F. Hunter. Ellipses, Paris. 1993.
- Earl C.R., Irvine B.J. and Armstrong D.T. 1994. Development of techniques for the production of viable embryos from six to seven week old lambs. *Theriogenology* 41:330.
- Eppleston J. y Maxwell W.M.C. 1994. Sources of variation in the reproductive performance of ewes inseminated with frozen-thawed ram semen by laparoscopy. *Theriogenology* 41.
- Evans G., Hollinshead F.K. and W.M.C. Maxwell. 2004. Preservation and artificial insemination of sexed semen in sheep. *Reproduction Fertility and Development*, 2004, 16:455-464
- Evans A.C.O., Duffy P., Hynes N. y Boland M.P. 2000. Waves of follicle development during the estrus cycle in sheep. *Theriogenology*. 53: 699-715.
- Fitzgerald J.D., Stellflug, J.N. y Mole J. 1988. Photoperiodic management of scrotal circumference and fertility of rams with melatonin. *Proc. 11th Cong. on Anim. Rep. and AI. Dublin. Ireland. Vol.4:405*
- Fukui Y. y H. Ono. 1988. In vitro development to blastocysts of in vitro matured and fertilized bovine oocytes. *Vet. Res.* 122.
- Galli C. and G. Lazzari. 1996. Practical aspects of IVM/IVF in cattle. *Animal Reproduction Science. Vol 42: 371-379.*
- Galli C. y Moor R.M. 1991. Gonadotropin requirements for the in vitro maturation of sheep oocytes and their subsequent embryonic development. *Theriogenology* 35, 1083-1093.
- Gandolfi F. 1994. Autocrine, paracrine and environmental factors influencing embryonic development in the sheep by co-culture with oviduct epithelial cells. *J. Reprod Fert* 81, 23-28.
- Gandolfi F. y Moor R.M. 1987. Stimulation of early embryonic development in the sheep by co-culture with oviduct epithelial cells. *J.Reprod Fert* 81, 23-28.
- Gandolfi F., Pocar P., Luciano A.M. y Rieger D. 1994. Effect of EGF and IGF-1 during in vitro maturation of cattle oocytes on subsequent embryo development and metabolism. *Theriogenology* 45, 277.

- García-García R.M., Gonzáles-Bulnes A., Dominguez V., Veiga-Lopez A., Cocero M.J. 2006. Survival of frozen-thawed sheep embryos cryopreserved at cleavage stages. *Cryobiology* 52 (2006) 108-113.
- García-Roselló E., García-Menqual E., Coy P., Alfonso J., Silvestre M.A. 2009. Intracytoplasmic sperm injection in livestock species: an update. *Reprod. Domestic Anim.* 2009, 44 (1): 143-151.
- Gardner D.K., Lane M., Spitzer A. y Batt A. 1994. Enhanced rates of cleavage and development for sheep zygotes cultured to the blastocyst stage in vitro in the absence of serum and somatic cells: amino acids, vitamins, and culturing embryos in groups stimulate development. *Biol Reprod* 50, 390-400.
- Gelez H., Fabre-Nys C. 2004. The "male effect" in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory systems. *Hormones and Behaviour*. September 2004. 46 (3):257-271
- Gibbons A. y M Cueto. 2013. Manual de Transferencia de embriones en ovinos y caprinos. Segunda Edición. INTA. EEA Bariloche. Centro Regional Patagonia Norte. 44pp
- Gil L, Olaciregui M, Luño V, Malo C, González N, Martínez F. 2014. Current status of freeze-drying technology to preserve domestic animals sperm. *Reprod Domest Anim.* 2014; 49: Suppl 4:72-81.
- Gillian L. y Maxwell W.M.C. 1998. The functional integrity and fate of cryopreserved ram spermatozoa in the female tract. Vth International Symposium on Reproduction in Domestic Ruminants. Colorado Springs, Co. USA. *Jour. Rep. Fert. Supplement* 54.
- Gillian L., W.M. Chis Maxwell and G. Evans. 2004. Preservation and evaluation of semen for artificial insemination. *Reproduction Fertility and Development*, 2004, 16:447-454.
- Ginther O.J., Kot K. y Wiltbank M.C. 1995. Associations between emergence of follicular waves and fluctuations in FSH concentrations during the estrus cycle in ewes. *Theriogenology*. 43: 689-703
- Gonzales-Bulnes A., Baird, D.T., Campbell, B.K., Cocero, M.J., Garcia-Garcia R.M., Inskip K.E., López-Sebastián A., McNeilly A.S., Santiago-Moreno J., Souza J.H. and Veiga-López A. 2004. State of the art in the production, conservation and transfer of in vivo produced small ruminant embryos. *Rep. Fert. Dev.* 2004; 16 (4): 421-435.
- Gonzales-Bulnes A. 2007. Avances en transferencia de embriones en pequeños rumiantes. Advances in embryo transfer in small ruminants. *Acta Scientiae Veterinarie*. 35 (Supl.3): s773-s780.
- Greaney K.B., McDonald M.F., Vivanco H.W. y Tervit H.R. 1991. Out of season embryo transfer in five breeds of imported sheep. *Proc. New Zealand Soc. of Anim. Prod.* ,51: 129-131.
- Gordon I. 1993. *Controlled Breeding in Farm Animals*. Pergamon Press Ltd. Headington Hill Hall, Oxford OX3 OBW, England. First Edition. 436 p.
- Gordon I. 1994. *Laboratory Production of Cattle Embryos*. Biotechnology in Agriculture. Vol 11. CAB International. UK.
- Gusmão A.L, Silva JC, Bittencourt TCC, Martins LEP, Gordiano HD, Barbosa LP. 2009. Transcervical embryo recovery in Dorper ewes in the Brazilian semi-arid Northeast. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 61 (2). Belo Horizonte. Abstr.35
- Gusmão A.L. 2011. State-of-the-art in the transcervical embryo collection in goats and sheep. *Acta Scientiae Veterinariae* 39: 37-42.
- Hafez E.S.E. 1980. *Reproduction in farm animals*. 4th Edit. Lea and Febiger. Philadelphia. USA.
- Han Y.M., Kim S.H., Park I.Y. Kang Y.K., Lee C.S; Koo D.B., Lee T.H. Yu D.Y., Kim Y.H., Lee J.K., Lee K.K. 2000. Blastocyst viability and generation of transgenic cattle following freezing of in vitro produced, DNA-injected embryos. *Anim. Reprod. Sci.* 63 (2000) 53-63.

- Hanif M. y Williams H.L.I. 1988. The effect of Melatonin and light treatment on the reproductive performance of yearling suffolk rams. Proc. XI Int. Cong. Animal Reprod. and AI. Vol 4: 406-408.
- Hasler J.F. 1994. Commercial applications of in vitro fertilization in cattle. The Compendium. Vol. 6 (8): 1062-1073.
- Harper K.M. y Brakett B.G. 1993. Bovine blastocyst development after in vitro maturation in a defined medium with epidermal growth factor and low concentrations of gonadotropins. Biol Reprod. 48, 409- 416
- Heyman Y., Vincent C., Garnier V., Cognie Y. 1987. Transfer of frozen-thawed embryos in sheep. 1987. Veterinary Record 120 (1987) 83-85.
- Hirabayashi, M., M. Kato, J. Ito, and S. Hochi. 2005. Viable rat offspring derived from oocytes intracytoplasmically injected with freeze-dried sperm heads. *Zygote* 13:79-85.
- Hulet C.V. y Shelton M. 1980. In: Reproduction in farm animals. Hafez E.S.E Editor. 4th Edition. Lea and Febiger. Philadelphia.USA.1980.
- Isachenko V., Alabart J.L., Dattena M., Nawroth F., Cappai P., Isachenko E., 2003. New Technology for vitrification and field (microscope-free) warming and transfer of small ruminant embryos. *Theriogenology* 59 (2003) 1209-18
- Jabbour H.N., Evans G., y Moore N.W. 1986. Steroidogenic and ovulatory response of Merino ewes to PMSG and porcine FSH. Proc. Australian Soc. Repro. Biol. 18: 55
- Kelly J.M., Mawson B.L., Davies L., Hartwich K.M. y Walker S.K. 2001. Production of third generation lambs derived from successive juvenile in vitro embryo transfer (JIVET) procedures. *Theriogenology* 55 (1): 428.
- Kennaway D.J. 1988. Short-and long-term effects of manipulation of the pineal/melatonin axis in ewes. *Reprod. Nutr. Development*. 1988. 23 (2B):399-408.
- Keskintepe, L., A. Hassan, I. Khan, and S. L. Stice. 2001. Bovine embryo development after lyophilized sperm injection. *Theriogenology* 55:505.
- Kobayashi K., Yamashita S. y Hoshi H. 1994. Influence of epidermal growth factor- α on in vitro maturation of cumulus cell-enclosed bovine oocytes in a defined medium. *J Reprod Fert* 100, 349-446.
- Leyva V., Buckrell B.C. y Walton J.S. 1998. Regulation of follicular activity and ovulation in ewes by exogenous progestagen. *Theriogenology*. 50: 395-416.
- Lindsay D.R. y Thimonier J. 1988. Timing and frequency of reproduction in sheep physiological factors. 3rd World Congress on Sheep and beef cattle Breeding. Vol 2: 547-563.
- Lincoln G.A. y Short R.V. 1980. Seasonal breeding: Natures contraceptive. *Recent Progress in Hormone Research*. Vol. 36.
- Lincoln G.A., Almeida O.F.X. y Arendt J. 1980. Role of melatonin and circadian rhythms in seasonal reproduction in rams. *J.Reprod. and fert. Suppl.* 30: 23-31.
- Liu, J. L., H. Kusakabe, C. C. Chang, H. Suzuki, D. W. Schmidt, M. Julian, R. Pfeffer, C. L. Bormann, X. C. Tian, R. Yanagimachi, and X. Yang. 2004. Freeze-dried sperm fertilization leads to full-term development in rabbits. *Biol. Reprod* 70:1776-1781.
- Loi P., Ptak G., Dattena M. Ledda S., Naitana S. y Cappai P. 1998. Embryo transfer and related technologies in sheep reproduction. 14th Scientific Meeting. European Embryo Transfer Association. Venice. Italy.91-104.
- Lu K.H., I. Gordon, M. Gallagher and H. McGovern. 1987. Pregnancy established in cattle by transfer of embryos derived from in vitro fertilization of oocytes matured in vitro. *Vet. Rec.* 121: 259-260.

- Lu K.H., I. Gordon, H.B. Chen, M. Gallagher and H. McGovern. 1988. Birth of twins after transfer of cattle embryos produced by in vitro techniques. *Vet. Rec.* 122: 539-540.
- Mara L., C. Accardo, S. Pilichi, M. Dattena, F. Chessa, B. Chessa, A. Branca and P. Cappai. 2005. Benefits of TEMPOL on ram semen motility and in vitro fertility: a preliminary study. *Theriogenology* 63 (2005) 2243-2253.
- Martínez A.G., Matkovic M. 1998. Cryopreservation of ovine embryos: Sow freezing and vitrification. *Theriogenology* 49 (1998) 1039-1049.
- Martinez A.G., Valcárcel A., Furnus C.C., de Matos D.G., Iorio G. De las Heras M.A. 2006. Cryopreservation of in vitro-produced ovine embryos. *Small Ruminant Research* 63 (2006) 288-296.
- Maxwell W.M.C., Szell A., Hunton J.R., y Ryan J.P. 1990. Artificial breeding: Embryo transfer and cloning. In: *Reproductive Physiology of Merino Sheep*. Editors: Oldham C.M., Martin G.B. y Purvis I.W. School of agriculture. University of Western Australia. Nedlands, Perth.
- Maxwell W.M.C., y Wilson H.R. 1989. Superovulation and embryo recovery in ewes treated with a single injection of PMSG and FSH-P. *Aust. Soc. for Reprod. Biol. Proceed. of the 21th Annual Conf., Monash University Australia*.
- McGinnis L.K., Duplantis Jr S.C, Youngs C.R. 1993. Cryopreservation of sheep embryos using ethylene glycol. *Animal Reproduction Science* 30 (1993) 273-280.
- McGinnis L.K., Youngs C.R. 1990. Vitrification of ovine embryos. *Theriogenology* 33 (1990) 287. Abst.
- McKelvey W.A.C., Robinson JJ, Aitken RP, Robertson IS. 1986. Repeated recoveries of embryos from ewes by laparoscopy. *Theriogenology* 25: 855-865.
- McMillan W. H. and Hall D.R.H. 1990. Superovulation in the ewe: effects of stage of cycle and PMSG in oFSH (Ovagen) treated ewes. *Proc. Aust. Soc. Rep. Biol. Conf. Sept. 24-26. Perth. W.A. P:38*.
- McNatty, K. P., Galloway, S. M., Wilson, T., Smith, P., Hudson, N. L., *et al.* 2005. Physiological effects of major genes affecting ovulation rate in sheep. *Genet Sel Evol* 37 Suppl 1, S25-38.
- Mirjana Gavella, Kaskresenija Lipovac, Verica Garaj-Vrhovac and Goran Gajski. 2012. Protective effect of Gangliosides on DNA in human spermatozoa exposed to cryopreservation. *Journal of Andrology* 2012 (33):1016-1024.
- Moberg P.G. 1984. Adrenal -Pituitary Interactions: Effects on Reproduction. *Proc. 10th Intl. Cong. in Animal Reproduction and AI. Urbana-Chanpaing, Illinois.USA. Vol IV:I-29*.
- Monniaux D. 2012. Superovulatory responses and embryo production in ruminants: Lessons from the ovaries. *Proceedings 28th Annual Meeting A.E.T.E.- Saint Malo, France, 7- 8 September 2012. P 7-27*.
- Moore N.W., y Eppleston J. 1979. Embryo transfer in the Angora goat. *Aust. J. Agric. Res.*, 30: 973-981.
- Murillo Mansano Moscardini, Caroline Scott, Diego Souza Moura, Tarcisio Torre Laurencio, Viviana Helena Vallejo Aristizábal, Faviana Ferreyra Souza. 2014. Viabilidad de espermatozoides ovinos mantenidos a 5 y 15 grados C en diferentes sistemas de refrigeración. *R. Bras. Cienc. Vet.* 2014. 21 (2): 122-126
- Nelson E. 1982. Procedures for collecting and processing small ruminants semen. *Bullet. California State Polytechnic University. Pomona. CA.USA*.
- Oldenbroek, K. 2007. Utilization and conservation of farm animal genetic resources. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands, 2007. 232pp.
- Palermo, G., Joris, H., Devroey, P. and Van Steriteghem, A.C. 1992. Pregnancies after intracytoplasmic injection of single spermatozoon into an oocyte. *Lancet* 340, 17-18.

- Papadopoulos S., Rizos, D., Duffy P., Wade M., Quinn K., Boland M.P. et al. 2002. Embryo survival and recipient pregnancy rates after transfer of fresh or vitrified, in vivo or in vitro produced ovine blastocyst. *Animal Reproduction Science* 74 (2002) 35-44.
- Pelletier J. y Otravant R. 1975. Photoperiodic control of LH release in the ram and night androgen interaction. *Acta Endocrinológica*. 78:442.
- Pereyra-Bonnet F., A. Gibbons, M. Cueto, R. Bevacqua, L. Escobar and D. Salamone. 2010. Cytoplasmic microinjection of exogenous DNA in *in vitro* and *in vivo* derived sheep embryos. *Reproduction, Fertility and Development* 23(1) 263-263
- Polge, C., A. U. Smith, and A. S. Parkes. 1949. Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperature. *Nature* 164:666-667.
- Ptak G., Loi P., Dattena M., Cappai P. y Tischner M. 1997. IVM/IVF techniques in prepubertal lamb oocytes. Proc. 13th AETE Scientific Meeting, Lyon, 192.
- Ptak G., Dattena M., Loi L., Tischner M y Cappai P. 1998. repeated oocyte recovery for IVP of ovine blastocysts. Proc. 50th ICAR, Milan.
- Rangel-Santos R. 1991. Investigations into procedures for the implementation of a multiple ovulation and embryo transfer scheme using ewe lambs. PhD Thesis. Massey University. Palmerston North .New Zealand. 233pp.
- Raymond W., Wright, Jr. y Kenneth R. Bondioli. 1981. aspects of in vitro fertilization and embryo culture in domestic animals. *Jour Anim Sci* 53 (3):702-726
- Remy B., Baril G., Vallet J.C., Dufour R., Chouvet C., Saumande J., Chupin D. y Beckers J.F. 1991. Are antibodies responsible for a decreased superovulatory response in goats which have been treated repeatedly with porcine follicle-stimulating hormone?. *Theriogenology*, 36: 389-399.
- Rexroad C.E.J., y Powel A.M. 1986. Co-culture of sheep ova and cells from sheep oviduct. *Theriogenology* 25, 187.
- Rico, C. Drouilhet, L., Salvetti, P., Dalbies-Tran, R., Jarrier, P., Tuzé, J-L., Pillet, E., Ponsart, C., Fabre, S. and Moniaux, D. 2012. Determination of anti-Mullerian hormone concentrations in blood as a tool to select Holstein donor cows for embryo production: from the laboratory to the farm. *Reproduction, Fertility and Development*, 2012, 24: 932-944
- Rubianes Edgardo. 2001. Avances en el conocimiento de la fisiología ovárica de los pequeños rumiantes y su aplicación para el manejo reproductivo. *Actas de Fisiología*. 6:95-105
- Rubianes E., de Castro T. y Carvajal B. 1996. Effect of high progesterone levels during the growing phase of dominant follicle wave 1 in ultrasonic monitored ewes. *Can. J. Anim. Sci.* 16: 473-475.
- Sinha N.K., Wani G.M. y Sahni K.L. 1980. Observations on the reproductive behaviour and semen quality of rams reared under tropical conditions. *Anim. Breed. Abst.* 48:6044.
- Schieve M.C., Rall W.F., Stuart L.D., Wildt D.E. 1991. Analysis of cryoprotectant, cooling rate and in situ dilution using conventional freezing or vitrification for cryopreserving sheep embryos. *Theriogenology* 36 (1991) 279-293.
- Schiewe M.C., Howard J.G., Stuart L.S., Goodrowe K.L. and Wildt D.E. 1985. Human menopausal gonadotropin (HMG) for superovulation in sheep. *Theriogenology* ,23:227.
- Shirazi A., Soleimani M., Karimi M., Nazari H., Ahmadi E., Heidari B. 2010. Vitrification of in vitro produced ovine embryos at various developmental stages using two methods. *Cryobiology* 60 (2010) 204-2010.
- Songsasen N, Buckrell B.C., Plante C., Leibo S.P. 1995. In vitro produced embryos using ethylene glycol in controlled freezing or vitrification. *Cryobiology* 32 (1995) 78-91.

- Tervit H.R. 1996. Laparoscopy/laparotomy oocyte recovery and juvenile breeding. *Anim. Prod. Sci.* 42: 227-238.
- Tervit H.R., Smith J.F., McGowan L.T., Wells, R.W. y Pugh P.A. 1993. Laparoscopic recovery of ovarian ovaries from slaughtered or living sheep. *Proc Aust Soc Reprod Biol* 25, 7.
- Tervit H.R., Smith J.F., McGowan L.T. y Pugh P.A. 1995. Birth of lambs from embryos produced in vitro following laparoscopic recovery of follicular oocytes. *Proc Aust Soc Reprod Biol* 27, 68.
- Tervit H.R., D.G. Wittinham and L.E.A. Rowson. 1972. Successful culture in vitro of sheep and cattle ova. *J. Reprod. Fert.* 30: 493-497.
- Tiwari S.B. y Sahni K.L. 1976. A note on the effect of cooling rate, temperature of storage and packing material on the livability of ram spermatozoa. *Anim. Breed. Abst.* 45: 278.
- Tiwari S.B. y Sahni K.L. 1977. Comparative studies on sexual response and semen quality through electroejaculation and artificial vagina. *Anim. Breed. Abst.* 45:3886.
- Torres S., Cognie Y., y Colas G. 1987. Transfer of superovulated sheep embryos obtained with different FSH-P. *Theriogenology*, 27 (2): 107-119
- Turek F.W. y Campbell C.S. 1979. Photoperiodic regulation of neuroendocrine gonadal activity. *Biology of Reproduction*. 1979, 20: 32-50
- Usbroko Y.1995. A study of transcervical artificial insemination in sheep. M. Agric. Sci. Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- Ushijima H., Yamakawa H., Nagashima H. 1999. Cryopreservation of bovine pre-morula-stage in vitro matured/in vitro fertilized embryos after delipidation and before use in nucleous transfer. *Biol. Reprod.* 60 (1999) 534-539.
- Viñoles C., Forsberg M., Bancharo G. y Rubianes E. 2000. Ovarian follicular dynamics during the estrus cycle in the ewe. 14th International Congress on Animal Reproduction. Stockholm, 2-6 July 2000. Abstracts Vol. 1 :26.
- Vivanco H.W. 2014. Criopreservación de semen y embriones de ovinos y caprinos, estado de arte, impacto en el desarrollo ganadero a nivel mundial. *Proceedings Seminario Internacional de Criopreservación de Gametos, Embriones y Células.* 3 al 5 de Diciembre 2014. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.
- Vivanco H.W. 1998. Transferencia embrionaria en Ovinos y Caprinos. *Memorias Seminario Internacional de Aplicación de Técnicas Biotecnológicas en la Reproducción de Ovinos y Caprinos.* Universidad Autónoma de Chapingo. México. p 44- 92.
- Vivanco H. W. 1996. Evaluation of hormonal treatments applied to recipient ewes for the improvement of embryo survival. *Proc. 13Th International Congress on Animal Reproduction.* Sydney, Australia. Vol. 3:P18-11.
- Vivanco H.W. 1983. Evaluation of the year, breed, month, period of the year and seasonal influences on the reproductive capabilities of rams at high altitude conditions in the Peruvian highlands. Thesis. M Sc. Agric. California State Polytechnic University. Pomona. CA. USA. 259 pp.
- Vivanco H.W., M. Olifent, J.Forsyth, M Berg, D.Saywell, N.Li and R. Tervit. 2000. Production of live normal calves from embryo reconstructs generated by nuclear transfer of blastomeres from in vitro produced embryos. 14th International Congress on Animal Reproduction. Stockholm, 2-6 July 2000. Abst. Vol 2, 19:15.
- Vivanco H. W., Greaney K.B, y Varela H. 1994. Explaining the variability in superovulation responses and yield of transferable embryos in sheep embryo transfers. *Theriogenology*. 41(1): 329
- Vivanco H W. y Greaney, K. 1992. Comparison of bisected and whole sheep embryos transferred in-season and out of season. *Theriogenology*. 37 (1):316.
- Vivanco H W., Lynch P., Aspinal J., y Edwards R. 1992. Effects of monoclonal antibodies against PMSG and of GNRH On the ovarian response and yield of embryos in sheep superovulated

- with PMSG. Proc. 12Th International Congress on Animal Reproduction. The Hague, The Netherlands. Vol 1: 286-288.
- Vivanco H W., Rangel R., Lynch, P. y Rhodes, A. 1991. Large scale commercial application of bisection of sheep embryos. *Theriogenology*. 35(1):292.
- Vivanco H. W. y Alarcon V.P. 1987. Artificial insemination of ewes with frozen semen in the Peruvian central Andes. Proc. annual Meeting. Western Section. Am. Soc. Ani. Sci. Logan .Utah. Vol 38: 237-239.
- Vivanco, H.W.; Roberts, E.M.; Alarcon, V. and E. Ludeña. 1985. Aplicación de la inseminación artificial con semen congelado australiano en ovejas Corriedale con celo inducido en la SAIS Pachacutec, Sierra Central del Perú, por inseminación intrauterina. Proc. VIII Reunión Científica APPA. Huancayo. Perú.1985.
- Vivanco H.W. y Valera J. 1980. Deep freezing of ram semen with the TRIS diluent packaged in various systems. Proc. IX International Congress on Animal Reproduction and artificial insemination. Madrid. Spain.
- Vivanco-Mackie Henry William. 2013. Strategies for Superovulation, Embryo production and Transfer in Sheep and Alpacas. Proceedings 29th Annual Meeting A.E.T.E.- Istanbul, Turkey, 6th-7th September 2013. Pages 43-74.
- Vivanco-Mackie, H.W. 2001. Transferencia de Embriones en las especies ovina y caprina. En: *Biología de la Reproducción*. Gustavo A Palma, Editor. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Primera Edición, 2001. Pags: 603-636. (Embryo Transfer in Sheep and Goats. In: *Biotechnology of Reproduction*. Gustavo A. Palma, Editor. Editorial: National Institute of Agricultural Technology. Argentina. First Edition. 2001. Pages: 603-636)
- Vivanco-Mackie H. W. 2000. Development and application of ovum pick up (OPU) and in vitro embryo production in the bovine. A view to arTech experiences. Proceedings Australian Embryo Transfer Society Perth Conference "ET Beyond 2000". Observation City WA. : 30-48
- Wakayama, T. and R. Yanagimachi. 1998. Development of normal mice from oocytes injected with freeze-dried spermatozoa. *Nat. Biotechnol*16:639-641.
- Walker S.K., Smith D.H., Fresham A., Ashman R.J. y Seamark R.F. 1989. The use of synthetic gonadotropin releasing hormone treatment in the collection of sheep embryos. *Theriogenology*. 31 (4): 741- 752
- Wells, D.N., Misica, P.M., A.M. Day and H.R Tervit. 1997. Production of cloned lambs from an established embryonic cell line: a comparison between in vivo-and in vitro- matured cytoplasts. *Biol. Reprod*. 57, 385-393.
- Willadsen S.M., Polge C., Rowson L.E.A., Moor R.M. 1974. Preservation of sheep embryos in liquid nitrogen. *Cryobiology*. 1974. 11:560.
- Windsor, D.P. 1993. Transcervical insemination of Merino ewes. Australian Society of Reproductive Biology. Proceedings of the 25th Annual Conference, The University of Otago. Dunedin. P 74.
- Windsor, D.P. 1995. Factors influencing the success of transcervical insemination in Merino ewes. *Western Australia Journal of Agriculture*. 33: 145-147.
- Wright R.W., Bondioli K., Grammerr J., Kuzan F. y Merino A.Jr. 1981. FSH or FSH plus LH superovulation in ewes for estrus synchronization with Medroxyprogesterone Acetate Pessaries. *Journal Of Anim. Sci*. Vol 52(1):115-118.
- Xu K.P., B. Hill and K.J. Betteridge. 1992. Application of in vitro fertilization techniques to obtain calves from valuable cows after slaughter. *Vet. Rec*. 130: 204-206.

- Yaniz j.,Marti J.L., Silvestre M.A., Folch, J.,Santolaria, P., Alabart, J.L., Lopez-Gatius F. 2005. Effects of solid storage of sheep spermatozoa at 15 degrees C on their survival and penetrating capacity. *Theriogelology*. 2005, 64 (8): 1844-51.
- Youngs C.R. S.P. Leibo and R.A. Godke. 2010. Embryo cryopreservation in domestic mammalian livestock species. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 5 (2010).N° 060.

APLICACIÓN DE LA GENÓMICA EN CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN POBLACIONES OVINAS

E Casas* y S.N. White†

*USDA, ARS, National Animal Disease Center, Ames, Iowa, USA. Correspondencia: National Animal Disease Center, ARS, USDA, 1920 Dayton Ave., Ames, IA 50010 (phone: 515/337-6356; fax: 515/337-7428 †USDA, ARS, Animal Diseases Research Unit, Pullman, Washington, USA
*E-mail: Eduardo.Casas@ARS.USDA.GOV)

RESUMEN

Palabras clave: *genómica, características de la canal* El objetivo de la presente revisión fue resumir resultados relevantes del uso de la genómica en ovinos. La genómica se ha utilizado para identificar genes asociados con la producción, la reproducción, las características de la canal, y con enfermedades en la especie. También se explica someramente el concepto de la genómica y los Estudios de Asociación a Través de Todo el Genoma (GWAS), los cuales se han usado para identificar regiones genómicas asociadas con características económicamente importantes en ovinos. La genómica ha sido utilizada para identificar genes que influyen en el crecimiento, en la prolificidad, en las características de la canal, y en la resistencia o susceptibilidad a enfermedades. El uso de la genómica en la producción ovina tiene el potencial de incrementar la rentabilidad de los sistemas de producción ovinos, ya sea mejorando la producción, o reduciendo los costos.

INTRODUCCIÓN

México y otros países de América Latina se han integrado a un mercado mundial que requiere de sistemas competitivos de producción agropecuaria. La demanda de productos de origen animal se ha incrementado debido al crecimiento de la población y al aumento del poder adquisitivo en algunos países. Esto demanda que los sistemas de producción incrementen su productividad para ser competitivos en los mercados mundiales.

La selección tradicional o cuantitativa es una de las herramientas utilizadas para incrementar la productividad de diferentes especies animales. La que se ha aplicado en ovinos es limitada cuando se compara con bovinos productores de leche o de carne y cerdos. En algunos países con tradición ovina la selección ha tenido lugar en la producción de lana o de carne (Wilson and Morrical, 1991; Notter, 1998). En México y en otros países de América Latina, la selección de características productivas en ovinos es limitada, pues la producción de esta especie se encuentra generalmente asociada a productores con recursos limitados y poblaciones pequeñas.

Una alternativa para mejorar la productividad de las poblaciones ovinas es el uso de la genómica. Ésta permite identificar regiones en los cromosomas donde se encuentran genes que influyen en características económicamente importantes, y al mismo tiempo, permite identificar las variantes en los genes que influyen en características de importancia en esta especie. El objetivo de la presente revisión es proporcionar una breve descripción de lo que es la genómica, hacer una revisión de resultados sobresalientes de su uso, y de hacer una revisión de genes identificados en ovinos que influyen en la productividad.

GENÓMICA

A la totalidad del material genético en los cromosomas de un organismo se le denomina “genoma”. El término fue usado por primera vez por H. Winkler en 1920 cuando fusionó las palabras “gen” y “cromosoma”. El término fue propuesto en 1986 por Thomas Roderick (Perspective, 1997). La genómica es la disciplina encargada de estudiar al genoma; su secuencia, sus variantes, su función, etcétera. El desarrollo de la genómica fue iniciado hace mucho tiempo, sin embargo, ha tenido un impulso fuerte después de haberse obtenido la secuenciación del genoma humano (Lander et al., 2001; Venter et al., 2001). La secuenciación del genoma de otras especies animales fue obtenida posteriormente, incluyendo la secuenciación del genoma ovino. La secuencia de toda especie, incluyendo al ovino, está construida por cuatro bases: Adenina (A), Citosina (C), Guanina (G), y Timina (T). El genoma ovino tiene una extensión de 2.61 Gigabases (International Sheep Genomics et al., 2010).

El genoma, o material genético de toda especie está organizado en cromosomas, y cada especie tiene diferente número de cromosomas. El genoma ovino está organizado en 26 pares de cromosomas autosómicos, y el par de cromosomas sexuales (cromosomas X y Y). La nomenclatura de los cromosomas se basa en el nombre científico de la especie, y el número del cromosoma. Se utiliza la inicial del género, y las dos primeras letras de la especie. Esto es, los cromosomas humanos (*Homo sapiens*) se denominan HSAXX, (donde “XX” representa el número del cromosoma), los cromosomas bovinos (*Bos taurus*) son denominados BTAXX, los porcinos (*Sus scrofa*) son SSCXX, los murinos (*Mus musculus*) son MMUXX, y los ovinos (*Ovis aries*) son OARXX.

La disponibilidad de secuenciación mediante tecnología de alto rendimiento permitió obtener la secuencia del genoma ovino. Al mismo tiempo fue posible identificar cambios en la secuencia, conocidos como Polimorfismos de Nucleótido Único (SNP). Los SNP son el resultado de la sustitución de una base por otra en una posición específica de la secuencia. Se han identificado millones de SNP, lo cual ha permitido desarrollar micro-arreglos con miles de SNP. Los micro-arreglos son plataformas del tamaño de una tarjeta de crédito conteniendo entre 3,000 y 770,000 SNP. El micro-arreglo desarrollado para el ovino se conoce como OvineSNP50 Beadchip (Kijas et al., 2009), el cual contiene aproximadamente 50,000 SNP. Este micro-arreglo fue desarrollado por una compañía (Illumina Inc., San Diego, CA), sin embargo otras compañías han producido micro-arreglos similares. Los micro-arreglos permiten hacer una exploración en todo el genoma. A la exploración del genoma, haciendo uso de micro-arreglos se le conoce como “Estudios de Asociación a Través de Todo el Genoma (Genome-Wide Association Study o GWAS)”. Los GWAS son importantes, pues permiten identificar regiones genómicas donde se localizan genes que influyen en características productivas de interés para la producción ovina.

Los objetivos de los GWAS son dos: El primero es hacer uso de todo el genoma para poder seleccionar a los progenitores de la siguiente generación, produciendo valores genéticos o valores de cría con una alta precisión. Este objetivo ha sido exitosamente utilizado en la industria lechera de los Estados Unidos (VanRaden et al., 2009). El segundo objetivo es identificar genes que se encuentran asociados a características de importancia económica en los animales domésticos. Estudios con este objetivo han dado resultados importantes para la producción ovina. La presente revisión incluye los resultados más sobresalientes del uso de los GWAS, sin pretender ser una revisión exhaustiva. La revisión también incluye genes que han sido identificados y que se encuentran asociados con características importantes en la especie.

APLICACIÓN DE LA GENÓMICA A LA PRODUCTIVIDAD

Los ovinos se utilizan principalmente para la producción de carne, lana y leche. En la presente revisión se excluirán resultados relacionados a las producciones de lana y leche, debido a que su producción en el trópico es limitada o nula.

El crecimiento es una característica importante para el productor de corderos de abasto. Al-Mamun et al. (2015), hicieron un GWAS en la raza *Merino*, donde analizaron el peso post-destete de 1,781 animales. Estos autores identificaron una región del cromosoma OAR6 asociado al peso post-destete; en la región cromosómica identificada se encontraron trece SNP que se localizan en tres genes asociados al peso post-destete. Los genes identificados fueron la aminopeptidasa de la leucina 3 (*LEP3*), cuya proteína está involucrada en el proceso precursor de la oxitocina; la subunidad G del gen de la condensina (*NCAPG*), cuya proteína está asociada con crecimiento fetal y el tamaño de la canal en el bovino de carne; y el gen *LCORL*, cuya proteína está asociada con la altura en humanos y bovinos. Se sabe que los genes identificados en este estudio influyen en el crecimiento de humanos y bovinos, por lo que es posible que estos genes tengan una función similar en los ovinos.

Previamente, Zhang et al. (2013) hicieron un GWAS para identificar regiones genómicas asociadas a peso pre-destete, peso post-destete, ganancia de peso pre-destete, ganancia diaria de peso, peso al destete, y peso a los 6 meses de edad. Se incluyeron animales de las razas *Sunit*, *German Mutton*, y *Dorper*. Zhang et al. (2013), encontraron efectos significativos de SNP en diferentes cromosomas. Los SNP más significativos estuvieron asociados a ganancia post-destete, los cuales se localizan en los cromosomas OAR2, OAR3, OAR5, OAR8, OAR9, OAR17, y OAR20. Estos resultados permitirán hacer comparaciones de estudios similares que faciliten identificar los genes, y sus variantes, asociados a diferencias en crecimiento en los ovinos. Al mismo tiempo, permitirá hacer selección de animales con las mejores combinaciones genéticas para crecimiento.

APLICACIÓN DE LA GENÓMICA A LA REPRODUCCIÓN

Una característica de importancia económica en los ovinos es la prolificidad de las hembras. Se han identificado genes de importancia en el incremento de la prolificidad (McNatty et al., 2001); uno es el Inverdale (*FecX*), otro es el Booroola (*FecB*), y otro es conocido como *FecL*. Diferentes variantes en estos genes incrementan el promedio de corderos nacidos y del tamaño de la camada en las razas ovinas (Davis et al., 2006).

Los SNP en el gen de la proteína 15 morfogénica del hueso (Bone morphogenic Protein 15 o *BMP15*) se han identificado como responsables de la prolificidad asociada al gen Inverdale. El gen reside en el cromosoma OARX (Galloway et al., 2000; Galloway et al., 2002). Utilizando GWAS, ha sido posible identificar SNP adicionales asociados con la condición (Demars et al., 2013). Hembras con la variante de alta prolificidad en el SNP tienen un incremento en el número de crías producidas por parto. Se ha establecido que hembras con la variante Inverdale tienen un promedio de 2.5 crías por parto durante su vida productiva.

Uno de los problemas asociados con el gen Inverdale, es que se debe tener un manejo adecuado del rebaño. Las hembras que heredan una copia del gen Inverdale (ya sea del padre o de la madre) son altamente prolíficas; sin embargo, aquellas que heredan dos copias del gen (del padre y de la

madre) son infértiles (McLeod et al., 1997). Los cruzamientos dentro del hato deben ser planeados adecuadamente para evitar producir hembras infértiles.

Se ha identificado un SNP en el gen del receptor de la proteína morfogénica del hueso (*BMPR-1B*) como responsable de la prolificidad Booroola (McNatty et al., 2001). El gen reside en el cromosoma OAR6. Existe una prueba genética que permite identificar a animales portadores de la variante del gen que produce la condición (Davis et al., 2002). Davis et al. (2006), indican que aquellas hembras con dos copias del gen Booroola produjeron 2.7 a 3.5 corderos por parto durante su vida productiva.

El tercer gen asociado con prolificidad fue identificado en la raza *Lacuane*. Inicialmente, Bodin *et al.* (2002), encontraron que algunas hembras de esta raza presentaban altos niveles de tasa de ovulación. Estos autores establecieron que el gen *FecL* era responsable, donde aquellas hembras con una copia de la variante del gen incrementaban 1.5 veces la tasa de ovulación, y aquellas con dos copias la incrementaban hasta 3 veces. Drouilhet et al. (2010), establecieron que el gen asociado con la tasa de ovulación en la raza se debía a un gen, el cual fue denominado *FecL*. Posteriormente se determinó que el gen responsable era el gen *B4GALNT2*, que produce la proteína beta-1, 4-N-acetilgalactosaminiltransferasa (Drouilhet et al., 2013). El gen se localiza en el cromosoma OAR11. Drouilhet et al. (2013), identificaron dos SNP, cuyas variantes tienen la capacidad de predecir si las hembras heredaron la capacidad de incrementar la tasa de ovulación.

Se han identificado SNPs en los genes que producen alta prolificidad en las hembras en diferentes razas en el mundo (Davis et al., 2006). Sería importante identificar si las razas utilizadas en los trópicos de América Latina, u otras regiones tropicales del mundo, tienen las mismas variantes. La genómica es la herramienta que se debe utilizar para identificar aquellos animales con variantes favorables de los SNP en estos genes. Esto permitiría incrementar la producción de corderos, siempre y cuando se mantenga un buen manejo del rebaño. Existen razas como la *Blackbelly* o la *Blanca de las Islas Vírgenes* que son reconocidas por su prolificidad. Si las razas utilizadas en regiones tropicales no tuvieran las variantes de prolificidad para cada gen, la genómica permitiría introducir las, utilizando cruzamientos absorbentes, hasta conseguir animales con 99.9% de herencia de la raza original, pero con las variantes de alta prolificidad incluidas. Esto permitiría incrementar la producción ovina a un costo reducido para el productor.

APLICACIÓN DE LA GENÓMICA A LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL

Se han identificado diversos genes que afectan a las características de la canal. Entre estos, dos son relativamente importantes pues incrementan el rendimiento y la cantidad de carne de los ovinos. Ambos genes producen una hiper-musculatura en el animal, lo cual se traduce en kilogramos de carne adicional en la canal. Uno de los genes produce la condición llamada "Callipyge", mientras el otro gen produce la condición llamada "Doble Musculatura".

Callipyge se refiere a una condición en el ovino conocida como "trasero o nalga hermosa" (del Griego *Calli*= hermoso y *Pyge*= trasero o nalga), y al gen que produce la condición se le denomina *CLPG* (Cockett et al., 1994), el cual se localiza en el cromosoma OAR8. La condición de hiper-musculatura que produce el gen fue originalmente identificada en un semental *Dorsett* que transmitía la condición a su progenie (Cockett et al., 1994). La forma de herencia de la condición que produce el gen se conoce como Sobredominancia Polar (Cockett et al., 1996). En la presente revisión solo estableceremos que la hiper-musculatura solo se observa en animales que hayan heredado una

copia de la variante del gen que produce la condición y que ésta haya sido heredada del semental (Cockett et al., 1996). Freking et al. (2002), identificaron al SNP que produce la condición Callipyge en los ovinos.

La hiper-musculatura que produce el gen *CPLG* incrementa el rendimiento de carne en la canal (Freking et al., 1998). Estos investigadores compararon las canales de animales Callipyge con animales no Callipyge. Encontraron que los animales con la condición produjeron canales con 4.1 kg adicionales de carne magra, con 4.3% menos grasa. El uso de la variante de *CPLG* que produce Callipyge en un sistema de cruzamientos estructurado y adecuadamente administrado, puede incrementar en forma importante la producción de carne en ovinos.

La doble musculatura es una característica que se identificó en el ganado de carne hace más de un siglo. La condición es conocida en diferentes razas bovinas, incluyendo la Belga Azul, Asturiana de los Valles, Piedmontesa, etcétera. La genómica fue la herramienta que se utilizó para identificar qué variantes del gen de la miostatina eran responsables de la condición (McPherron et al., 1997; McPherron and Lee, 1997).

La Miostatina es la proteína producida por el gen del Factor Diferenciador del Crecimiento 8 (Growth differentiation factor 8 o *GDF8*). Se han identificado variantes o SNP en el gen y se sabe que éstas variantes producen doble musculatura en los humanos (Ferrell et al., 1999), en los bovinos (McPherron and Lee, 1997), y en los ovinos (Clop et al., 2006). El gen se localiza en el cromosoma ovino OAR2. La doble musculatura fue inicialmente encontrada en la raza *Texel* (Johnson et al., 2009), aunque también se ha identificada en otras razas (Hadjipavlou et al., 2008).

La doble musculatura producida por las variantes de la miostatina incrementa la masa muscular. Animales con una copia de la variante que produce doble musculatura presentan un incremento en la masa muscular cuando se les compara con animales sin la condición. Estos pueden producir hasta 240 gramos adicionales de carne magra en las piernas traseras (Dr. Stephen White, ARS, USDA, comunicación personal). La variante del gen *GDF8*, que produce la doble musculatura en los ovinos, podría ser utilizada en sistemas de cruzamiento adecuados haciendo uso de cruzamientos planificados. Esto permitiría incrementar la producción de carne a un bajo costo para el productor.

APLICACIÓN DE LA GENÓMICA A LAS ENFERMEDADES

Las enfermedades infecciosas son un factor limitante en la producción eficiente de los sistemas de producción ovina. En esta revisión se destacan algunas entidades como es la neumonía progresiva del ovino (OPP), la encefalopatía espongiforme transmisible (Scrapie), y a la resistencia/susceptibilidad a parásitos gastrointestinales. Estas condiciones son perjudiciales, ya sea por la pérdida de producción y/o de animales, o por la necesidad de eliminar del hato a los individuos afectados. La genómica ha permitido identificar a los genes responsables ya sea de conferir resistencia a la condición, como en el caso de la OPP, o de producir diferencias en la expresión de la enfermedad, en el caso de Scrapie.

La neumonía progresiva es una enfermedad crónica producida por un lentivirus ovino (OvLV). El virus está emparentado con el virus Visna/Maedi, que produce problemas respiratorios en ovinos y caprinos. La sero-prevalencia del virus se estima en aproximadamente un 25% del rebaño nacional de los Estados Unidos. La transmisión es por contacto directo, sucediendo generalmente en el primer año de vida. La infección también se transmite por calostro contaminado. Animales infectados

presentan diferentes problemas, incluyendo disnea, caquexia, mastitis, artritis, y en algunos casos encefalitis (White et al., 2012). La infección es significativa por las importantes pérdidas económicas que ocasiona.

Haciendo uso de los GWAS, el gen *TMEM154* fue asociado a diferencias para resistencia a la enfermedad (Heaton et al., 2012). El gen produce la proteína transmembránica 154 (Transmembrane Protein 154), el cual se localiza en el cromosoma OAR17. Heaton et al. (2012), identificaron variantes de diferentes SNP en el gen que confieren resistencia contra la infección del OvLV. White et al. (2012), haciendo un GWAS en poblaciones adicionales, confirmaron que los SNP en el gen *TMEM154* están asociados con resistencia a la infección. Estos investigadores encontraron regiones genómicas adicionales donde se encuentran otros genes que confieren resistencia a la infección. White et al. (2012), encontraron diferentes SNP en el gen *ZNF389*, los cuales están asociados con resistencia a la infección contra OvLV. El gen reside en el cromosoma OAR20. Estudios adicionales muestran que una delección en el gen *ZNF389* está asociada con la capacidad de controlar la infección en el ovino (White et al., 2014). Otros estudios han corroborado que combinaciones específicas de variantes en los SNP (conocidas como haplotipos) en el gen *TMEM154* permite a los ovinos controlar la infección contra OvLV, cuando se compara con otras combinaciones (Leymaster et al., 2013; Leymaster et al., 2015). White and Knowles (2013), hicieron una revisión detallada de cómo utilizar la información genómica para controlar la OvLV.

La encefalopatía espongiforme transmisible (Scrapie) de los ovinos, es una de las enfermedades neurodegenerativas de los animales. Esta condición es miembro de la familia de las enfermedades priónicas. Padecimientos similares en otras especies son la Encefalopatía Espongiforme Bovina (BSE), la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (CJD) en humanos, y la enfermedad de pérdida crónica (Chronic Wasting Disease o CWD) del venado (Lloyd et al., 2013; Greenlee and Greenlee, 2015). Estas enfermedades se producen cuando la proteína priónica (PrP) no se dobla de manera normal, produciéndose una forma aberrante de ella. La proteína aberrante se acumula en el organismo, produciendo problemas neurodegenerativos.

Se han identificado tres posiciones en la proteína del prión asociadas con la resistencia a la enfermedad. En la posición 136 de la proteína puede existir una alanina (A) o una valina (V). En la posición 154 puede existir una arginina (R) o una histidina (H). En la posición 171 existe una R, una H, o una glutamina (Q). Estas diferencias se combinan para producir cinco haplotipos (ARQ, VRQ, AHQ, ARR, y ARH). Estos se combinan en 15 genotipos diferentes (por ejemplo ARR/ARR, VRQ/ARQ, ARH/AHQ, etcétera). Se sabe que la combinación ARR en las tres posiciones confiere resistencia a la enfermedad. Esto es, aquellos animales que heredan la combinación ARR tanto del padre como de la madre (ARR/ARR) son altamente resistentes a la enfermedad. Aquellos animales que heredan el genotipo VRQ/VRQ son altamente susceptibles (Goldmann, 2008). El genotipo ARR confiere resistencia a la enfermedad aun cuando solo se tenga una copia (ARR/VRQ, ARR/AHQ y ARR/ARH). Aun cuando estos genotipos o combinaciones se utilizan comunmente, se han identificado variantes adicionales en el gen del prión (Meydan et al., 2013). Programas de erradicación de Scrapie utilizan estas combinaciones para diagnosticar a aquellos animales susceptibles. Los únicos animales que no son sacrificados son aquellos con ARR, por ser potencialmente resistentes.

Las infecciones por parásitos gastrointestinales afectan de manera importante la rentabilidad de los sistemas de producción ovina. Mortalidad, tratamiento contra parásitos, manejo del rebaño y de las

praderas, son algunos de los costos asociados con la eficiencia de los sistemas. En años recientes se han establecido programas mejoramiento a través de la selección contra parásitos, los cuales han logrado una reducción en la cuenta de huevos fecales (McManus et al., 2014). Sin embargo, estos programas requieren que los animales sean desafiados con los parásitos, para identificar animales resistentes y susceptibles contra la infección. Es por este motivo que sería benéfico seleccionar directamente a los animales sin tener la necesidad de hacer estudios de desafío. La genómica permite identificar cuáles son las regiones genómicas y cuáles son los genes que potencialmente están asociados con la resistencia/susceptibilidad contra parásitos.

Inicialmente se hicieron estudios utilizando marcadores genéticos conocidos como “microsatélites”. Esta tecnología permitía identificar regiones extensas en los cromosomas donde se encontraban los genes que influían a la resistencia parasitaria (Davies et al., 2006; Salle et al., 2012). Sin embargo, estos estudios requerían de poblaciones con familias grandes, y la tecnología no era automatizada. Los diferentes estudios que utilizaron la tecnología mencionada encontraron evidencia de que en la región genómica donde se encuentra el Complejo Mayor de Histocompatibilidad (MHC) en el cromosoma OAR20, así como en otras regiones en el cromosoma OAR3, existen genes asociados a la resistencia/susceptibilidad contra parásitos gastrointestinales (Dominik, 2005).

Los GWAS permiten identificar genes que potencialmente se encuentran asociados a infecciones parasitarias gastrointestinales. Riggio et al. (2013), encontraron evidencia de que en la raza *Scottish Blackface* existen genes en el cromosoma OAR6, asociados con diferencias en la cuenta de huevos fecales. Una región similar en el mismo cromosoma, fue identificada por Benavides et al. (2015), utilizando una población de ovinos cruzados a partir de las razas *Red Maasai* y *Dorper*. Benavides et al. (2015), también identificaron una región en el cromosoma OAR7 asociada con la misma característica.

La genómica permitirá encontrar los genes que se encuentran asociados con resistencia o susceptibilidad contra parásitos gastrointestinales. Los GWAS serán una herramienta indispensable para lograr éste objetivo. Sin embargo, aún queda trabajo por hacer a este respecto. Es posible que en un futuro cercano sea posible utilizar las herramientas genómicas que permitan identificar animales resistentes de aquellos animales susceptibles.

COMENTARIOS FINALES

La genómica es un área próspera y prolífica de investigación que ayudará a explicar las bases genéticas de la fisiología de los animales, y ayudará a mejorar las características económicamente importantes de los ovinos. La genómica permite identificar las regiones genómicas y a los genes que influyen en la expresión de características productivas. Esto permitirá hacer cambios importantes en la aplicación de la genética, una vez que se hayan identificado los genes y los cambios en la secuencia de éstos genes que producen diferencias en productividad en los ovinos.

Hasta el momento, se ha identificado un número limitado de genes que influyen en la productividad de los ovinos. Se debe continuar identificando aquellos genes que influyen en características económicamente importantes para los productores. Esto permitirá tener un mayor conocimiento de los procesos genéticos mediante los cuales se expresan las características productivas. Aquellos que se han identificado, tienen el potencial de incrementar la rentabilidad de los sistemas de producción. Haciendo uso de la genómica, será posible identificar animales que sean portadores de

las variantes de los genes que permitan incrementar la producción ovina, sin la necesidad de hacer pruebas de progenie.

Los estudios genómicos deben continuarse en los ovinos, especialmente en las regiones tropicales. La industria ovina se ha beneficiado del uso de la genómica; sin embargo, la mayoría de los estudios en este campo se han realizado en razas europeas. Existe un número limitado de estudios en los que se utilizan razas nativas de las regiones tropicales. Las razas utilizadas en las regiones tropicales del mundo tienen el potencial de beneficiarse de la genómica. La genómica permitiría establecer si los genes involucrados en la expresión de características económicamente importantes de las razas europeas son los mismos que aquellos involucrados en la expresión de las mismas características en las razas nativas de las regiones tropicales. Si este fuera el caso, sería posible utilizar la información de las razas europeas para mejorar a las razas utilizadas en regiones tropicales. Si no fuera el caso, la genómica permitiría establecer cuáles son estos genes. Con esta información, se tendría el potencial de incrementar la producción de las razas nativas de las regiones tropicales del mundo, tal como se ha hecho con las razas europeas.

Una alternativa en el uso de la genómica en los ovinos es utilizar la información conocida hasta la fecha, y utilizarla en las razas utilizadas en los trópicos. Esto es, identificar animales de razas europeas que tengan la variante del gen que incremente la característica de interés (como ejemplo el gen *FecB*). Estos animales pueden ser usados en cruzamientos absorbentes hacia la raza tropical, haciendo uso de la genómica para establecer si la progenie heredó la variante de interés. En ocho generaciones se obtendrían animales con más de 99% de herencia de la raza tropical y menos del 1% de herencia de la raza europea. Se tendría a la variante del gen de interés de la raza europea en la raza tropical. Esto permitiría incrementar la productividad con la información disponible sobre efectos de genes que se tiene en la actualidad.

REFERENCIAS

- Al-Mamun, H. A. et al. 2015. Genome-wide association study of body weight in Australian Merino sheep reveals an orthologous region on OAR6 to human and bovine genomic regions affecting height and weight. *Genetics, selection, evolution* : GSE 47: 66.
- Benavides, M. V. et al. 2015. Identification of novel loci associated with gastrointestinal parasite resistance in a Red Maasai x Dorper backcross population. *PLoS one* 10: e0122797.
- Bodin, L. et al. 2002. Segregation of a major gene influencing ovulation in progeny of Lacaune meat sheep. *Genetics, selection, evolution* : GSE 34: 447-464.
- Clop, A. et al. 2006. A mutation creating a potential illegitimate microRNA target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep. *Nature genetics* 38: 813-818.
- Cockett, N. E. et al. 1996. Polar overdominance at the ovine callipyge locus. *Science* 273: 236-238.
- Cockett, N. E. et al. 1994. Chromosomal localization of the callipyge gene in sheep (*Ovis aries*) using bovine DNA markers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91: 3019-3023.
- Davies, G. et al. 2006. Quantitative trait loci associated with parasitic infection in Scottish blackface sheep. *Heredity* 96: 252-258.
- Davis, G. H. et al. 2006. Investigation of the Booroola (*FecB*) and Inverdale (*FecX(I)*) mutations in 21 prolific breeds and strains of sheep sampled in 13 countries. *Animal reproduction science* 92: 87-96.
- Davis, G. H. et al. 2002. DNA tests in prolific sheep from eight countries provide new evidence on origin of the Booroola (*FecB*) mutation. *Biology of reproduction* 66: 1869-1874.

- Demars, J. et al. 2013. Genome-wide association studies identify two novel BMP15 mutations responsible for an atypical hyperprolificacy phenotype in sheep. *PLoS genetics* 9: e1003482.
- Dominik, S. 2005. Quantitative trait loci for internal nematode resistance in sheep: a review. *Genetics, selection, evolution* : GSE 37 Suppl 1: S83-96.
- Drouilhet, L. et al. 2013. The highly prolific phenotype of Lacaune sheep is associated with an ectopic expression of the B4GALNT2 gene within the ovary. *PLoS genetics* 9: e1003809.
- Drouilhet, L. et al. 2010. Endocrine characterization of the reproductive axis in highly prolific lacaune sheep homozygous for the FeclL mutation. *Biology of reproduction* 82: 815-824.
- Ferrell, R. E. et al. 1999. Frequent sequence variation in the human myostatin (GDF8) gene as a marker for analysis of muscle-related phenotypes. *Genomics* 62: 203-207.
- Freking, B. A., J. W. Keele, M. K. Nielsen, and K. A. Leymaster. 1998. Evaluation of the ovine callipyge locus: II. Genotypic effects on growth, slaughter, and carcass traits. *Journal of animal science* 76: 2549-2559.
- Freking, B. A. et al. 2002. Identification of the single base change causing the callipyge muscle hypertrophy phenotype, the only known example of polar overdominance in mammals. *Genome research* 12: 1496-1506.
- Galloway, S. M. et al. 2002. Bmp15 mutations and ovarian function. *Molecular and cellular endocrinology* 191: 15-18.
- Galloway, S. M. et al. 2000. Mutations in an oocyte-derived growth factor gene (BMP15) cause increased ovulation rate and infertility in a dosage-sensitive manner. *Nature genetics* 25: 279-283.
- Goldmann, W. 2008. PrP genetics in ruminant transmissible spongiform encephalopathies. *Veterinary research* 39: 30.
- Greenlee, J. J., and M. H. Greenlee. 2015. The transmissible spongiform encephalopathies of livestock. *ILAR journal / National Research Council, Institute of Laboratory Animal Resources* 56: 7-25.
- Hadjipavlou, G., O. Matika, A. Clop, and S. C. Bishop. 2008. Two single nucleotide polymorphisms in the myostatin (GDF8) gene have significant association with muscle depth of commercial Charollais sheep. *Animal genetics* 39: 346-353.
- Heaton, M. P. et al. 2012. Reduced lentivirus susceptibility in sheep with TMEM154 mutations. *PLoS genetics* 8: e1002467.
- International Sheep Genomics, C. et al. 2010. The sheep genome reference sequence: a work in progress. *Animal genetics* 41: 449-453.
- Johnson, P. L. et al. 2009. Investigations into the GDF8 g+6723G-A polymorphism in New Zealand Texel sheep. *Journal of animal science* 87: 1856-1864.
- Kijas, J. W. et al. 2009. A genome wide survey of SNP variation reveals the genetic structure of sheep breeds. *PLoS one* 4: e4668.
- Lander, E. S. et al. 2001. Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature* 409: 860-921.
- Leymaster, K. A., C. G. Chitko-McKown, M. L. Clawson, G. P. Harhay, and M. P. Heaton. 2013. Effects of TMEM154 haplotypes 1 and 3 on susceptibility to ovine progressive pneumonia virus following natural exposure in sheep. *Journal of animal science* 91: 5114-5121.
- Leymaster, K. A., C. G. Chitko-McKown, and M. P. Heaton. 2015. Incidence of infection in 39-month-old ewes with TMEM154 diplotypes "1 1," "1 3," and "3 3" after natural exposure to ovine progressive pneumonia virus. *Journal of animal science* 93: 41-45.
- Lloyd, S. E., S. Mead, and J. Collinge. 2013. Genetics of prion diseases. *Current opinion in genetics & development* 23: 345-351.

- McLeod, B. J. et al. 1997. Identifying infertile homozygous Inverdale (FecXI) ewe lambs on the basis of genotype differences in reproductive hormone concentrations. *Animal reproduction science* 47: 291-302.
- McManus, C., T. do Prado Paim, C. B. de Melo, B. S. Brasil, and S. R. Paiva. 2014. Selection methods for resistance to and tolerance of helminths in livestock. *Parasite* 21: 56.
- McNatty, K. P., J. L. Juengel, T. Wilson, S. M. Galloway, and G. H. Davis. 2001. Genetic mutations influencing ovulation rate in sheep. *Reproduction, fertility, and development* 13: 549-555.
- McPherron, A. C., A. M. Lawler, and S. J. Lee. 1997. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member. *Nature* 387: 83-90.
- McPherron, A. C., and S. J. Lee. 1997. Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94: 12457-12461.
- Meydan, H., M. M. Ozkan, M. A. Yildiz, and W. Goldmann. 2013. Novel polymorphisms in ovine prion protein gene. *Animal genetics* 44: 588-591.
- Notter, D. R. 1998. The U.S. National Sheep Improvement Program: across-flock genetic evaluations and new trait development. *Journal of animal science* 76: 2324-2330.
- Perspective. 1997. Genomics: Structural and functional studies of genomes. *Genomics* 45: 244-249.
- Riggio, V., O. Matika, R. Pong-Wong, M. J. Stear, and S. C. Bishop. 2013. Genome-wide association and regional heritability mapping to identify loci underlying variation in nematode resistance and body weight in Scottish Blackface lambs. *Heredity* 110: 420-429.
- Salle, G. et al. 2012. A genome scan for QTL affecting resistance to *Haemonchus contortus* in sheep. *Journal of animal science* 90: 4690-4705.
- VanRaden, P. M. et al. 2009. Invited review: reliability of genomic predictions for North American Holstein bulls. *Journal of dairy science* 92: 16-24.
- Venter, J. C. et al. 2001. The sequence of the human genome. *Science* 291: 1304-1351.
- White, S. N., and D. P. Knowles. 2013. Expanding possibilities for intervention against small ruminant lentiviruses through genetic marker-assisted selective breeding. *Viruses* 5: 1466-1499.
- White, S. N. et al. 2012. Genome-wide association identifies multiple genomic regions associated with susceptibility to and control of ovine lentivirus. *PloS one* 7: e47829.
- White, S. N., M. R. Mousel, J. O. Reynolds, L. M. Herrmann-Hoesing, and D. P. Knowles. 2014. Deletion variant near ZNF389 is associated with control of ovine lentivirus in multiple sheep flocks. *Animal genetics* 45: 297-300.
- Wilson, D. E., and D. G. Morrical. 1991. The National Sheep Improvement Program: a review. *Journal of animal science* 69: 3872-3881.
- Zhang, L. et al. 2013. Genome-wide association studies for growth and meat production traits in sheep. *PloS one* 8: e66569.

SELECCIÓN DE SEMENTALES OVINOS BASADA EN DEPs Y VALORES DE CONSUMO RESIDUAL DE ALIMENTO (RFIs) EN MÉXICO

F. A. Rodríguez Almeida*‡, J. Domínguez Viveros*, J. G. Pérez Álvarez*, J. D. Arteaga Castelán‡

* Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua

‡ Organismo de la Unidad Nacional de Ovinocultores (UNO)

*Email: frodrigu@uach.mx

		RESUMEN
Palabras clave: Evaluaciones Nacionales, Residual de Ovinos	clave: Genéticas Consumo Alimento,	El mejoramiento genético es una herramienta que, al menos hasta hace poco tiempo, se ha subutilizado en la producción ovina en México. Los avances que se pueden lograr a través de la selección genética han sido bastante evidentes en otras especies, como es el caso de bovinos leche. Con el establecimiento de programas bien definidos, apoyados con innovaciones generadas a través de la investigación y soporte decidido del sector, se puede alcanzar un mejoramiento rápido en la productividad. El propósito de la presente participación es presentar algunos antecedentes de las evaluaciones genéticas nacionales de ovinos en nuestro país, los avances logrados, su uso y las oportunidades y perspectivas para seguir avanzando en su consolidación. Los resultados observados a través de las tendencias genéticas en algunas razas, así como los resultados obtenidos en las pruebas de comportamiento y en estudios de investigación específicos, demuestran que estas tecnologías son efectivas representan una gran oportunidad para incrementar la productividad y rentabilidad de la actividad ovina. Existen grandes áreas de oportunidad para los académicos para contribuir a mejorarlas y para las organizaciones y dependencias del sector para hacerlas más accesible a los productores.

Introducción

El objetivo de los programas de mejoramiento genético es identificar aquellos animales con los genes que optimicen los niveles de producción y maximicen la rentabilidad de las unidades de producción bajo un esquema de sustentabilidad. Las Diferencias Esperadas en la Progenie (DEPs), producto de las evaluaciones genéticas nacionales, son una herramienta que permite identificar aquellos individuos con los mejores genes para las variables de interés económico evaluadas. En la Universidad Autónoma de Chihuahua hemos venido realizando las evaluaciones genéticas nacionales de trece razas de ovinos para carne, así como apoyando en las pruebas de alimentación de corderos candidatos a sementales para evaluar su eficiencia en el uso de los alimentos mediante lo que se conoce como RFI (Del inglés, consumo residual de alimento) o eficiencia alimenticia neta. En el 2014, y ahora en el 2015, estas evaluaciones han sido la base para seleccionar los carneros probados y corderos sobresalientes para ser utilizados en el Proyecto de Inseminación Artificial en Ovinos que se ha implementado a nivel nacional y en el que el año pasado se inseminaron un total de 35,000 borregas y para marzo del 2016 se espera llegar a las 100,000 borregas inseminadas.

Vale la pena señalar que a pesar de haber iniciado en ovinos con las evaluaciones genéticas nacionales varios años después que en el caso de otras especies, como bovinos carne y bovinos leche, se ha procedido casi de inmediato a implementar su uso amplio en los programas de mejora genética, tanto a nivel de selección de sementales para inseminación artificial como para uso con monta directa en los rebaños, resultando también en una herramienta de gran utilidad en los procesos de comercialización de la genética, tanto para los criadores como para los compradores. Esto, sin duda, nos ayudará a contar con una ovinocultura más competitiva y con más y mejores oportunidades de negocio.

Con estas herramientas es posible tomar decisiones de selección con mayor certeza, pero sin duda hay que seguir trabajando para llevar estos programas a los niveles óptimos de operación, perfeccionando los controles de registros productivos, veracidad de genealogías, definición y conformación de grupos contemporáneos y estrategias para reforzar la conectividad genética de los rebaños, así como la incorporación de otras características de gran relevancia para la ovinocultura nacional, como lo son características relacionadas con conformación y calidad de la canal, resistencia a parásitos, productividad de la borrega, eficiencia alimenticia, entre otras. Así mismo, buscar la incorporación de las herramientas de la genética molecular para lograr una mayor precisión en las evaluaciones actuales y un acortamiento en los intervalos generacionales, además de poder incorporar a los programas de selección características difíciles y de alto costo de medición, pero que sin duda impactan en gran medida la rentabilidad de la operación comercial. El objetivo de nuestra contribución en este X Seminario Internacional de Producción de Ovinos en el Trópico es presentar algunos antecedentes de las evaluaciones genéticas nacionales de ovinos en nuestro país, los avances logrados, su uso y las oportunidades y perspectivas para seguir avanzando en su consolidación

ANTECEDENTES

A diferencia de las pruebas de comportamiento, donde la unidad básica de comparación es el grupo de animales dentro de una prueba y no se pueden comparar animales en diferentes grupos de prueba, en un programa nacional de evaluaciones genéticas se pueden hacer comparaciones genéticas de animales a través de todo el país; los componentes básicos del programa son el control uniforme de registros de producción en todos los rebaños que participan, la definición y estructuración de grupos contemporáneos, así como la conectividad genética a través de rebaños y de grupos contemporáneos. Ya con la identificación de los grupos contemporáneos y el uso de parentescos entre animales, el procedimiento de evaluación genética hace los "ajustes" necesarios para homogenizar todos los factores no genéticos y que, en la medida de lo posible, las comparaciones entre animales correspondan a la parte heredable de su potencial genético.

En los aspectos antes mencionados es en los que la UNO ha venido trabajando en los últimos años para ir consolidando las evaluaciones en las diferentes razas de ovinos que se registran en México. En 1998, justo cuando se estructura el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (SAGARPA), se implementan las bases de datos electrónicas a nivel de la organización y los libros de rebaño obligatorios. En el 2005 se construye el Sistema de Registro y Certificación de Ganado Ovino (SIRCEGO) y se inicia con la emisión de certificados productivos. En el 2007 se ofrecen ocho talleres regionales de capacitación a técnicos y criadores sobre el control de registros productivos uniformizado a través de rebaños, evaluaciones genéticas nacionales y acciones de mejora genética; así mismo, se implementa la identificación obligatoria de los animales de registro con arete electrónico, primero con el sistema SheepLink y a partir del 2009 con el arete SINIIGA con chip. Con

esto en marcha, en ese mismo año se implementa el sistema digital OvisWebs para el control de registros genealógicos y productivos a nivel de rebaño, el cual sustituye a los libros de rebaño en formato físico. Posteriormente, en el 2010 se enlazan los sistemas SIRCEGO y OvisWebs para automatizar todo el flujo de datos, desde el rebaño hasta las bases de datos en la UNO. Así mismo, en el 2010 se publica la Guía Técnica de Programas de Control de Producción y Mejoramiento Genético en Ovinos por parte del CONARGEN, en la que se establecen los lineamientos para la identificación de los animales, los controles de producción, las características de importancia económica, la organización para el mejoramiento genético, las evaluaciones genéticas y la aplicación de tecnologías de biología molecular.

En lo que respecta a evaluaciones genéticas nacionales, en el 2008 se hacen los primeros intentos por correr dichas evaluaciones para varias razas; sin embargo, solo se logra publicar la evaluación para la raza Hampshire, para la cual ya el INIFAP y la UNO, entonces AMCO, habían venido trabajando en un programa de control de registros productivos sistematizado que se había iniciado en el 2003 y que posteriormente permitió la implementación de un esquema de sementales de referencia. En el 2010 se publican las primeras evaluaciones para 10 razas, de las cuales la Universidad Autónoma de Chihuahua solo participa con la evaluación de cuatro de ellas. En el 2011 el INIFAP publica un catálogo de sementales para estas mismas 10 razas, y es a partir del 2013 que la Universidad Autónoma de Chihuahua ha venido corriendo las evaluaciones genéticas nacionales para 13 razas de ovinos carne en México.

Para el caso de las evaluaciones de eficiencia alimenticia con base en el consumo residual de alimento (RFI) en corderos candidatos a sementales y corderas, el programa inició en 2013 y a finales de agosto pasado se terminó la octava prueba, para lo cual se había tenido una capacidad instalada para evaluar de 80 a 90 animales por prueba, y a partir de octubre próximo esta capacidad se triplicará.

LAS EVALUACIONES GENÉTICAS NACIONALES

Las evaluaciones genéticas nacionales tienen como propósito generar las mejores predicciones de los valores genéticos y su publicación como Diferencias Esperadas en la Progenie (DEPs) para las características de importancia económica de todos los animales disponibles en los rebaños de cría, dentro de una raza determinada. El valor genético de un animal para una característica en particular, también conocido como valor de cría, es el valor de un animal juzgado por el valor promedio de su progenie y está determinado por los genes que posee y que puede transmitir a su descendencia. Un animal transmite a su descendencia la mitad de sus genes, por lo que se estima que en promedio los hijos reciben la mitad del valor genético que posee cada uno de sus progenitores. De esta manera, la DEP es la mitad del valor genético de un animal y representa la diferencia que se espera observar, en promedio, en el desempeño de la descendencia de un animal con respecto al promedio de la población que se define como base de referencia en la raza correspondiente. De esta manera, las DEPs pueden ser positivas (+) o negativas (-) y se expresan en las mismas unidades en las que se mide la característica evaluada. Para su cálculo, se toman en cuenta todos los registros de desempeño del animal evaluado, así como los de todos sus parientes en el pedigrí, siempre y cuando cumplan con las características mínimas de calidad en el proceso de edición de la base de datos.

Características evaluadas

En la Tabla 1 se presenta un resumen de la cantidad de registros utilizados en las variables analizadas: peso al nacimiento, peso al destete ajustado a 75 d, ganancia diaria posdestete hasta los 150 d y número de corderos nacidos vivos al parto; así como de la cantidad de animales evaluados a través del pedigrí.

Peso al nacimiento (PN)

Se registra dentro de las primeras 24 h después del nacimiento del cordero. En algunas razas, especialmente las de talla grande y conformación robusta, el PN se asocia con la presencia de problemas al parto, mientras que en otros casos, cuando los pesos son muy bajos, el PN se asocia con mayores probabilidades de mortandad. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el factor más importante para el peso al nacimiento es el manejo de la alimentación de la borrega, especialmente en el último tercio de la gestación. Aunque en el proceso de la evaluación genética, el peso al nacimiento se separó en sus componentes directo (debido a la genética del cordero) y materno (debido a la genética de la borrega), en el catálogo de sementales solo se reportan valores genéticos directos para los sementales listados, para que el usuario los utilice como juzgue conveniente, de acuerdo a su objetivo de selección y/o las condiciones de su sistema de producción.

Peso al destete ajustado a 75 días (PD75)

El crecimiento predestete tiene especial importancia; en esta fase el cordero tiene la tasa esperada de crecimiento más alta de toda su vida, constituye un indicador de la eficiencia económica de las explotaciones y es una medida del potencial de crecimiento del cordero y de las cualidades maternas de la borrega, especialmente a través de la producción de leche, por lo que en el proceso de las evaluaciones genéticas se separa en dos componentes: peso al destete directo y peso al destete materno, y es como se reportan las DEPs. El componente materno es especialmente importante para las razas de tipo materno; sin embargo, dependiendo del sistema de producción, se debe de tener cuidado en no incrementar la producción de leche a niveles que puedan tener un impacto en los requerimientos de la borrega cuando la disponibilidad de alimento es limitada, lo cual es común bajo los sistemas de producción extensivos y semi extensivos, y que esto se vea reflejado en un pobre desempeño reproductivo y productivo de la borrega.

La ganancia diaria posdestete hasta los 150 días (GD150)

Es un indicador del potencial genético que el animal posee para velocidad de crecimiento durante la engorda. Es en las razas de tipo paterno en las que se debe poner un mayor énfasis en la selección por esta característica.

El número de corderos nacidos vivos por parto (NCP)

Representa una de las características con mayor importancia económica, ya que está altamente relacionado con la cantidad de corderos que se venden en el rebaño y, por lo tanto, con la cantidad total de kilogramos vendidos y la cantidad de ingresos por este concepto. Es por ello que aunque la heredabilidad de NCP es más baja que para otras características, es un criterio de selección muy importante a considerar en los programas de mejoramiento genético de ovinos, especialmente en las razas de tipo materno. En esta variable, la madre toma el lugar del individuo a evaluar y la DEP correspondiente predice las diferencias en el número de corderos nacidos debido al potencial genético que posee el animal y que hereda a su progenie, expresándose en sus hijas. De acuerdo a la raza, el número de corderos por parto se codifica de tres formas: a) 1 = parto sencillo y 2 = parto múltiple, con dos o más corderos; b) 1 = parto sencillo, 2 = parto con dos corderos y 3 = parto con

tres o más corderos; y, c) 1 = parto sencillo, 2 = parto con dos corderos, 3 = parto con tres corderos, y 4 = parto con cuatro o más corderos.

Tabla 1. Resumen de la información genealógica y productiva analizada en las evaluaciones genéticas nacionales en México.

Raza	PN n; $\mu \pm \square$	PD75 n; $\mu \pm \square$	GD150 n; $\mu \pm \square$	NCPP n; $\mu \pm \square$	Animales en Pedigrí
Razas de Pelo					
Katahdin	37,081 3.79±0.95	32,474 21.9±5.01	16,598 220.9±76.7	30,206 1.67±0.57	59,156
Dorper	16,461 3.81±0.84	12,718 24.9±5.35	7,215 215.8±71.5	12,867 1.48±0.53	32,298
Pelibuey	17,501 2.94±0.60	13,555 17.29±3.91	6,953 195.7±67.1	13,907 1.82±0.63	37,455
Blackbelly	10,056 2.88±0.63	7,600 16.81±3.91	3,078 158.95±64.48	7,636 1.87±0.62	16,981
Dorper Blanco	1,751 3.53±0.69	1,335 24.59±4.92	908 220.7±65.5	1,090 1.44±0.497	3,381
Saint Croix	1,492 2.84±0.63	1,079 15.02±3.29	543 142.37±58.14	1,575 1.59±0.53	3,268
Razas Tipo Lana					
Suffolk	7,570 5.03±1.16	5,673 28.44±6.52	2,700 261.3±91.9	6,333 1.54±0.55	15,798
Hampshire	6,051 5.00±1.11	4,983 27.23±6.40	2,676 274.81±87.99	5,403 1.29±0.45	11,132
Charollais	1,364 4.5±1.02	1,190 29.5±8.05	814 256.2±70.8	1,806 1.40±0.56	3,502
Dorset	2,595 4.59±1.0	2,071 25.3±5.8	1,239 224.3±80.1	2,787 1.40±0.54	6,298
Rambouillet	7,117 5.39±1.14	5,032 25.95±4.27	2,800 210.69±59.86	6,55 1.22±0.41	8,998
Texel	693 4.44±1.10	593 26.2±5.2	379 247.7±110.5	655 1.33±0.47	6,360

PN = Peso al nacer; PD75 = Peso al destete ajustado a 75 días de edad; GD150 = Ganancia diaria del destete a los 150 días de edad; NCPP = Número de corderos nacidos vivos por parto; Pedigrí = Total de individuos considerados en el pedigrí y que entraron a la evaluación genética para la predicción de valores genéticos. n = número de datos analizados; $\mu \pm \square$ = valor promedio \pm desviación estándar.

Efectos fijos en los modelos utilizados

Peso al nacer. Los grupos contemporáneos se definen por las subclases rancho-año-época de nacimiento.

Peso al destete ajustado a 75 días. Los grupos contemporáneos se definen por las subclases rancho-año-época de nacimiento-grupo de pesaje al destete.

Ganancia diaria posdestete hasta los 150 días. Los grupos contemporáneos se definen por las subclases rancho-año-época de nacimiento-grupo de pesaje al destete-grupo de pesaje a los 150 días de edad.

Para las tres características de crecimiento anteriores, además de los efectos fijos de grupo contemporáneo antes definidos, se ajustan los efectos fijos de las subclases definidas por el sexo y

el número de corderos nacidos vivos, así como el efecto de la covariable edad de la borrega al parto, como función lineal y cuadrática.

Número de corderos nacidos vivos por parto. Los grupos contemporáneos se definen con las subclases rancho-año-época de parto, y además se ajusta el efecto fijo de tipo de concepción y la covariable edad de la borrega al parto, como función lineal y cuadrática.

Efectos aleatorios y estimación de parámetros genéticos

Los modelos ajustados para PN y PD75 en todas las razas evaluadas incluyen los efectos aleatorios correlacionados genéticos aditivos directos y maternos, más los residuales independientes. En algunas razas se incluye el efecto aleatorio materno de ambiente permanente. En el caso de GD150 y NCPP, en los modelos ajustados se incluyen sólo los efectos aleatorios genéticos aditivos directos y los residuales. En algunas razas se analiza de manera conjunta el PD75 y la GD150 de manera bivariada, con la covarianza entre efectos genéticos aditivos directos. Los parámetros genéticos estimados son: heredabilidad directa (h^2); heredabilidad materna (m^2); correlación genética entre efectos directos y maternos (r_{dm}); proporción de la varianza fenotípica dada por los efectos maternos de ambiente permanente (c^2); y la correlación genética entre efectos directos para PD75 y GD150 (r_{dd}).

Precisión de las evaluaciones genéticas

La predicción del valor genético de un reproductor a partir de la información propia y de un número determinado de parientes no es absolutamente exacta. Junto con las DEPs se reporta la precisión de la predicción, que varía de 0 a 1 e indica la confiabilidad que se puede tener en la predicción del valor genético. Una precisión cercana a cero, significa que dicha predicción fue realizada con poca información; por consiguiente, su valor puede variar en próximas evaluaciones, a medida que se agregue más información relacionada con el animal. La magnitud de la precisión es una medida del riesgo que se asume al tomar decisiones de selección con base en DEPs. Los animales a utilizar en un programa de mejoramiento genético se deben de seleccionar con base en su DEP, mientras que los valores de la precisión se deben de usar para determinar que tanto se puede utilizar el animal para generar animales de reemplazo. Las variaciones en las DEPs a través de evaluaciones están en función de la precisión y se pueden expresar como cambios posibles. En la Tabla 2 se presenta el significado en términos de los cambios posibles de acuerdo con los valores de la precisión. A manera de ilustración, en la Tabla 3 se presentan las estadísticas descriptivas para las DEPs y las precisiones obtenidas en la última evaluación genética de tres de las razas de pelo y dos de las razas cárnicas de lana que más animales registran anualmente.

Tabla 2. Categorías de precisión, significado y nivel de riesgo asociado

Precisión	Significado	Nivel de riesgo
< 0.40	Muy probable que cambie con más información	Alto
0.40 a 0.60	Algunos cambios, registros de poca progenie	Moderado
0.60 a 0.80	Pequeños cambios, registros de mucha progenie	Bajo
0.80 a 1.00	No muy probable que cambie	Muy bajo

Listado de sementales en los catálogos

Para cada una de las razas evaluadas, en el catálogo del resumen de sementales sobresalientes, se reportan: a) Estadísticos descriptivos de la información analizada; b) Los modelos y las estimaciones de los parámetros genéticos utilizadas; c) Estadísticos descriptivos de las DEPs y las precisiones para cada característica; d) Los valores del cambio posible de acuerdo a los niveles de precisión y e)

Los límites de los percentiles en cada una de las variables analizadas; así como, f) Los sementales activos (probados) y los prospectos (jóvenes) con las mejores DEPs para cada una de las características evaluadas. En el caso de los sementales probados, se considera como requisito que se encuentren activos, un mínimo de precisión y que estén probados en al menos dos rebaños, esto dependiendo de la raza y la disponibilidad de sementales.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las Diferencias Esperadas en la Progenie (DEPs) y la precisión

Item	DEPs			Precisión		
	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo
KATAHDIN						
PND	0.012	-0.266	0.289	0.426	0.010	0.940
PDD	0.069	-1.785	2.120	0.432	0.010	0.950
PDM	-0.026	-1.254	1.592	0.391	0.010	0.930
GDIA	0.076	-17.157	20.170	0.358	0.010	0.910
NCPP	0.003	-0.136	0.187	0.445	0.010	0.930
DORPER						
PND	0.000	-0.233	0.213	0.352	0.010	0.920
PDD	0.026	-1.684	1.539	0.318	0.010	0.900
PDM	-0.023	-1.100	1.141	0.322	0.010	0.810
GDIA	-0.078	-23.812	20.878	0.312	0.010	0.890
NCPP	0.002	-0.081	0.097	0.327	0.010	0.830
PELIBUEY						
PND	0.000	-0.200	0.175	0.372	0.010	0.890
PDD	0.004	-0.874	1.190	0.328	0.010	0.880
PDM	0.003	-0.440	0.499	0.283	0.010	0.810
GD150	-0.122	-16.234	16.921	0.265	0.010	0.800
NCPP	-0.003	-0.105	0.117	0.307	0.010	0.810
SUFFOLK						
PND	0.002	-0.369	0.464	0.331	0.010	0.900
PDD	0.018	-1.303	1.696	0.304	0.010	0.840
PDM	-0.004	-0.434	0.597	0.200	0.010	0.710
GD150	-0.061	-20.142	18.070	0.219	0.010	0.720
NCPP	-0.001	-0.082	0.095	0.303	0.010	0.810
HAMPSHIRE						
PND	0.003	-0.394	0.449	0.513	0.020	0.910
PDD	-0.010	-1.340	1.645	0.350	0.010	0.830
PDM	0.049	-1.334	1.337	0.383	0.010	0.850
GD150	0.295	-22.281	23.338	0.374	0.010	0.880
NCPP	-0.001	-0.116	0.085	0.373	0.010	0.830

PN = Peso al nacer; PDD = Peso al destete directo; PDM = Peso al destete materno; GD150 = Ganancia diaria del destete a los 150 días de edad; NCPP = Número de corderos nacidos vivos por parto.

TENDENCIAS GENÉTICAS

En la Figura 1 se presentan las tendencias genéticas observadas con base en los promedios de las DEPs por años de nacimiento en los últimos nueve años para cuatro características para las que se

corren evaluaciones genéticas en tres de las razas ovinas de pelo y tres de las llamadas tipo lana con mayor número de animales registrados en México.

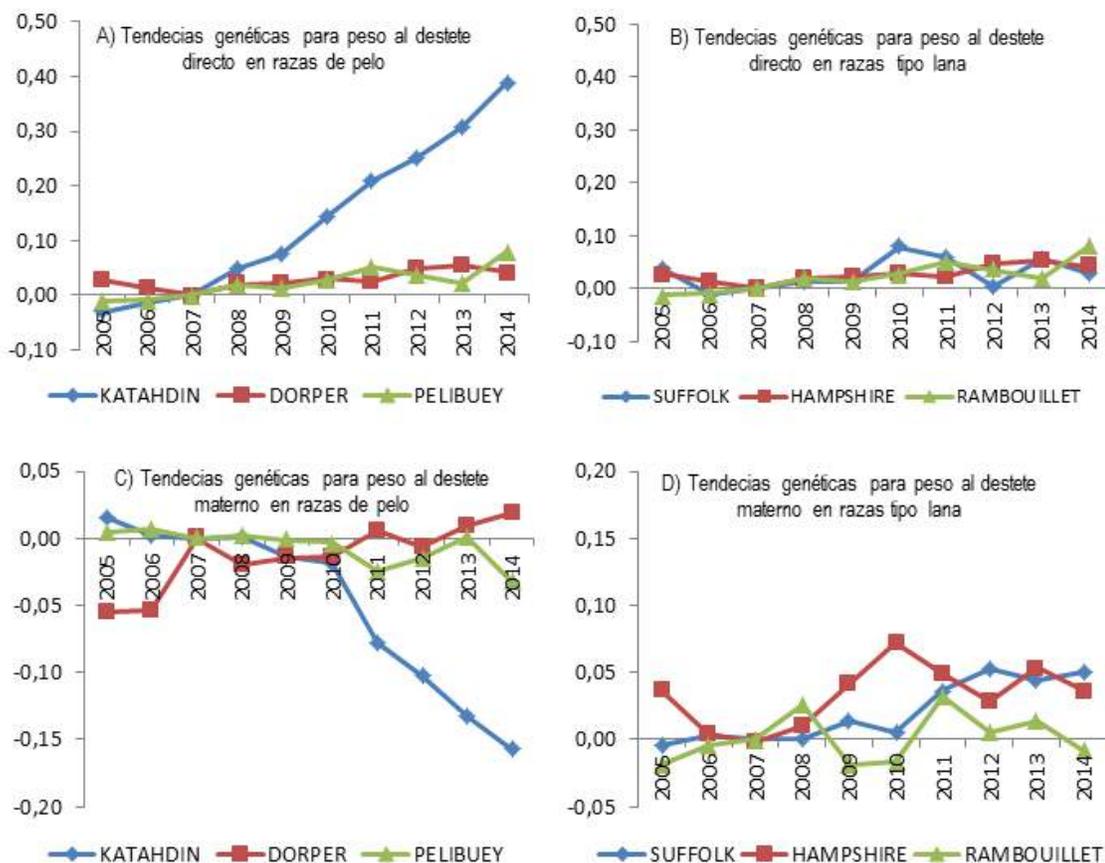


Figura 1. Tendencias genéticas observadas en los últimos nueve años para cuatro características en tres razas ovinas de pelo y tres tipo lana en México

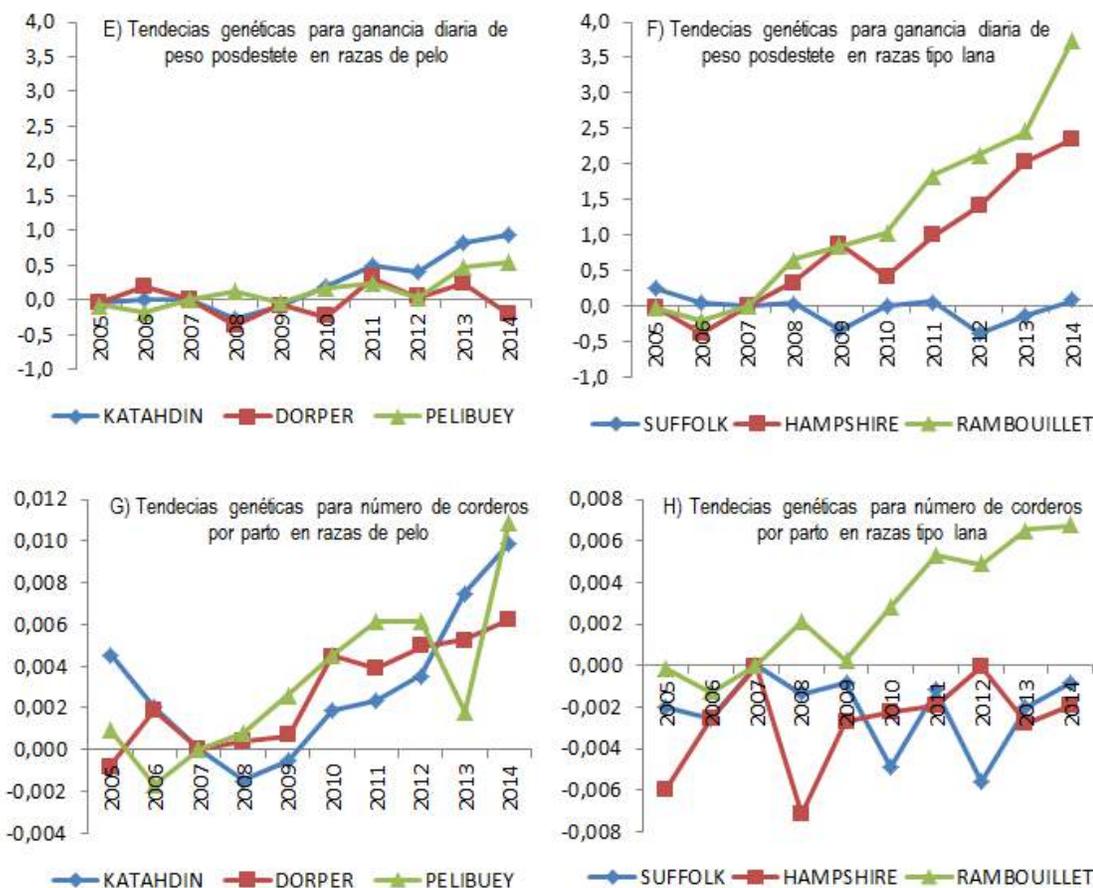


Figura 1. Tendencias genéticas observadas en los últimos nueve años para cuatro características en tres razas ovinas de pelo y tres tipo lana en México (continuación).

Se puede observar que para PDD, Katahdin es la única raza con una tendencia notable a incrementarlo; sin embargo, ocurre lo contrario para PDM, por lo que se debe atención a esta situación y valorar si eso es lo más conveniente para la raza, en función de su desempeño fenotípico actual bajo los sistemas de producción en que se maneja. En el caso de las razas Dorper y Suffolk, se nota un ligero incremento en PDM. En el caso de GDP del destete a los 150 d, aunque se nota un pequeño incremento para la raza Katahdin, es en las razas tipo lana Rambouillet y Hampshire en las que se observa un incremento más notable a través de este periodo de tiempo para ésta característica, lo cual no ha ocurrido en el caso de la raza Suffolk, por lo que debe analizarse y definirse una estrategia para la mejora en esta característica para esta raza, dado el papel que juega en los sistemas de producción como una raza terminal.

Aunque se había observado una disminución en la media observada de las DEPs para NCPP para los animales Katahdin nacidos en los primeros años del periodo analizado, a partir del 2008 se observa un repunte y se logra recuperar, e incluso avanzar un poco, en ésta característica tan importante para las razas de tipo materno. Así mismo, en el caso de las razas Pelibuey, Dorper y Rambouillet se ha tenido un avance notable para NCPP; sin embargo, en el caso de las razas Suffolk y Hampshire, no se observa cambio alguno. Dado el papel que juega la raza Hampshire como una raza de propósito general (semental término y hembra materna) en algunos estados en el centro del país, es importante analizar los objetivos de selección que se tienen planteados y determinar la

conveniencia de trabajar en líneas genéticas en las que se ponga mayor énfasis a la mejora de esta característica y no solo en la GDP para las líneas de sementales terminales.

OTRAS CARACTERÍSTICAS DE RELEVANCIA ECONÓMICA

También se ha venido trabajando en acciones que permitan la incorporación de otras características de gran relevancia para la ovinocultura nacional, como lo son características relacionadas con conformación y calidad de la canal, resistencia a parásitos, productividad de la borrega, eficiencia alimenticia, entre otras. En el caso de características relacionadas con conformación y calidad de la canal, la UNO y el Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, A.C. (CONARGEN) han adquirido equipos de ultrasonido y capacitado técnicos para la toma e interpretación de las imágenes; sin embargo, no se ha tenido una demanda sentida por parte de los criadores, por lo que se deberá trabajar en acciones que permitan detonar un esquema de trabajo para llegar a evaluar este tipo de características. En la parte de resistencia a parásitos, también se han tenido reuniones de trabajo con grupos de expertos nacionales e internacionales en el área para analizar los esquemas potenciales para la evaluación e identificación de animales con bajas cargas de parásitos gastrointestinales, y aunque se han propuesto esquemas por parte de los académicos, no se ha llegado a un conceso con los criadores para ver la manera de implementarlos. Así mismo, en la cuestión de productividad de la borrega, que es una característica que integra a otras que ya se tienen en las bases de datos y que es de gran relevancia económica, ya se ha venido trabajando por parte de nuestro grupo para integrar dichas características en un índice de selección biológico, que es la producción total de kilogramos al destete por borrega parida, para lo cual se toma en cuenta el número de corderos nacidos y destetados, y el peso al destete de las crías, tanto el componente directo como el componente materno. A la fecha, ya se han estimado factores de ajuste por sexo y se están estimando los parámetros genéticos necesarios en las razas Katahdin y próximamente Hampshire. Una vez teniendo esto, el próximo paso es validar la predicción de valores genéticos para esta característica y desarrollar índices económicos en los que se integren ésta y las otras características evaluadas. Por último, también ya se cuenta con un esquema de evaluación del consumo individual de alimento y de la eficiencia alimenticia, mediante la implementación de pruebas de comportamiento en estación central y la medición automatizada del consumo de alimento. Ésta acción, y los avances que se tienen a la fecha, se aborda a detalle en el siguiente apartado.

Por otra parte, también se han venido realizando acciones para buscar la incorporación de las herramientas de la genética molecular para lograr una mayor precisión en las evaluaciones actuales y un acortamiento en los intervalos generacionales, además de poder incorporar a los programas de selección características difíciles y de alto costo de medición, pero que sin duda impactan en gran medida la rentabilidad de la operación comercial. Esta parte se abordará en otra participación del autor principal, la cual se tiene programada dentro de este mismo evento. En resumen, en los últimos tres años se ha venido trabajando en la genotipificación para un polimorfismo (*FecGE*) encontrado en el gen *GDF9* en las razas Pelibuey y Blackbelly, el cual afecta de manera significativa la tasa de ovulación y, por ende, el NCPP. Actualmente, se están estudiando estrategias para aprovechar este gen en esquemas de cruzamientos o introgresión del en otras razas menos prolíficas pero bien adaptadas a condiciones de pastoreo en agostadero bajo climas áridos y semiáridos, con el fin de mejorar la productividad bajo esos sistemas de producción. También se han detectado polimorfismos que afectan el desarrollo muscular y rendimiento de tejido magro en la canal. Éstos corresponden a las pruebas genéticas que comercialmente se manejan principalmente en Oceanía e Inglaterra, registradas como MyoMAX® y LoinMAX®. Dichas variantes génicas se han

encontrado segregando en México en las razas Texel y Charollais de origen inglés la primera, y en Poll Dorset la segunda. Al igual que para el caso del polimorfismo *FecGE*, se están analizando esquemas en los que se pudiera aprovechar el beneficio de estas dos variantes génicas para producir cordero comercial con un mejor desarrollo muscular.

PRUEBAS DE ALIMENTACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ALIMENTICIA MEDIANTE RFIS

Sabemos que alrededor de dos terceras partes del costo total de producción de carne de ovino están relacionadas con la alimentación de los animales, por lo que cualquier estrategia que mejore la eficiencia en la utilización de los alimentos puede mejorar significativamente la viabilidad económica de las empresas ovinas. Además, las mejoras que se puedan lograr en la eficiencia alimenticia pueden ayudar a mitigar el impacto ambiental de la ganadería mediante la reducción en la excreción de nutrientes y emisiones de metano. Por lo tanto, la adopción de tecnologías que incrementen la habilidad genética de los rumiantes para mejorar la eficiencia alimenticia sin duda será una de las estrategias más rentables para satisfacer las futuras demandas de proteína de origen animal de una forma ambientalmente sostenible.

El uso del consumo residual de alimento como indicador de la eficiencia alimenticia

Aunque existe considerable variación genética en la eficiencia alimenticia del ganado, el costo de medición del consumo de alimento y la falta de un rasgo apropiado para ser usado en programas de selección genética ha limitado el progreso genético en este rubro. El uso de rasgos tradicionales como la conversión alimenticia (CA; relación Alimento:Ganancia) para medir la eficiencia, tienen poca utilidad en programas de mejora diseñados para incrementar el mérito genético para eficiencia alimenticia, ya que estos están fuertemente influenciados por patrones de crecimiento y madurez. Recientemente, el uso del consumo residual de alimento (RFI) como un rasgo de eficiencia alimenticia alternativo ha recibido considerable atención. Debido a que el RFI es independiente del crecimiento y talla madura, este es un rasgo más conveniente para su inclusión en los índices de selección para mejorar el mérito genético para eficiencia alimenticia. Para ello se utilizan métodos estadísticos que permiten calcular el consumo esperado de alimento en base al peso y productividad del animal, definiendo el RFI como la diferencia entre el consumo de alimento real y el esperado. De esta manera, los animales eficientes son aquellos que consumen menor cantidad de alimento al esperado para un peso y tasa de crecimiento dado. Y viceversa, los animales ineficientes son aquellos que consumen mayor cantidad de alimento al esperado.

El RFI ha mostrado ser heredable y genéticamente independiente del peso corporal y el nivel de producción. En rumiantes en crecimiento, el RFI está asociado con diferencias en producción de calor, producción de metano y composición de la ganancia del peso corporal (acumulación de grasa), con lo cual, la selección para mejorar el RFI se ha visto que resulta en mejoras en la eficiencia alimenticia y rentabilidad en corrales de engorda. Así mismo, los resultados en bovinos han demostrado que el RFI postdestete en vaquillas está favorablemente asociado con el uso eficiente de los alimentos por vacas adultas, sin afectar su productividad o comportamiento reproductivo. De esta manera, en general, la identificación y reproducción de animales con mérito genético para RFI se espera que mejore la eficiencia del ciclo productivo y la rentabilidad de los sistemas de producción mediante la reducción en los costos de alimentación, sin afectar el valor de la canal. Por otra parte, a través de la implementación de esta selección, es posible lograr importantes reducciones en el desecho de nitrógeno y fósforo en el estiércol, así como las emisiones de gases invernadero como el metano.

Infraestructura en México para la medición automatizada del consumo de alimento para la evaluación del mérito genético para eficiencia alimenticia en ovinos

Una manera rudimentaria de medir el consumo individual es encerrar a los animales individualmente, pero esta forma requiere de un trabajo intenso y el costo es prohibitivo. Además, se afecta significativamente su desempeño y comportamiento y la información colectada pudiera no ser muy precisa. En años pasados se desarrolló un sistema integral, conocido como "GrowSafe", el cual se basa en la recolección de información mediante la identificación por radio frecuencia (RFID) y que automáticamente lee múltiples aretes con cierta proximidad sin necesidad de confinamiento individual. Los eventos de alimento proporcionado y consumido se registran y reportan automáticamente. El sistema colecta la información sin sufrir interrupción por el flujo normal de trabajo y sin trabajo adicional. Se tiene un monitoreo continuo de la computadora ubicada en la estación de prueba vía internet, lo cual permite detectar y resolver los problemas que se pudieran presentar y dar instrucciones al encargado de la prueba a nivel local. El sistema además permite analizar información de comportamiento de consumo de los animales (visitas y tiempo que duran en el comedero), la cual se ha visto que tiene relación con la eficiencia alimenticia y el desempeño productivo.

A través del apoyo del CONARGEN, A.C., en el 2013, en las instalaciones del complejo ovino de la UNO, ubicado en Texcaltitla, Singuilucan, en el Estado de Hidalgo, se instaló un módulo GrowSafe para ovinos, con 8 comederos en 4 corrales y una capacidad de 80 a 90 animales por prueba. En dichas instalaciones, a la fecha, ya se han llevado a cabo ocho pruebas con un total de 464 animales evaluados (412 machos y 52 hembras) provenientes de 33 rebaños y 9 razas, siendo las principales, por orden de importancia, Hampshire (n=165), Katahdin (n=139), Dorset (n=83), Dorper (n=30) y Suffolk (n=23), pero también se ha tenido participación de animales Blackbelly, Pelibuey, Charollais y Texel. Actualmente están por terminarse nuevas instalaciones que triplicarán la capacidad instalada en el centro antes mencionado, las cuales deberán estar funcionando a partir de octubre próximo.

Procedimientos para la evaluación del RFI

Las tasas de crecimiento de cada cordero se modelan con la regresión lineal del peso corporal de los corderos en los días de pesaje a través de la prueba, usando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Inst. Inc.), y los coeficientes de regresión se utilizan para estimar las ganancias diarias de peso (GDP), el peso corporal (PC) inicial y final ajustado, así como el peso metabólico a la mitad de la prueba (PMM; $PC^{0.75}$), tal como lo describe Lancaster *et al.* (2009).

Mediante los registros en GrowSafe de la presencia en el comedero de cada cordero se mide la cantidad de alimento consumido en cada evento de consumo y a partir de esto se calcula el consumo diario individual durante la prueba. Aquellas estimaciones faltantes o con valores demasiado extremos, se derivan a partir de la regresión lineal del consumo del cordero en los días de prueba, de acuerdo con Hebart *et al.* (2004). El consumo residual de alimento (RFI) de cada cordero se calcula como la diferencia entre el consumo observado de materia seca (MS) y el esperado. El consumo esperado se modela mediante la regresión del consumo de materia seca (CMS) vs el PMM y la GDP durante la prueba con PROC GLM de SAS (SAS Inst. Inc.). Cuando los animales en la prueba para una raza son muy limitados, se corre un análisis conjunto para todos los animales, y para aquellas razas con un número aceptable de animales para correr la regresión, se corren los análisis por separado para cada raza. El RFI se determina mediante la resta del consumo observado de MS menos el consumo esperado. Para una caracterización más puntual del desempeño de los animales, éstos se han clasificado de acuerdo al percentil del RFI en: Eficientes

(percentil ≤ 33), Intermedios ($33 < \text{percentil} < 67$) e Ineficientes (percentil ≥ 67). Las medias de los grupos de corderos Eficientes e Ineficientes se han comparado mediante una prueba de t de Student para las variables analizadas. También se han calculado los coeficientes de correlación fenotípica (PROC CORR; SAS Inst. Inc.) del RFI con las otras variables analizadas.

Algunos resultados sobresalientes

Los coeficientes de determinación de las regresiones del peso corporal en los días de pesaje han sido en su gran mayoría al menos de 0.95, lo cual indica que el comportamiento del crecimiento de los animales ha sido prácticamente lineal a través de la prueba. Así mismo, los coeficientes de determinación para los modelos de regresión al ajustar el consumo de alimento en función del peso metabólico a la mitad de la prueba y de la ganancia diaria de peso han andado en su gran mayoría entre 0.55 y 0.7, lo cual se considera aceptable para este tipo de análisis, aunque si se han llegado a presentar casos excepcionales de inconsistencias en que los valores han sido un poco más bajos del 0.5.

El RFI tuvo una correlación positiva intermedia con el consumo observado de alimento y la conversión alimenticia, lo cual demuestra que la selección de animales con los más bajos valores de RFI en la prueba se corresponde con valores menores de consumo diario de alimento y menos alimento requerido para incrementar su peso corporal. Por otra parte, la correlación del RFI fue nula con la ganancia diaria de peso y el peso metabólico a la mitad de la prueba de alimentación, lo cual demuestra que animales con un bajo RFI (eficientes), en promedio, van a tener la misma ganancia de peso y van a alcanzar la misma talla: el RFI es independiente de la productividad y el tamaño de los animales. Así mismo, con las variables indicadoras de la composición corporal, evaluadas con ultrasonido en algunas pruebas (Área del ojo de la chuleta, profundidad del músculo del lomo y espesor de grasa dorsal) no se detectó ninguna relación importante, por lo que tampoco se afectan las características de la canal al seleccionar por RFI.

Al comparar el tercio de corderos machos con el RFI más bajo (eficientes) con el tercio de corderos con el RFI más alto (ineficientes), como se puede ver en la Tabla 4, se tuvo una diferencia promedio a favor de los eficientes de 413 gramos menos de alimento por día para ganar el mismo peso en corderos Hampshire, ajustando a un mismo tamaño corporal, mientras que anduvo entre los 309 y 342 gramos en otras razas de tamaño más moderado, a excepción de Blackbelly y Dorper que presentaron valores más extremos; sin embargo, para estas razas solo se pudo hacer la comparación en una sola prueba y con muy pocos animales (alrededor de 10). Para el caso de las hembras, estas diferencias fueron más moderadas y anduvieron entre 203 gramos para Katahdin y 309 y 314 gramos para Hampshire y Dorset, respectivamente. Estos valores de variación entre animales demuestran la oportunidad de respuesta a la selección que se tiene para este indicador de eficiencia alimenticia para mantenimiento (independiente de productividad y tamaño corporal), ya que se han reportado valores de heredabilidad de 0.25 a 0.50.

Por otra parte, animales que se seleccionaron por su desempeño sobresaliente en los valores de RFI en las primeras pruebas y que se utilizaron mediante inseminación artificial y su progenie se incorporó posteriormente a éstas pruebas, resultaron en lotes corderos que en promedio se clasificaron dentro de los animales eficientes, lo cual demuestra que la característica ha resultado heredable, como ya se ha reportado previamente en la literatura.

Tabla 4. Medias por raza y sexo para las variables de crecimiento y consumo de alimento obtenidas a partir de las bases datos acumuladas para las primeras siete pruebas de alimentación realizadas (2013 – 2015) en el proyecto de RFIs de la UNO.

Raza	N	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	GDP (gramos)	Consumo M.S. (gr)	C.A. (gr/gr)	Diferencia RFI (I – E; gr)
Machos							
Hampshire	134	45.7 ± 8.7	71.5 ± 10.6	471 ± 82	2215 ± 480	4.8 ± 1.0	413
Katahdin	102	35.4 ± 7.9	56.2 ± 9.3	373 ± 73	1752 ± 411	4.8 ± 1.2	313
Dorset	61	43.8 ± 7.6	67.4 ± 9.0	422 ± 86	2073 ± 428	5.1 ± 1.1	342
Dorper	29	34.3 ± 7.8	52.3 ± 8.9	326 ± 62	1471 ± 307	4.6 ± 0.9	558 [‡]
Suffolk	7	42.0 ± 6.3	67.0 ± 9.4	450 ± 69	1899 ± 299	4.3 ± 0.7	---
Blackbelly	12	26.0 ± 2.8	43.1 ± 1.7	307 ± 44	1309 ± 143	4.4 ± 0.7	316 [‡]
Pelibuey	5	24.4 ± 3.4	39.4 ± 3.9	268 ± 27	1128 ± 83	4.2 ± 0.3	---
Charollais	4	33.5 ± 5.0	55.9 ± 6.3	400 ± 57	2201 ± 324	5.5 ± 0.6	---
Texel	3	42.6 ± 3.9	62.8 ± 3.4	374 ± 14	2206 ± 209	5.9 ± 0.6	---
Hembras							
Katahdin	21	31.4 ± 5.8	47.4 ± 5.9	292 ± 81	1463 ± 311	5.3 ± 1.6	203
Hampshire	17	42.3 ± 5.2	61.9 ± 7.1	360 ± 74	1930 ± 460	5.4 ± 0.9	309 [‡]
Dorset	13	44.6 ± 5.3	65.1 ± 6.0	380 ± 70	2171 ± 344	5.8 ± 0.5	314 [‡]

GDP = Ganancia diaria promedio durante la prueba; Consumo M.S. = Consumo diario promedio de alimento en base seca; C.A. = Conversión alimenticia (Consumo/Ganancia); Diferencia RFI (E – I) = Diferencia promedio en consumo residual de alimento (RFI) entre el tercio de compañeros de prueba con el mayor RFI (I = Ineficientes) y el tercio con el menor RFI (E = Eficientes).

‡ Para éstos grupos solo se pudo hacer la comparación entre grupos de RFI en una sola prueba

USO DE DEPs Y RFIs PARA LA SELECCIÓN DE SEMENTALES OVINOS A UTILIZAR EN LOS PROGRAMAS NACIONALES DE MEJORAMIENTO GENÉTICO

En el caso de los sementales que se han convocado y seleccionado para obtener semen a utilizarse en el Programa Nacional de Inseminación Artificial que se implementara por la UNO y el CONARGEN a partir de la segunda mitad del 2014, éstos han tenido como requisito haber sobresalido en al menos una de las características evaluadas en las Evaluaciones Genéticas Nacionales correspondientes, además de cumplir con las características deseables de la raza y de funcionalidad física y reproductiva. Estos sementales, además de estar disponibles para su uso en los rebaños comerciales beneficiados con el programa, están disponibles para su uso en los rebaños de pie de cría, al igual que el caso de los animales que han salido sobresalientes en las pruebas de alimentación y evaluación a través de los valores de RFI. Esto, además de contribuir al mejoramiento genético de la ovinocultura nacional, contribuye a contar con mayores lazos genéticos entre rebaños y a mejorar la conectividad requerida para obtener evaluaciones genéticas más precisas que permitan un avance más rápido en la mejora genética de las razas utilizadas en México.

ÁREAS DE OPORTUNIDAD PARA IR CONSOLIDANDO LAS EVALUACIONES GENÉTICAS EN MÉXICO

Mejora en la precisión de las evaluaciones

Una de las principales limitantes en las evaluaciones genéticas actuales es, en muchos casos, la baja precisión asociada con las DEPs actualmente reportadas, lo cual indica la alta probabilidad de cambio en la DEP predicha en futuras evaluaciones. Esto es debido principalmente a dos factores importantes, la baja disponibilidad de datos de calidad y la pobre conectividad genética a través de rebaños y años. La capacitación continua de técnicos y criadores permitirá contar cada vez con

información que cumpla con los requisitos para poder ser incorporada en las evaluaciones genéticas, desde tomarse en la forma y el momento correcto hasta contar con grupos contemporáneos de mayor tamaño y genéticamente conectados a través del uso de sementales comunes mediante inseminación artificial, lo cual está avanzando rápidamente con el actual proyecto nacional de inseminación artificial y facilita el uso de sementales de referencia. Así mismo, con la disponibilidad de cada vez más información en las bases de datos y de mejor calidad, se podrá desarrollar investigación que permita contar con mejores modelos estadísticos que reflejen la biología relacionada con las características de interés y permitan ajustar mejor por los factores no genéticos (ambiente y manejo) para asegurar que el verdadero mérito genético de un animal se ve reflejado en su DEP.

Características faltantes

Características tales como conformación (ultrasonido), resistencia a parásitos, consumo de alimento, reproducción, longevidad de la borrega y salud, entre otras, son económicamente importantes, pero para llegar a incluir estas características dentro de las evaluaciones genéticas, se tienen que establecer y consolidar los esquemas de recolección de la información.

Certeza en la información de paternidad

Mucho se ha especulado sobre la incertidumbre que pueda haber acerca de la veracidad de la información genealógica que algunos criadores reportan para el registro de sus animales. En este año se implementó la verificación de paternidad mediante pruebas de ADN y a la fecha se lleva un avance importante en el muestreo de los inventarios de pie de cría a nivel nacional. Con los resultados de éstas pruebas se podrá descartar de las bases de datos utilizadas en las evaluaciones genéticas nacionales la información de aquellos animales en los que no coincida la paternidad reportada por el criador o, mejor aún, asignar la paternidad correcta e incrementar la precisión en las evaluaciones genéticas nacionales. Así mismo, para aquellos criadores que no registran sus animales porque en su sistema de producción les es imposible poder llevar un control adecuado de sus registros genealógicos, ésta es una oportunidad para que en la medida en que estás herramientas sean económicamente viables, se puedan incorporar en los esquemas de registro y contribuir con información a las bases de datos.

Ponderación de las diferentes características de acuerdo a su importancia económica relativa

El desarrollo e implementación de índices de selección, que permitan dirigir la selección de manera conjunta para las diferentes características evaluadas hacia los niveles óptimos para maximizar la rentabilidad y la sustentabilidad de los sistemas de producción, es una necesidad imperante para la ovinocultura en México; sin embargo, la disponibilidad de modelos bio-económicos que permitan modelar los sistemas de producción en los ranchos e identificar las entradas y salidas que impactan en mayor medida la rentabilidad de la explotación, es nula en nuestro país. Se requiere desarrollar investigación para el desarrollo de un modelo bio-económico que permita generar los ponderadores económicos de las diferentes características evaluadas en los ovinos para poder optimizar la selección genética.

Selección genómica

Sin duda alguna, la selección genómica es la tecnología de mejoramiento genético más novedosa que tiene gran potencial para mejorar la precisión de las evaluaciones genéticas a una edad temprana, acelerando de esta manera el progreso genético en los programas de mejora. Así mismo, y de especial manera, es una herramienta que permite evaluar características de importancia

económica que son difíciles y/o caras de medir en el rancho, por lo que amplía en gran medida el espectro de las posibilidades de hacer mejoramiento genético de una manera más integral en los sistemas de producción. Ésta tecnología, como seguramente lo habrán expuesto otros ponentes en el evento, usa marcadores genéticos asociados con genes para predecir el valor genético de los animales. La información de los marcadores, en conjunto con los registros de producción, permite obtener predicciones más precisas del mérito genético de los animales y a más temprana edad.

Para ayudar a la industria ovina en México a prepararse para implementar en un futuro la selección genómica, se deben de coleccionar muestras de ADN de los carneros con mayor cantidad de progenie y alta precisión en sus evaluaciones genéticas y almacenarlas en un banco biológico. Sin embargo, hasta que se tenga una gran cantidad de muestras de este tipo de animales e información para características que no sean fáciles de medir en el rancho, será posible explorar el uso de esta tecnología. De ésta manera, la mayor parte de los esfuerzos en investigación en esta área se deberán enfocar a contar con todos los aspectos básicos en orden.

CONCLUSIONES

Las evaluaciones genéticas son una gran herramienta que permite a los criadores tomar decisiones de selección de reproductores de una manera más informada y potencialmente incrementar la productividad y rentabilidad de su explotación; sin embargo, actualmente en ovinos continúa estando muy subutilizada y existe una gran oportunidad para los académicos para contribuir a mejorarla y para las organizaciones y dependencias del sector para hacerla más accesible a los productores. Aún se requieren una gran cantidad de esfuerzos significativos en los esquemas de recolección de información productiva en los rebaños y en centros especializados con apoyo de académicos. Sin duda, la retribución a estos esfuerzos será el contar con un sector más competitivo, más explotaciones productivas y rentables, con mayor bienestar social en el sector y mayor disponibilidad de alimentos de calidad para una población en constante crecimiento. La identificación y reproducción de animales con mérito genético para RFI mejorará la eficiencia del ciclo productivo y la rentabilidad de los sistemas de producción de ovinos mediante la reducción en los costos de alimentación. Por otra parte, como se ha demostrado en estudios en otros países, a través de la implementación de esta selección es posible lograr importantes reducciones en el desecho de nitrógeno y fósforo en el estiércol, así como las emisiones de gases invernadero como el metano.

REFERENCIAS

- Hebart, M.L., W.S. Pitchford, P.F. Arthur, J.A. Archer, R.M. Herd, and C.D.K. Bottema. 2004. Effect of missing data on the estimate of average daily feed intake in beef cattle. *Aust. J. Exp. Agric.* 44:415–421.
- Lancaster, P.A., G.E. Carstens, F.R.B. Ribeiro, L.O. Tedeschi, and D.H. Crews. 2009. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. *J. Anim. Sci.* 87, 1528–1539.

REPRODUCCIÓN Y GENÉTICA ANIMAL

IDENTIFICACIÓN DE OVEJAS PELIBUEY CON ACTIVIDAD REPRODUCTIVA CONTINUA MEDIANTE POLIMORFISMOS TIPO RAPD

A. Roldán Roldán*, J.M. Berruecos Villalobos, L.A. Zarco Quintero y J. Valencia

*Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

*E-mail:arre@comunidad.unam.mx

RESUMEN

Palabras clave: *estacionalidad reproductiva, marcadores genéticos*

El objetivo del presente estudio fue identificar algún marcador tipo RAPD (Amplificación aleatoria de ADN Polimórfico) que permitiera catalogar genéticamente a las ovejas por su actividad reproductiva estacional o continua, para esto se utilizaron 35 ovejas Pelibuey adultas, 11 ovejas continuas y cuatro estacionales del Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA) y, cuatro ovejas continuas y 16 estacionales del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT). A todas las hembras se les tomó 4 mL de sangre para el aislamiento de ADN mediante la estandarización de un protocolo diseñado para aves. Se utilizaron 29 oligonucleótidos (de 10 pb de longitud en promedio) probados exitosamente en ovinos. Los patrones de bandeo RAPD fueron registrados por la presencia o ausencia de bandas para cada muestra en cada locus y se construyó una matriz de datos única para el análisis estadístico de los datos. Ocho iniciadores fueron eliminados por no amplificar bandas, con los 21 restantes se obtuvieron 95 bandas, con un promedio de 4.5 bandas por iniciador (2 - 7 mínimo y máximo), con una longitud desde los 200 hasta los 1,500 pb. Diecisiete bandas (17.9%) presentaron un patrón monomórfico, las restantes 78 bandas (82.1%) manifestaron un patrón polimórfico. Se encontraron 95 loci para el grupo estacional y 94 loci para el grupo continuo, una banda de 200 pb obtenida con el iniciador UBC 771 ausente en el grupo continuo también estuvo ausente en 13 ovejas (65%) del grupo estacional. La identidad genética de Nei encontrada en las ovejas fue de 0.9410 entre continuas y estacionales, y de 0.923 entre las del CEPIPSA y CEIEGT. El dendrograma de asociación genética sitúa a ambos grupos en la misma rama. Se concluye que con los iniciadores RAPD utilizados en este estudio no se encontró algún marcador que permitiera diferenciar genéticamente a las ovejas Pelibuey con actividad reproductiva estacional de las continuas. Sin embargo, el método es útil para realizar estudios de asociación genética en esta raza. PAPIIT 219115.

INTRODUCCIÓN

Los ovinos son clasificados como reproductores estacionales de días cortos debido a que su época reproductiva se inicia al final de verano y principios de otoño, cuando las horas luz disminuyen (Hafez, 1952; Karsch *et al.*, 1984). Existen marcadas diferencias raciales en cuanto al grado de estacionalidad, la cual depende del origen de la raza, la oveja Pelibuey, originaria de latitudes

tropicales o subtropicales, se menciona que su estacionalidad es mucho menos marcada o prácticamente nula (Trujillo, 2005; Valencia y Arroyo, 2005).

En México se han realizado varios seguimientos de la actividad estral (Valencia *et al.*, 1981; Heredia *et al.*, 1991; González *et al.*, 1992; Cruz *et al.*, 1994) y ovulatoria (Martínez *et al.*, 1995) de la oveja Pelibuey con el objeto de conocer su actividad reproductiva a lo largo del año. De estos estudios se puede concluir que si bien la oveja Pelibuey presenta una reducción de su actividad estral entre los meses de enero y julio, siempre hay una proporción variable de ovejas, entre el 15 y el 80 %, que se mantienen ciclando durante ésta época. Esto sugiere que existen hembras de esta raza que no son estacionales, por lo que potencialmente pueden reproducirse durante los meses considerados como de “anestro estacional” (Valencia y Arroyo, 2005). Arroyo (2006) seleccionó 10 ovejas Pelibuey adultas a las cuales les hizo un seguimiento de la actividad ovárica durante dos años consecutivos, encontrando que seis ovejas mostraron actividad ovulatoria continua durante los dos años.

Todos los estudios mencionados se realizaron en ovejas que se mantuvieron permanentemente sin gestar, parir o lactar. Sin embargo, se ha visto que la estacionalidad reproductiva se expresa más claramente cuando se desafía a los animales, por este motivo y siguiendo con algunas modificaciones el protocolo realizado por Hanocq *et al.* (1999), a partir del 2006 en el Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), Topilejo, D.F. y del 2007 en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), Martínez de la Torre, Ver., se ha realizado el seguimiento en un grupo de ovejas con el objeto de identificar y establecer grupos de ovejas continuas y estacionales (Roldán *et al.*, 2014).

El protocolo de identificación ha consistido en empadrear a las ovejas en los meses de junio y julio, para que paran en noviembre y diciembre, lleven a cabo sus tres meses de lactación y sean destetadas en marzo. Posteriormente, se les toma una muestra de sangre en la tercera semana de abril y otra en la cuarta semana para analizar las concentraciones plasmáticas de progesterona y así poder identificar a las ovejas con actividad ovulatoria. Se consideran como ovejas continuas a las que ovulan durante el mes de abril (la época de anestro más profundo) durante al menos tres años consecutivos, y las que no lo hacen son estacionales. Es importante mencionar que aquellas ovejas que manifiestan actividad reproductiva con este protocolo, lo hacen a pesar de haber llevado la carga fisiológica de la gestación y la lactación, encontrarse en plena época de anestro y mantenerse aisladas de los machos.

Aún cuando este protocolo es efectivo para la identificación de ovejas continuas, se requiere de al menos tres años de seguimiento para lograr caracterizar a cada oveja, la cual para ese momento puede encontrarse hacia el final de su vida reproductiva. Por esto, surge la necesidad de encontrar un marcador genético que permita la rápida identificación de animales con actividad reproductiva continua y que al mismo tiempo permita establecer las bases para poder entender el mecanismo fisiológico implicado en la regulación reproductiva estacional de la oveja Pelibuey.

El método de Amplificación Aleatoria de ADN Polimórfico o RAPD (por sus siglas en inglés) permite detectar diferencias en el ADN debidas a variaciones en los fragmentos amplificados a partir de ADN genómico usando un solo iniciador con una secuencia arbitraria de nucleótidos. Este método ha sido ampliamente utilizado en las especies productivas ya que es simple, rápido y permite el análisis de un gran número de marcadores genéticos a partir de pequeñas cantidades de ADN, sin necesidad de tener el conocimiento previo de la secuencia genómica de la especie en cuestión (Welsh and

McClelland, 1990; Williams *et al.*, 1990). En los ovinos se ha utilizado en su identificación genética, para medir el grado de distanciamiento genético entre los ovinos y otras especies, para la identificación de marcadores específicos de especie (Kantannen *et al.*, 1995; Appa Rao *et al.*, 1996; Joshi *et al.*, 1998; Devrim *et al.*, 2007b), y para estudiar las relaciones genéticas entre distintas razas ovinas de diferentes regiones geográficas (Gong *et al.*, 2002; Kumar *et al.*, 2004; Rezende *et al.*, 2005; Devrim *et al.*, 2007a; Elmaci *et al.*, 2007; Eman *et al.*, 2008; Kunene *et al.*, 2009). Su aplicación también ha dado buenos resultados en la identificación de individuos con características productivas superiores (Alves *et al.*, 2005; Khalil *et al.*, 2008), por lo cual el método de RAPD representa una buena opción en la búsqueda de algún marcador molecular que permita catalogar genéticamente a las ovejas por su actividad reproductiva estacional.

El objetivo del presente estudio es encontrar algún marcador genético que permita diferenciar a las ovejas con actividad reproductiva continua de las estacionales mediante el método de RAPD.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 35 ovejas Pelibuey adultas, 11 ovejas continuas y cuatro estacionales del CEPIPSA y, cuatro ovejas continuas y 16 estacionales del CEIEGT (Roldán *et al.*, 2014). A todas las hembras se les tomó 4 mL de sangre con tubos Vacutainer con EDTA como anticoagulante. Para el aislamiento de ADN se estandarizó un protocolo diseñado para aves (Bailes *et al.*, 2007). Se utilizaron 29 oligonucleótidos (de 10 pb de longitud en promedio) probados exitosamente en ovinos (Joshi *et al.*, 1998; Tahmoorspur *et al.*, 2003; Rezende *et al.*, 2005; Eman *et al.*, 2008).

Las reacciones de PCR se prepararon en un volumen final de 25 μ L conteniendo lo siguiente: 40 ng de ADN (1 μ L), 400 pM de oligo arbitrario (1 μ L), 200 μ M de cada dNTP (2.5 μ L), 4 mM de $MgCl_2$ (2 μ L), 1.0 U de *Taq* ADN Polimerasa (Invitrogen) (1 μ L), Amortiguador PCR 10X al 1 % (2.5 μ L) y agua estéril inyectable (Pisa) cbp 25 μ L (15 μ L). Utilizando el siguiente programa de PCR: a) desnaturalización, 5 min a 95° C, b) alineamiento, 2 min a 35° C, c) extensión, 1 min a 72° C, d) desnaturalización, 1 min a 95° C, posteriormente, 45 ciclos incluyendo los pasos b, c y d, al final de éstos se incluyó un paso de 2 min a 35° C y una extensión final de 5 min a 72° C, cuando el programa se realizó durante la noche, al final se agregó un paso para que las muestras se mantuvieran a 4° C hasta su retiro del termociclador.

Para observar las bandas amplificadas, se realizaron electroforesis en geles de agarosa al 1.2%, preparados con solución TE8, misma que se utilizó para llenar la cámara de electroforesis, los geles se corrieron a 120 Volts y 80 mA por 2.5 horas. Posterior a la electroforesis estos se tiñeron con bromuro de etidio (0.5 mg/mL), se visualizaron con luz ultravioleta en un transiluminador y se fotografiaron para su documentación y posterior análisis.

Los patrones de bandeo RAPD fueron registrados por la presencia (1) o ausencia (0) de bandas para cada muestra en cada locus. Los registros se combinaron posteriormente para la construcción de una matriz de datos única. El análisis estadístico de los datos se realizó usando el programa computacional gratuito "Popgene versión 1.31" (Yeh *et al.*, 1999), incluyendo el cálculo de la frecuencia de alelos de acuerdo con Nei (1987). Este programa permitió calcular el número y porcentaje de loci polimórficos y la diversidad genética de acuerdo a la ecuación de Nei (1973) y también, calcular la distancia genética y construir el dendrograma de asociación genética.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ocho iniciadores fueron eliminados por no amplificar bandas, con los 21 restantes se obtuvieron 95 bandas, con un promedio de 4.5 bandas por iniciador (2 como mínimo y un máximo de 7 bandas), con una longitud desde los 200 hasta los 1,500 pb. Se cubrió un rango promedio de 670 pb, el menor con 250 pb y el más largo con 1,100 pb. Diecisiete bandas (17.9%) presentaron un patrón monomórfico, las restantes 78 bandas (82.1%) manifestaron un patrón polimórfico. Se encontraron 95 loci para el grupo estacional y 94 loci para el grupo continuo, una banda de 200 pb obtenida con el iniciador UBC 771 ausente en el grupo continuo también estuvo ausente en 13 ovejas (65%) del grupo estacional. Quince bandas fueron monomórficas solo para uno de los dos grupos, ocho en las continuas y siete en las estacionales, sin embargo, el porcentaje máximo de ausencia de esta banda en el grupo contrario fue de 19.8. El número y porcentaje de loci polimórficos fue de 70 y 73.68, respectivamente en el grupo estacional, mientras que en el continuo de 71 y 74.74, respectivamente. La heterocigosis esperada (H_e) en general fue de 0.329, mientras que en el grupo continuo fue de 0.303 y en el estacional de 0.296. La identidad genética de Nei encontrada entre las ovejas continuas y estacionales fue de 0.9410.

Adicionalmente, se realizó una comparación entre las ovejas provenientes del CEIPSA y del CEIEGT, encontrándose 94 loci para CEIPSA y 95 loci para CEIEGT, la misma banda que en el grupo estacional, esto indica que la banda de 200 pb del UBC 771 solo se presentó en siete ovejas estacionales del CEIEGT. La heterocigosis esperada, el número y porcentaje de loci polimórficos fue de 0.299, 72 y 75.79, respectivamente en las ovejas del CEIPSA, mientras que en las ovejas del CEIEGT fue de 0.284, 67 y 70.53, respectivamente. La identidad genética de Nei entre las ovejas del CEIPSA y CEIEGT fue de 0.923.

En un trabajo realizado en gallinas criollas (Soto *et al.*, 2002) utilizando marcadores RAPD en gallinas con alto y bajo índice de postura, se encontró que un marcador de 1,100 pb estuvo presente solo en las gallinas con bajo índice de postura, por lo cual los autores concluyen que la presencia de este marcador RAPD podría permitir identificar a las gallinas con un bajo índice de postura, o bien su ausencia podría determinar que una gallina tuviera una buena producción de huevos. Este trabajo es muy similar al aquí propuesto, ya que se evaluó la actividad reproductiva de una especie estacional, sin embargo, en el presente trabajo no fue posible identificar de forma clara algún marcador que permitiera categorizar genéticamente a las ovejas continuas de las estacionales.

Las 17 bandas monomórficas encontradas podrían ser consideradas como bandas que caractericen genéticamente a la raza Pelibuey, como lo encontrado en las razas de pelo de Brasil como la Santa Inés, Rabo largo, Somalí, Morada nova y Bergamasca (Rezende *et al.*, 2005), y en algunas razas egipcias como la Rahmani, Ossimi, Barki, Sahidi y Sohagi (Eman *et al.*, 2008), entre otras. No obstante, es indispensable probar estas bandas con otras razas y especies, principalmente rumiantes, ya que también podrían ser bandas características de la especie ovina (Kantanen *et al.*, 1995; Appa Rao *et al.*, 1996; Joshi *et al.*, 1998; Devrim *et al.*, 2007b).

La alta asociación genética encontrada entre las ovejas de los dos rebaños permite establecer que de llegarse a identificar algún marcador que se encuentre únicamente en alguno de los dos grupos de ovejas, tendría altas probabilidades de controlar la actividad reproductiva estacional en estas ovejas, esto debido a la rigurosa categorización fenotípica que se ha realizado, ya que se ha observado que en poblaciones de ovejas en Zulu (Kunene *et al.*, 2009), los datos fenotípicos y genéticos obtenidos a partir de análisis con RAPD pueden ser asociados con confiabilidad.

Aún cuando la He y el porcentaje de loci polimórficos más bajos encontrados fueron en las ovejas del CEIEGT, los datos obtenidos en la heterocigosis esperada y en el distanciamiento genético indican que las poblaciones de ovejas Pelibuey aquí estudiadas son homogéneas, que presentan un origen común y han permanecido sin grandes cambios. Este resultado era esperado, dado que desde la introducción de la raza Pelibuey al país no ha habido mezcla con otros sementales nuevos de la misma raza. Los datos obtenidos coinciden con lo reportado en ovejas de la universidad de Zulu (Kunene *et al.*, 2009), en donde la más alta similaridad genética encontrada fue de 94.83%, parecido al 94.15% de este estudio.

Los resultados genéticos obtenidos con el método RAPD demuestran que esta es una herramienta importante y útil en el análisis genético de la oveja Pelibuey principalmente en asociación y diversidad genética, como lo reportado en otras razas (Gong *et al.*, 2002; Kumar *et al.*, 2004; Rezende *et al.*, 2005; Devrim *et al.*, 2007a; Eman *et al.*, 2008; Kunene *et al.*, 2009), sin embargo, para esto es necesario realizar un estudio con un mayor número de individuos provenientes de las distintas regiones del país. Por otra parte, el método RAPD se ha usado muy poco en la identificación de individuos con características productivas de importancia económica, por esto es importante mencionar que los marcadores RAPD resultan ser un método útil, que con el auxilio de otras herramientas alternas pueden permitir obtener o generar elementos moleculares de gran valor para la identificación de características productivas (Soto *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

Con los iniciadores RAPD utilizados en el presente estudio no se encontró algún marcador que permitiera diferenciar genéticamente a las ovejas Pelibuey con actividad reproductiva estacional de las continuas. Sin embargo, el método es útil para realizar estudios de asociación genética en esta raza. Se han establecido las condiciones del método RAPD para su uso en la oveja Pelibuey.

REFERENCIAS

- Alves, B.C.A.; Unanian, M.M.; Silva, E.; Oliveira, M. and Moreira-Filho, C.A. (2005). Use of RAPD markers for identifying Nelore bulls with early reproductive maturation onset. *Animal Reproduction Science*, 85, 183–191.
- Appa Rao, K.; Bhat, K. and Totey, S. (1996). Detection of species-specific genetic markers in farm animals through random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Genetic Analysis: Biomolecular Engineering*, 13, 135-138.
- Arroyo, L.J. (2006). Actividad ovulatoria anual en ovejas Pelibuey y Suffolk en el altiplano mexicano (Tesis de Doctorado). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bailes, S.M.; Devers, J.J.; Kirby, J.D. and Rhoads, D.D. (2007). An inexpensive, simple protocol for DNA isolation from blood for high-throughput genotyping by polymerase chain reaction or restriction endonuclease digestion. *Poultry Science*, 86, 102–106.
- Cruz, L.C.; Fernández-Baca, S.; Álvarez, L.J. y Pérez, R.H. (1994). Variaciones estacionales en la presentación de la ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo. *Veterinaria México*, 25, 23-27.
- Devrim, A.; Kaya, N.; Guven, A. and Kocamis, H. (2007a). A study of genomic polymorphism and diversity in sheep breeds in northeastern Anatolia. *Small Ruminant Research*, 73, 291-295.

- Devrim, A.; Kaya, N.; Kocer, B. and Yildiz, M. (2007b). Determination of species specific genetic markers in farm animals by using Random Amplified Polymorphic DNA fingerprints. *Indian Veterinary Journal*, 84, 903-907.
- Elmaci, C.; Oner, Y.; Ozis, S. and Tuncel, E. (2007). RAPD Analysis of DNA polymorphism in Turkish sheep breeds. *Biochemical Genetics*, 45, 491-496.
- Eman, R.; Othman, E.; Soheir, M. and Mohamed, A. (2008). Genetic variation between some Egyptian sheep breeds using RAPD-PCR. *Research Journal of Cell and Molecular Biology*, 2 (2), 46-52.
- Gong, Y.; Li, X.; Liu, Z. and Li, J. (2002). Studies of random amplified polymorphic DNA (RAPD) of main indigenous sheep breeds in China. *Yi Chuan*, 24 (4), 423-426.
- González, R.A.; Murphy, B.D. and Foot, W.C. (1992). Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*, 8, 225-232.
- Hafez, E.S. (1952). Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *Journal of Agricultural Science*, 42, 189-265.
- Hanocq, E.; Bodyn, L.; Thimonier, J.; Teyssier, J.; Malpoux, B. and Chemineau, P. (1999). Genetic parameters of spontaneous spring ovulatory activity in Mérinos d'Arles sheep. *Genetics Selection Evolution*, 31, 77-90.
- Heredia, A.M.; Velásquez, M.A.; Quintal, F.J.; Mex, R.J. y Aragón, G.A. (1991). Efecto de dos fuentes de alimentación sobre la estacionalidad reproductiva de la oveja Pelibuey. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Ciudad Victoria (Tamaulipas) México, 96.
- Joshi C, *et al.*, (1998). RAPD analysis PCR using arbitrary primers in different animal species. *Indian Veterinary Journal*, 75, 1029-1031.
- Kantannen, J.; Vilkki, J.; Elo, K. and Maki-Tanila, A. (1995). Random Amplified Polymorphic DNA in cattle and sheep: application for detecting genetic variation. *Animal Genetics*, 26, 315-320.
- Karsch, F.J.; Bittman, E.L.; Foster, D.L.; Goodman, R.L.; Legan, S.J. and Robinson, J.E. (1984). Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Progress in Hormone Research*, 40, 185-231.
- Khalil, M.H.; Motawei, M.I.; Al-Saef, A.M.; Al-Sobayil, K.A. and El-Zarei, M.F. (2008). RAPD markers linked to litter, lactation and growth traits in rabbits, in: 9th World rabbit congress, June 10-13, Verona, Italia, 143-147.
- Kumar, K.; Kumar, P.; Kumar, S.; Bhattacharya, T.; Bhushan, B. and Ahlawat, S. (2004). Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) fingerprinting of Indian sheep breeds. *Indian Journal of Animal Sciences*, 74 (8), 860-863.
- Kunene, N.; Bezuidenhout, C. and Nsahlai, I. (2009). Genetic and phenotypic diversity in Zulu sheep populations: Implications for exploitation and conservation. *Small Ruminant Research*, 84, 100-107.
- Martínez, R.R.D.; Zarco, Q.L.; Cruz, L.C. y Rubio, G.I. (1995). La estacionalidad de la actividad ovárica en la oveja Pelibuey es independiente de variaciones en el peso o condición corporal de los animales. Memorias del VII Congreso Nacional de Producción Ovina; Chapingo (Edo. de Méx.) México DF: Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, AC, 131-134.
- Nei, M. (1973). Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 70, 3321-3323.
- Nei, M. (1987). *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York.
- Rezende S, *et al.*, (2005). Genetic variability of the Brazilian hair sheep breeds. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (9), 887-893.

- Roldán, R.A.; Zarco, Q.L.; Berruecos, V.J.M. y Valencia, M.J. (2014). Identificación de ovejas Pelibuey con actividad reproductiva continua. Memorias del XXIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias; La Habana (Cuba), 6 al 9 de octubre. CD.
- Soto, H.I.; Zavala, P.G.; Cano, C.H. y López, M.J. (2002). Análisis de dos poblaciones de gallinas criollas (*Gallus domesticus*) utilizando RAPD's como marcadores moleculares. *Técnica Pecuaria México*, 40 (3), 275-283.
- Tahmoorespur, M.; Naissiry, M. and Mohammady, A. (2003). The use of 17 RAPD primers in some of Iranian sheep breeds. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 144.
- Trujillo, Q.J. (2005). Caracterización de los eventos reproductivos en ovejas Pelibuey seleccionadas para ciclar de manera continua. Tesis de Maestría. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Valencia, M.J. y Arroyo, L.J. (2005). ¿Existe actividad reproductiva anual continua en la oveja pelibuey?. Memorias del Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Rumiantes; Montecillos, Texcoco (Edo. de Mex) México: Colegio de postgraduados, 106-116.
- Valencia, Z.M.; Heredia, A.M. y González, P. E. (1981). Estacionalidad reproductiva en hembras Pelibuey. Memorias de la VIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal; Sto. Domingo (República Dominicana):137.
- Welsh, J. and McClelland, M. (1990). Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Research*, 18, 7213-7218.
- Williams, J.; Kubelik, A.; Livak, K.; Rafalsky, J. and Tingey, S. (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Research*, 18, 6531-6535.
- Yeh, F.; Boyle, T.; Rongcai, Y.; Ye, Z. and Xian, J. (1999). POPGENE, Version 1.31. A Microsoft Window Based Free Ware for Population Genetic Analysis. University of Alberta, Edmonton. Canada.

EFFECTO DE DIFERENTES VELOCIDADES DE ENFRIAMIENTO SOBRE LA CRIOPRESERVACIÓN DEL SEMEN DE OVINO PELIBUEY

Á Domínguez Rebolledo^{1*}, J G Cantón Castillo¹, A Alcaraz Romero¹, J Ramón Ugalde²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá. Km. 25 Antigua carretera Mérida-Motul. C.P. 97454. Mocochoá, Yucatán, México. ²Centro de Selección y Reproducción Ovina (CeSyRO) del Instituto Tecnológico de Conkal. Antigua Carretera Mérida-Motul km 16.3, C.P. 97345, Conkal, Yucatán. México.

*E-mail: dominguez.alvaro@inifap.gob.mx

RESUMEN

Palabras clave:

Diluyente, espermatozoides, equilibración, congelación.

Los espermatozoides de ovinos requieren de un largo período de enfriamiento (4 horas) desde un rango entre los 30 °C a los 5 °C, para luego ser criopreservados. Con el fin de acortar el periodo de enfriamiento, se evaluó el efecto de 3 diferentes velocidades de enfriamiento de 22 °C a 5 °C sobre la calidad del semen descongelado. Las muestras espermáticas se obtuvieron de cinco ovinos Pelibuey, se mezclaron, se diluyeron en Triladyl® + 20% de yema de huevo, se dividieron en tres partes iguales y se enfriaron a 5 °C en: -0,14 °C/min, -0,28 °C/min y -1,7 °C/min. Posteriormente, se envasaron en pajillas de 0.25 ml (100 x 10⁶ Sptz.) y se dejaron en equilibración durante 2 horas a 5 °C, para su posterior congelación y almacenamiento en LN₂. La motilidad total (MT) y progresiva (MP) de los espermatozoides se analizó con el sistema CASA, la integridad de la membrana (IM) con Sybr-14/PI, la integridad del acrosoma (IA) con FITC-PSA y la integridad de la membrana de la cola (IMC). Las muestras se analizaron después de su descongelación a 37 °C. Los datos se analizaron mediante un ANOVA. Todos los parámetros evaluados fueron diferentemente significativos (P<0.05) entre las tres velocidades de enfriamiento, a excepción de la IA donde la velocidad de enfriamiento a -1.7 °C/min y -0.14 °C/min fueron diferentes respecto a la velocidad de -0,28 °C/min (40.7±1.07; 43.0±1.96 y 54.0±1.47, respectivamente). Los resultados mostraron que la tasa de enfriamiento a -0,28 °C/min es el más adecuado para criopreservar semen de ovino Pelibuey respecto a las otras velocidades.

INTRODUCCIÓN

La criopreservación de los espermatozoides es una importante herramienta para preservar el material genético y para mantener la diversidad genética en especies domésticas y silvestres (Lermen *et al.*, 2009). Se sabe que esta técnica incluye diferentes pasos tales como el enfriamiento y la equilibración a 5 °C y la congelación en vapores de nitrógeno (Jiménez-Rabadán *et al.*, 2015). Asimismo, se sabe que durante cada uno de estos pasos, los espermatozoides sufren importantes daños como cambios biofísicos y bioquímicos en la membrana (Parinaud *et al.*, 1997; Chatterjee *et al.*, 2001; Kankofer *et al.*, 2005) e incluso daño en el ADN espermático (Lopes *et al.*, 1998; Aitken, 1999; Agarwal *et al.*, 2003) que podrían ser perjudiciales para su viabilidad y su potencial fertilizante. Estos daños son debidos, en parte, por el choque frío que depende de la velocidad de enfriamiento (Chang y Walton, 1940), del rango absoluto de temperatura que se descienda y de la temperatura

final que se alcance (Quinn et al., 1980). Por otra parte, se ha observado que la sensibilidad al choque frío es diferente en los espermatozoides de las distintas especies animales, incluso para una misma especie (Holt y North, 1986), ya que el rango de temperatura en el que se produce los cambios de fase de los lípidos varía entre ellas (Parks y Lynch, 1992; Drobnis *et al.*, 1993). Para evitar los efectos adversos del choque frío, se emplean velocidades de enfriamiento lentas y moderadas (-0.1 °C/min. a -0.5 °C/min.) que descienden la temperatura del semen desde un rango entre los 30 °C hasta los 5 °C en periodos de tiempo de una o dos horas (Graham, 1978; Fiser y Fairfull, 1984). En nuestro laboratorio, utilizamos una velocidad de enfriamiento de 0.14 °C/minutos, que empieza desde los 22 °C (temperatura de laboratorio) y termina a 5 °C en un periodo de tiempo de 2 horas, a parte de las otras 2 horas más de equilibración a 5 °C (4 horas en total). Sin embargo, hay estudios donde se utilizan velocidades de enfriamiento rápida, donde el tiempo se acorta en tan solo 10 minutos y los resultados obtenidos son buenos (Fernández-Santos et al., 2006). Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue comparar el efecto de tres diferentes velocidades de enfriamiento (-1,7 °C/min.; -0,28 °C/min. y -0,14 °C/min.), sobre la criopreservación de muestras espermáticas de ovino Pelibuey

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Biotecnología Reproductiva del Centro de Selección y Reproducción Ovina (CeSyRO) del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, localizado en la región centro norte del estado comprendido entre los paralelos 21° 02' y 21° 08' latitud norte y los meridianos 89° 29' y 89° 35' longitud oeste; con una altura promedio de 8 metros sobre el nivel del mar. El clima predominante es de tipo cálido subhúmedo, con lluvias en verano (Flores-Guido y Espejel-Carvajal., 1994). Tiene una temperatura media anual de 26.6° C y precipitación pluvial media anual de 469 milímetros y una humedad relativa promedio anual: marzo 66%- diciembre 89% (Gobierno del Estado de Yucatán, 1988).

Se utilizaron 5 sementales de la raza Pelibuey (3 años de edad), a los que se les obtuvieron 25 eyaculados (5 eyaculados/animal) mediante vagina artificial. Todos eyaculados obtenidos en cada réplica (5 réplicas) se mezclaban haciendo una sola muestra. Después, las muestras fueron diluidas a temperatura de laboratorio (22 °C) con el diluyente comercial Triladyl® (Minitube, Tiefencach, alemania) + 20% de yema de huevo, a una concentración final de 400 x 10⁶ espermatozoides/mL. Posteriormente, las muestras fueron divididas en tres tubos de 15 mL para hacerlas descender hasta los 5 °C con 3 diferentes curvas de enfriamiento: 10 minutos (-1,7 °C/min.); 1 hora (-0,28 °C/min.) y 2 horas (-0,14 °C/min.). Tras un reposo de 2 horas más a 5 °C (equilibración), el semen fue envasado en pajillas de 0.25 ml, congelado y almacenado en vapores de nitrógeno líquido (NL₂) hasta su evaluación.

Las muestras fueron evaluadas inmediatamente después de la descongelación a 37 °C. Los parámetros evaluados fueron los siguientes: La motilidad total (MT) y progresiva (MP) mediante el sistema computarizado CASA (ISAS, Proiser; Valencia, España), la integridad de la membrana (IM) con los fluorocromos Sybr-14/PI (Live/dead® Sperm viability kit; Molecular Probes, Eugene, OR), el estado del acrosoma (NAR) con el fluorocromo FITC-PSA (Sigma, St. Luis MO) y la integridad de la membrana plasmática de la cola con el test de HOS (IMPC).

La integridad de la membrana de la cola fueron observados mediante un microscopio de contraste de fases UB203i (UOB, Shaanxi, China), los fluorocromos con un microscopio de fluorescencia CX31 (Olympus, Tokyo, Japón) y la motilidad con el mismo microscopio de contraste de fases

descrito que contiene una cámara de video digital Basler (Vision-Technology, Alemania), que graba los movimientos de los espermatozoides y los procesa el software del sistema CASA. Los resultados se analizaron con PROC ANOVA del paquete estadístico S.A.S. versión 9.3 (S.A.S. Institute, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados quedan reflejados en la Tabla 1. Todos los parámetros evaluados fueron diferentemente significativos ($P < 0.05$) entre las tres velocidades de enfriamiento, a excepción de la IA donde la velocidad de enfriamiento a -1.7 °C/min y -0.14 °C/min fueron diferentes respecto a la velocidad de -0.28 °C/min (40.7 ± 1.07 ; 43.0 ± 1.96 y 54.0 ± 1.47 , respectivamente). Los resultados encontrados en cuanto a la velocidad de enfriamiento de -0.28 °C/min. en 10 min, coinciden con los descritos por Ahmad et al., 2015 en espermatozoides de cabras. Sin embargo, difiere con los resultados obtenidos con la velocidad de enfriamiento (de 30 °C a 5 °C) rápido de -4.2 °C/min. en 10 minutos de Fernández-Santos et al., 2006 en espermatozoides epididimarios de ciervo. Esto pudo ser debido a que las muestras espermáticas epididimarias son más resistentes al choque frío que las eyaculadas (Gilmore et al., 1998), permitiendo acortar los protocolos de refrigeración diseñados para eyaculados.

Tabla 1. Efecto de diferentes velocidades de enfriamiento sobre los parámetros espermáticos a la descongelación (Mean \pm sem).

Parámetros	Velocidades de enfriamiento		
	-1.7 °C/min (10 min.)	-0.28 °C/min (1 hora)	-0.14 °C/min (2 horas)
MT	55.1 \pm 0.34 ^a	61.9 \pm 0.55 ^b	43.5 \pm 0.36 ^c
MP	27.2 \pm 0.64 ^a	36.7 \pm 0.77 ^b	32.2 \pm 0.68 ^c
IM	41.0 \pm 1.15 ^a	62.00 \pm 1.16 ^b	31.0 \pm 1.28 ^c
IA	40.7 \pm 1.07 ^a	54.0 \pm 1.47 ^b	43.0 \pm 1.96 ^a
IMC	47.0 \pm 1.15 ^a	54.0 \pm 1.35 ^b	36.0 \pm 1.24 ^c

MT: Motilidad total, MP: Motilidad progresiva, IM: Integridad de la membrana, IA: Integridad del acrosoma, IMPC: Integridad de la membrana plasmática de la cola.

^{a,b,c}Diferentes superíndices en la misma línea indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron que la mejor velocidad de enfriamiento para congelar semen de ovino Pelibuey es la de -0.28 °C/minutos.

RECONOCIMIENTOS. Trabajo financiado a través del proyecto de CIENCIA BÁSICA 164542 (CONACYT, México).

REFERENCIAS

- Agarwal A, Saleh RA, Bedaiwy MA. Role of reactive oxygen species in the pathophysiology of human reproduction. *Fertil Steril* 2003;79:829-843.
- Aitken RJ. The Amoroso Lecture. The human spermatozoon—a cell in crisis? *J Reprod Fertil* 1999;115:1-7.
- Chang MC, Walton A. The effects of low temperature and acclimatization on the respiratory activity and survival of ram spermatozoa. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 1940;129:517-527.

- Chatterjee S, Gagnon C. Production of reactive oxygen species by spermatozoa undergoing cooling, freezing, and thawing. *Mol Reprod Dev* 2001;59:451-458.
- Drobnis EZ, Clisham PR, Brazil CK, Wisner LW, Zhong CQ, Overstreet JW. Detection of altered acrosomal physiology of cryopreserved human spermatozoa after sperm residence in the female reproductive tract. *J Reprod Fertil* 1993;99:159-165.
- Fernández-Santos MR, Estes MC, Soler AJ, Montoro V, Garde JJ. Effects of egg yolk and cooling rate on the survival of refrigerated red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) epididymal spermatozoa. *Reprod Dom Anim* 2006;41: 114-118.
- Fiser, PS and RW. Fairfull. The effect of glycerol concentration and cooling velocity on cryosurvival of ram spermatozoa frozen in straws. *Cryobiology* 1984;21:542-551.
- Graham, E. F. Fundamentals of the preservation of spermatozoa. In: *The Integrity of Frozen Spermatozoa*. Proc. Conf. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. 1978, pp 4-44.
- Holt WV, North RD. Thermotropic phase transitions in the plasma membrane of ram spermatozoa. *J Reprod Fertil* 1986;78:447-457.
- Jiménez-rabadan P, García-Álvarez O, Vidal A, Maroto-Morales A, Iniesta-Cuerda M, Ramón M, del olmo E, Fernández-Santos R, Garde JJ. Effects of vitrification on ram spermatozoa using free-egg yolk extenders. *Cryobiology* 2015;71:85-90.
- Kankofer M, Kolm G, Aurich J, Aurich C. Activity of glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase and lipid peroxidation intensity in stallion semen during storage at 5 °C. *Theriogenology* 2005;63:1354-1365.
- Lermen D, Blömeke B, Browne R, Clarke A, Dyce PW, Fixemer T, Fuhr GR, Holt WV, Jewgenow K, Lloyd RE, Lotters S, Paulus M, Reid GM, Rapoport DH, Rawson D, Ringleb J, Ryder OA, Sporn G, Schmitt T, Veith M, Muller P. Cryobanking of viable biomaterials: Implementation of new strategies for conservation purposes. *Mol Ecol* 2009;18:1030-1033.
- Lopes S, Jurisicova A, Sun JG, Casper RF. Reactive oxygen species: Potential cause for DNA fragmentation in human spermatozoa. *Hum Reprod* 1998;13:896-900.
- Parinaud J, Le Lannou D, Vieitez G, Griveau JF, Milhet P, Richoilley G. Enhancement of motility by treating spermatozoa with an antioxidant solution (Sperm-Fit) following ejaculation. *Hum Reprod* 1997;12:2434-2436.
- Parks JE, Lynch DV. Lipid composition and thermotropic phase behavior of boar, bull, stallion, and rooster sperm membranes. *Cryobiology* 1992;29:255-266.
- Quinn PJ, Chow PY, White IG. Evidence that phospholipid protects ram spermatozoa from cold shock at a plasma membrane site. *J Reprod Fertil* 1980 60:403-407.

EFFECTO DE LA RAZA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN OVINOS EN PRIMAVERA/VERANO EN EL ALTIPLANO MEXICANO

H. Balderas-Femat¹, J.R. Aké-López¹, Y.M. Domínguez-Hernández², J.C. Segura-Correa¹

¹Departamento de Reproducción Animal FMVZ-CCBA-UADY. Mérida, Yuc., México. ²Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA), Universidad Nacional Autónoma de México.

* Email: alopez@uady.mx

RESUMEN

Palabras clave: Ovinos, semen, circunferencia escrotal.

Con el objetivo de comparar las características seminales en ovinos de las razas Suffolk, Dorset y Katahdin, en la época primavera/verano en el altiplano mexicano, a nueve machos adultos (Katahdin=3; Suffolk=3; Dorset=3), se les colectó el semen por vagina artificial dos veces por semana entre los meses de junio y julio; una vez obtenido el eyaculado se evaluó el: volumen seminal, motilidad masal (MM), motilidad individual (MI), concentración y anormalidades espermáticas, adicionalmente se midió la circunferencia escrotal de los machos. Los sementales Dorset presentaron el mayor volumen seminal (1.3 ± 0.4 ml; $P < 0.05$) en comparación con los machos Suffolk y Katahdin. La mayor MM (3.9 ± 0.5 puntos) y MI ($85.9 \pm 7.4\%$) se observó en los machos Katahdin y fue diferente ($P < 0.05$) de lo encontrado en los Suffolk y los Dorset. Los sementales Katahdin y Suffolk mostraron el mayor promedio en la concentración espermática (3351 ± 799.2 y $3242.8 \pm 968.7 \times 10^6/\text{ml}$, respectivamente) y los sementales Dorset el menor promedio (2049 ± 813.6 ; $p < 0.05$). En cuanto a las anormalidades espermáticas, los sementales de la raza Dorset presentaron el mayor porcentaje ($8.4 \pm 5.9\%$). Por último, la mayor circunferencia escrotal se presentó en los machos Suffolk (38 cm) y la menor en los machos Katahdin (36.1). Se concluye que la raza de los sementales tuvo efecto en las características seminales y en la circunferencia escrotal. Los machos Dorset presentaron características seminales de menor calidad.

INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos fundamentales en el examen reproductivo del macho es la evaluación de la calidad del semen, debido a su gran importancia para determinar su viabilidad y establecer ciertos parámetros del mismo, y de esta forma establecer la funcionalidad de los machos como reproductores (Gouletsou y Fthenakis, 2010), además las características seminales están asociadas a la correcta fertilización (Chenoweth, 2007), ya que algunos rasgos como la motilidad y morfología de los espermatozoides son fundamentales para su transporte y funcionalidad dentro del tracto reproductivo de la hembra, lo cual puede influir en proceso de fertilización (Saacke *et al.*, 2000). Otro aspecto importante de la evaluación reproductiva del semental, es el tamaño testicular, esto debido a que la capacidad reproductiva y fertilidad de un semental depende en gran medida de una adecuada función testicular, ya que estos deben producir constantemente grandes cantidades de espermatozoides normales, que garantice su capacidad de fertilizar a las hembras (Jimenez *et al.*, 2006).

Tanto la calidad del semen como el tamaño testicular pueden estar influenciados por distintos factores ya sean ambientales, componentes genéticos e incluso la interacción entre estos (Cardenas-Gallegos *et al.*, 2012), ya que se ha demostrado que existen diferencias raciales en cuanto a las características seminales y la circunferencia escrotal las cuales pueden ayudar a determinar el rendimiento reproductivo de los machos (Álvarez *et al.*, 2000), por lo tanto puede ser conveniente conocer dichas variaciones y de esta forma seleccionar a los animales que presenten las características adecuadas para los programas reproductivos. El objetivo del presente trabajo fue comparar las características seminales en ovinos de las razas Suffolk, Dorset y Katahdin, en la época de primavera/verano en el altiplano mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA) de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el municipio de Tequisquiapan, Querétaro (longitud norte 20° 36' 43.27", latitud este 99° 54' 54.77"). El clima es BSw (semi-seco estepario, con lluvias en verano), con temperatura promedio de 17.5° C y precipitación pluvial anual promedio de 388.42 (INAFED, 2010).

Animales

Se utilizaron 9 sementales, de las razas Katahdin (n=3), Dorset (n=3) y Suffolk (n=3), los cuales tenían una edad promedio de 2.7 ± 0.8 años, un peso corporal promedio de 101.7 ± 9.4 kg y una condición corporal de 3.5 puntos de acuerdo en la escala de Russel (1984). Los animales se seleccionaron al azar dentro del grupo de sementales del módulo de ovinos del CEIEPAA, los cuales ya habían tenido entrenamiento previo con el uso de la vagina artificial. Se encontraban estabulados en corrales con piso de cemento y techados, la alimentación fue con alfalfa henificada y contaban con sales minerales y agua a libre acceso.

Colección y evaluación de semen

Dos veces por semana (Lunes y jueves) durante siete semanas (junio y julio de 2013) se recolectó el semen mediante vagina artificial (dos eyaculados por animal por día de trabajo), posteriormente se procedió a la evaluación del semen, en donde se valoró el volumen seminal, la concentración espermática, motilidad masal e individual y morfología de los espermatozoides (Aké-López *et al.*, 2013). La circunferencia escrotal se midió al inicio y al final del trabajo, y se realizó con un testímetro (cinta métrica rígida), para ello se descendieron gentilmente los testículos al fondo del escroto se pasó la cinta métrica alrededor de ambos testículos en su parte media.

Análisis estadístico

Las variables analizadas fueron: volumen del semen, concentración, motilidad masal, motilidad individual y morfología espermática, se analizó mediante procedimientos lineales generalizados (PROC GLM), la comparación entre las medias se realizó con la prueba de Tukey, todo a través del paquete estadístico SAS. La circunferencia escrotal se presenta como promedio, y no fue analizada estadísticamente.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los promedios de las características seminales, se puede observar un mayor volumen seminal en los sementales de la raza Dorset ($p < 0.05$) en comparación con los

machos Suffolk y Katahdin ($p > 0.05$). Sin embargo, los sementales Suffolk y Katahdin, aunque presentaron diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$), fueron superiores en MM y MI a los sementales de la raza Dorset ($p < 0.05$), los cuales presentaron una diferencia de 2.8 y 43% en la MM y MI, respectivamente, con los machos Katahdin, los cuales presentaron los valores más altos en estas características.

Los sementales de las razas Katahdin y Suffolk ($p > 0.05$), mostraron mayor concentración espermática, observándose una diferencia significativa con los machos Dorset ($p < 0.05$), los cuales presentaron la menor concentración. En cuanto a las anomalías espermáticas, los sementales de la raza Dorset presentaron un 3% más de anomalías, en comparación a las razas Suffolk y Katahdin ($p < 0.05$). Por último los machos Suffolk presentaron la mayor circunferencia (38 cm), seguido por los Dorset (37 cm), mientras que los sementales Katahdin mostraron la menor circunferencia escrotal (36.1 cm).

Tabla 1. Promedio (\pm DE) de las características en las tres razas de ovinos estudiadas

Características seminales	Razas		
	Katahdin (n=43)	Suffolk (n=42)	Dorset (n=44)
Volumen (ml)	1.05 \pm 0.4 ^b	1.12 \pm 0.3 ^b	1.36 \pm 0.4 ^a
Motilidad Masal (+)	3.9 \pm 0.5 ^a	3.2 \pm 0.6 ^b	1.8 \pm 0.9 ^c
Motilidad Individual (%)	85.9 \pm 7.4 ^a	71.6 \pm 11.0 ^b	41.5 \pm 18.1 ^c
Concentración ($\times 10^6$)	3351.6 \pm 799.2 ^a	3242.8 \pm 968.7 ^a	2049 \pm 813.6 ^b
Anormalidades (%)	5.2 \pm 1.8 ^b	5.9 \pm 3.1 ^b	8.4 \pm 5.9 ^a

a, b, c literales diferentes en la misma línea, indican diferencia estadística ($p < 0.05$); n=número de eyaculados para cada raza

DISCUSIÓN

En el presente estudio los sementales Dorset presentaron mayor volumen seminal (1.36 ml), mientras que no se observaron diferencias significativas en el volumen de los machos Katahdin y Suffolk (1.05 y 1.12 ml), los volúmenes de las razas Suffolk y Dorset se encuentran dentro de los parámetros reportados para dichas razas (Boland *et al.*, 1985 y Gimenez y Rodning, 2007), mientras que el volumen seminal de la raza Katahdin es mayor al encontrado por Cárdenas *et al.* (2012) y Chi (2009) (0.60 y 0.73 ml, respectivamente); esto puede deberse a que estos trabajos se han llevado a cabo en zonas tropicales, en las cuales se presentan factores ambientales más hostiles para los animales (alta temperatura y humedad), lo cual puede repercutir en algunas características seminales, como es el caso del volumen seminal (Domínguez, 2010).

Los machos Katahdin y Suffolk presentaron una MM y MI superior a la encontrada en los Dorset, aunque los valores de MM y MI son ligeramente menores a los encontrados por algunos autores para los sementales de las razas Katahdin y Suffolk (Mandiki *et al.*, 1998; Chi, 2009), se encuentran dentro del rango aceptable para machos reproductores (Gimenez y Rodning, 2007). Por otra parte, los valores de MM y MI de la raza Dorset difieren en gran medida a los parámetros reportados por otros autores (Boland *et al.*, 1985), incluso son menores a los parámetros satisfactorios para un semental (Chi, 2009; Gimenez y Rodning, 2007); esto puede deberse a un mayor efecto de estacionalidad en esta raza, ya que se ha mencionado que en algunas razas lanares mantienen bajos parámetros en sus características seminales, principalmente en la motilidad, durante las

etapas no reproductivas, como es el caso de primavera y verano, como es el caso de este estudio que se realizó en estos meses (junio y julio).

En cuanto a la concentración espermática se observó que fue mayor en los sementales Katahdin y Suffolk ($p > 0.05$), la cual fue similar a lo reportado por otros autores para dichas razas, que es alrededor de $3000 \times 10^6/\text{ml}$ (Mandiki *et al.*, 1998; Domínguez 2010; Castro, 2012); mientras que los sementales de la raza Dorset mostraron una concentración baja, en comparación a las concentraciones mencionadas por otros autores para esta raza y otras razas lanares (Karagiannidi *et al.*, 2000; Gimenez y Rodning, 2007). Esto puede deberse a que, como se mencionó anteriormente, en algunas razas se observa un mayor efecto de estacionalidad, lo cual repercute en la calidad seminal durante épocas no reproductivas; sin embargo dicha calidad puede mejorar considerablemente durante la etapa reproductiva (Otoño), principalmente en cuanto a la concentración espermática (Zamiri *et al.*, 2010; Marti *et al.*, 2012).

En cuanto a las anomalías espermáticas, se ha demostrado que en las razas ovinas con una mayor estacionalidad, los sementales producen semen con un mayor porcentaje de espermatozoides anormales durante las épocas no reproductivas (primavera y verano) comparadas con la época reproductiva (otoño) (Mandiki *et al.*, 1998). Sin embargo, las tres razas utilizadas en el presente estudio (Katahdin, Suffolk y Dorset) presentaron bajos porcentajes de anomalías espermáticas, en relación a los estándares establecidos para los machos reproductores (Gimenez y Rodning, 2007; Chi, 2009;).

Por último, en cuanto a la circunferencia escrotal se observaron ligeras diferencia entre las tres razas, siendo los machos Suffolk los de mayor circunferencia escrotal, lo cual es similar a lo encontrado por Sanford *et al.* (2000); esto puede deberse a que esta los machos Suffolk presentan un mayor peso corporal, en comparación a las otras razas (Duran, 2008), ya que distintos autores han mencionado relación entre el peso corporal y el tamaño testicular (Mandiki *et al.*, 1998; Cárdenas-Gallegos *et al.*, 2012)

CONCLUSIONES

La raza de los sementales tuvo efecto en las características seminales. Los machos Katahdin y Suffolk presentaron los mayores valores en sus características seminales.

REFERENCIAS

- Aké López J.R., Centurión Castro F.G, Alfaro Gamboa M.G, Aké Villanueva J.R. y Aké Villanueva N.Y. (2013) Sincronización del estro e Inseminación artificial en Ovinos. Editorial: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Álvarez, M., Kaabi, M., Boixo, J.C., Anel, E., Chamorro, C.A., Martínez, S. y Anel, L. (2000). Características seminales de las razas ovinas Churra y Assaf. Reproducción XXV: Comunicación 7
- Boland M.P., Al-Kamali A.A., Crosby T.F., Haynes N.B., Howles C.M., Kelleher D.L. and Gordon I. (1985) The influence of breed, season and photoperiod on semen characteristics, testicular size, libido and plasma hormone concentrations in rams. *Animal Reproduction Science*. 9:241-252
- Cardenas-Gallegos MA, Ake-Lopez JR, Centurion-Castro F, Magaña-Monforte JG. (2012) The breed and season effects on scrotal circumference and semen characteristics of hair sheep rams under tropical conditions. *Reproduction in Domestic Animals*. 47:92a-94a.

- Castro U.R.E. (2012) Capacidad reproductiva de un macho Katahdin, con grupos de ovejas sincronizadas (Tesis de Maestría en producción ovina tropical). tesis de licenciatura. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, Mexico. P:10-16
- Chenoweth P.J. (2007) Influence of the male on embryo quality. *Theriogenology* 68:308–315
- Chi S.P.A. (2009) Evaluación de la capacidad reproductiva, libido y capacidad de servicio en cuatro razas de ovinos de pelo bajo condiciones tropicales (tesis de licenciatura). Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp: 29-34.
- Domínguez H.Y.M. (2010) Efecto de la época en un ciclo anual sobre la calidad seminal, su congelabilidad, y la concentración plasmática de testosterona en ovinos en el trópico (Tesis de Maestría). Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp: 26-28.
- Duran-Ramirez, F. (2008) Manual de explotación y reproducción en ovejas y borregos. Ed. Grupo Latino Editores. 1ª ed. Bogotá, Colombia.
- Gimenez D. and Rodning S. (2007). Reproductive management of sheep and goats. The Alabama Cooperative Extension System. Alabama A&M University and Auburn University.
- Gouletsou P.G. y Fthenakis G.C. (2010). Clinical evaluation of reproductive ability of ram. *Small Ruminant Research*. 92: 45–51
- INAFED. (2010) Enciclopedia de los municipios de Querétaro, Colón.
- Jiménez-Severiano H., M. Silva, J. Herrera. (2006) Desarrollo testicular y epididimal de corderos Blackbelly. Memorias del V Seminario de producción ovina en el trópico. 29, 30 Noviembre y 1 de Diciembre de 2006. Villahermosa, Tab. (Versión en CD).
- Karagiannidis A., Varsakeli S., Alexopoulos C. and Amarantidis I. (2000). Seasonal variation in semen characteristics of Chios and Friesian rams in Greece. *Small Ruminant Research* 37:125-130.
- Mandiki S.N.M., Derycke G., Bister J.L. and Paquay R. (1998) Influence of season and age on sexual maturation parameters of Texel, Suffolk and Ile de France rams. 1. Testicular size, semen quality and reproductive capacity. *Small Ruminant Research*. 28:67-79.
- Martí J.I., Aparicio I.M., Leal C.L.V., García-Herreros M. (2012). Seasonal dynamics of sperm morphometric subpopulations and its association with sperm quality parameters in ram ejaculates. *Theriogenology* 78: 528–541
- Russel A. (1984). Body condition scoring of sheep. In *Practice* 5:91-92
- Saacke R.G., Dalton J.C., Nadir S., Nebel R.L., Bame J.H. (2000). Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality. *Animal Reproduction Science* 60–61: 663–677
- Zamiri M.J., Khalili B., Jafaroghli M., Farshad A. (2010). Seasonal variation in seminal parameters, testicular size, and plasma testosterone concentration in Iranian Moghani rams. *Small Ruminant Research* 94: 132–136.

CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN CORDEROS DE PELO EN EL TRÓPICO HÚMEDO EVALUADOS BAJO DIFERENTES CRITERIOS DE EDAD A LA PUBERTAD

J.A. Gutiérrez González, C. Luna Palomera*, J.A. Peralta Torres, J.A. Aguilar Cabrales

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

*Email: carlos.luna@ujat.mx

RESUMEN

Palabras clave: pubertad, corderos de pelo, trópico húmedo. El objetivo del estudio fue evaluar las características seminales, morfométricas y concentraciones de testosterona a la pubertad bajo diferentes criterios en corderos Blackbelly (BB), Pelibuey (PB) y Katahdin (KT) en el trópico húmedo. Se utilizaron 22 corderos BB, 42 corderos PB y 46 corderos KT, entre 5 y 7 meses de edad. Las variables morfométricas fueron el peso, la condición corporal (CC) y la circunferencia escrotal (CE). La calidad seminal fue determinada con el volumen de eyaculado, aspecto, concentración, motilidad masal (MM), motilidad progresiva (MP), porcentaje de anomalías primarias (ANORM), porcentaje de vivos y concentración de testosterona. El semen fue colectado con electroeyaculador. Los criterios evaluados para considerar la edad pubertad fueron de acuerdo a diversos autores. Se tomó una muestra de sangre para determinar niveles de testosterona por ELISA. Bajo un diseño completamente al azar se realizó un análisis de varianza por el procedimiento GLM de SAS. No existieron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) de las características seminales entre los corderos BB, PB y KT para las variables MP, MM, células anormales y células vivas. La proporción de corderos que alcanzaron la pubertad de acuerdo a los criterios de MM, MP ANORM, % de vivos y concentración espermática $\geq 50 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$, fueron similares en las tres razas. De igual manera, las características morfométricas fueron similares ($P > 0.05$) entre corderos BB, PB y KT. De igual forma, los niveles de testosterona fueron similares. En conclusión, de acuerdo a los criterios empleados para determinar la pubertad en corderos BB, PB y KT, entre el 72 y 95% de los corderos evaluados había alcanzado la pubertad.

INTRODUCCIÓN

La pubertad es la etapa de desarrollo en la que el individuo tiene la capacidad de liberar gametos viables y, por lo tanto de reproducirse. Es un proceso dinámico gradual y progresivo que precede a la madurez sexual, ya que el individuo continúa su crecimiento y maduración hasta expresar su máximo potencial reproductivo (Valencia-Méndez *et al.*, 2005). En el caso de corderos, es una temática que poco se ha estudiado la pubertad en corderos de pelo en el trópico húmedo.

Existe una relación positiva entre la edad a la pubertad, la calidad y concentración espermática (Souza *et al.* 2000; Luna *et al.*, 2013). Se han usado varios criterios y metodologías para determinar la edad a la pubertad en corderos dentro de las que se describen la presencia de espermatozoide con movimiento progresivo uniforme en el eyaculado (Valencia, 1977), la edad en que ocurre el desprendimiento completo de adherencias prepuciales (Souza, 2000), la primera colección de semen mediante electro-eyaculación, edad con un eyaculado con concentración de 50×10^6

espermatozoides (Wheaton y Godfrey, 2003), edad con un eyaculado de con al menos 50×10^6 espermatozoides y con al menos 10% de motilidad progresiva, edad con un eyaculado con al menos 50×10^6 espermatozoides motilidad masal mínima del 10% y un máximo de 30% de espermatozoides anormales, que además el cordero sea capaz de completar al menos un servicio con una oveja en celo (Kumi-Diaka et al., 1985).

En general los ovinos llegan a su pubertad cuando alcanzan 60% de su peso corporal adulto, la pubertad también se asocia a un notable incremento en la secreción de testosterona, la espermatogénesis y conducta de apareamiento, la actividad sexual de los carneros es también estacional aunque menos marcada que en las hembras, ya que la actividad sexual de los machos no desaparece nunca, aunque en la época de días largos se observa una disminución en la producción de espermatozoides, acompañada de una baja en la libido (Galina y Valencia, 2008). El objetivo del trabajo fue evaluar los parámetros de peso vivo, circunferencia escrotal, características seminales, concentración de testosterona y la proporción de corderos Blackbelly, Pelibuey y Katahdin a la pubertad en base a diferentes criterios de evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

El trabajo se llevó a cabo septiembre a octubre del 2013 en el Centro Integrador de Ovinos del Sureste (CIOS) ubicado en la Ranchería Santa Irene, Km. 25 de la carretera Villahermosa-Teapa.

Animales y manejo.

Se incluyeron 22 corderos Blackbelly, 42 Pelibuey y 46 Katahdin seleccionados aleatoriamente en base a sus características fenotípicas de la raza, se encontraban entre 5 y 7 meses de edad. Los corderos fueron alojados en corral de piso elevado consumiendo una dieta con base en granos para engorda.

Variables medidas, colección de semen y criterios para determinar la pubertad

Se tomó una muestra de semen por electroeyaculador (Bailey, MOD2) a los corderos, independientemente de la edad. Aquellos corderos en los que no se obtuvo muestra de semen en dos intentos de colecta, se excluyeron para el análisis de calidad seminal.

Se incluyeron en el estudio los corderos en los que se obtuvo muestras de semen, para la evaluación de las siguientes variables:

1. Morfométricas: Por única vez al momento de la colecta del semen de los corderos se tomó el peso, la condición corporal (CC), y circunferencia escrotal (CE).
1. Calidad seminal: volumen de eyaculado, aspecto, concentración, motilidad masal (MM), motilidad progresiva (MP), porcentaje de anormalidades primarias (ANORM) y porcentaje de vivos.
2. Concentración de testosterona. Al momento de la colecta de semen se tomó una muestra de 5 mL de sangre por venopunción yugular, se centrifugó a 3000 RPM por 5 min para obtener el plasma, y se almacenó a -20°C hasta su análisis. Los niveles de testosterona se determinaron en el Laboratorio de Reproducción y Genética Animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT mediante ELISA, para lo cual se utilizó el kit EIA-1559 (DRG Instruments GmbH, Alemania).

La pubertad de los corderos se determinó con base a criterios reportados previamente por diversos autores, los cuales incluyeron MM, MP, porcentaje de espermatozoides anormales y concentración espermática (Valencia 1977; Kumi-Diaka *et al.*, 1985, Wheaton *et al.* 2003; Valencia-Méndez *et al.*, 2005).

Análisis estadístico

La información se analizó en primera instancia mediante estadística descriptiva. Con base en ello se determinó la proporción de corderos se evaluó que habían alcanzado la pubertad de acuerdo a los diferentes criterios mediante Chi cuadrada (PROC FREQ de SAS). Las variables relacionadas a características seminales incluyendo en el modelo el efecto de raza, la edad y su interacción mediante un análisis de varianza (PROC GLM de SAS).

RESULTADOS

En el 65% de corderos KT, 60% de corderos PB y 70% de los corderos BB se obtuvo un volumen ≥ 0.2 mL de semen. El 72% de las muestras de semen en los corderos BB, KT y PB, presentaron semen con un aspecto lechoso o cremoso. El porcentaje restante de las características mencionadas presentaron un aspecto acuoso, relacionado a una baja concentración de células espermáticas.

En la Tabla 1 se presenta el porcentaje de corderos que se observó que habían alcanzado la pubertad de acuerdo a diferentes criterios. No hubo diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los corderos BB, PB y KT para las variables MP, MM, células anormales, células vivas y concentración espermática. De igual manera los niveles de testosterona fueron similares ($P>0.05$) entre razas, aunque numéricamente se observó concentraciones mayores en corderos KT. Las características morfológicas y seminales observadas (Tabla 2) demuestran que el peso, CC y CE fueron similares ($P>0.05$) entre corderos BB, PB y KT. De igual manera, las características seminales mostraron similitudes entre corderos BB, PB y KT.

Tabla 1. Proporción de corderos que alcanzaron la pubertad de acuerdo a diversos criterios.

Características seminales	Criterios de pubertad	BB %	PB %	KT %
Motilidad progresiva	≥ 10 %	77.27	84.09	81.82
Motilidad masal	≥ 10 %	77.27	81.82	84.09
Células anormales	≤ 30 %	72.27	84.09	84.09
Células vivas	≥ 50 %	95.45	90.00	86.36
Concentración espermática	$\geq 50 \times 10^6$ mL ⁻¹	72.73	86.36	86.36

DISCUSIÓN

Es obvio que los pesos observados a la pubertad sean diferentes a otras razas en diferentes latitudes. La edad del cordero es un factor importante entre razas, donde se observa que los corderos KT son más precoces comparados con los BB. A los 7 meses de edad el peso corporal para corderos sauditas Najdi fue de 34 kg (Al-kawmani *et al.*, 2014), y en otras razas van desde 44 hasta 54 kg (Belibasaki y Kouimtzis, 2000). Las variaciones en pesos corporales, CC y CE, además de la raza, son atribuibles al medio ambiente y la nutrición.

Es importante señalar que la MM y MP en las tres razas estuvieron en promedio poco más del 50%, cuando el parámetro mínimo para considerar un cordero en pubertad es un MM y MP del 10%. De

igual manera, la concentración espermática promedio entre razas (Tabla 2) estuvo por encima de los 50×10^6 mínima establecida para considerar que los corderos habían alcanzado la pubertad, sin embargo este promedio general incluye no solo la proporción de los corderos BB, PB y KT que alcanzaron el parámetro mínimo establecido, sino también aquellos que no lo alcanzaron.

Tabla 2. Medias \pm EE de las variables de morfométricas y de características seminales en corderos BB, PB y BB púberes en trópico húmedo.

Variables	Raza del cordero			Valor de P
	BB	PB	KT	
Edad	6.55 \pm 0.10 ^b	6.42 \pm 0.07 ^{ab}	6.17 \pm 0.07 ^a	0.005
Peso (kg)	23.68 \pm 0.50	23.20 \pm 0.37	23.42 \pm 0.36	0.51
CC (1-5)	2.58 \pm 0.08	2.12 \pm 0.06	2.89 \pm 0.06	0.02
CE (cm)	24.14 \pm 0.44	24.06 \pm 0.36	24.40 \pm 0.37	0.80
Volumen (mL)	0.17 \pm 0.09	0.23 \pm 0.03	0.30 \pm 0.03	0.49
Motilidad masal (%)	57.58 \pm 11.8	58.49 \pm 4.81	64.66 \pm 4.60	0.92
Motilidad individual (%)	55.45 \pm 11.36	58.59 \pm 4.69	65.17 \pm 4.43	0.99
Concentración ($\times 10^6$)	529.92 \pm 337.88	526.54 \pm 139.49	6385.99 \pm 131.72	0.52
Mortalidad (%)	15.58 \pm 0.10	16.65 \pm 4.36	16.89 \pm 4.68	0.98
Anormales (%)	6.17 \pm 4.81	6.44 \pm 2.00	7.23 \pm 1.87	0.79
Testosterona	6.20 \pm 3.36	6.75 \pm 1.18	8.95 \pm 1.21	0.90

Los parámetros observados en este estudio para CE en PB son similares a los reportados por Valencia *et al.* (2005), quienes reportan valores de 25.86 cm para de CE, pero con un peso de 32 kg y al menos 50×10^6 espermatozoides con al menos 50% de MM y edad de alrededor de 5 meses para corderos PB sin y con estacionalidad reproductiva. Wheaton *et al.* (2003), reportan edad a la pubertad en corderos Saint Croix a las 29.2 semanas de edad. También otros autores en otras latitudes han demostrado que los carneros alcanzan la pubertad entre los seis y ocho meses de edad (Belibasaki y Kouimtzis, 2000), y recientemente a través de estudios histológicos se ha demostrado en corderos saudí Najdi la edad a la pubertad se presenta entre ocho y nueve meses.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los criterios empleados de MM, MP, células normales y células vivas y concentración espermática, entre un 72 y 95% de los corderos BB, PB y KT evaluados habían alcanzado la pubertad. Es posible considerar al menos tres criterios con la misma similitud para determinar la edad a la pubertad en corderos.

REFERENCIAS

- Al-kawmani A.A., Alfuraiji M.M., Abou-Tarboush F.M., Alodan M.A., Abul Farah M. 2014. Developmental changes in testicular interstitium in the Najdi Ram Lambs. Saudi Journal of Biological Sciences 21:133-137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.09.001>.
- Belibasaki S., Kouimtzis S. 2000. Sexual activity and body and testis growth in prepubertal ram lambs of Friesland, Chios, Karagouniki and Serres dairy sheep in Greece. Small Ruminant Research. 37: 109–113
- Galina C. y Valencia J. 2008. Reproducción de Animales Domésticos. 3ª edición, Ed. Limusa. México, D.F.

- Luna-Palomera C., Aguilar Cabrales J.A., Peralta-Torres J.A. y Velázquez Martínez J.R. 2013. Efecto del aceite de palma sobre el crecimiento y capacidad reproductiva de carneros de pelo púberes. *Archivos de Zootecnia*. 62:45-52.
- SAS. 1999. *Statistical Analysis System*.
- Kumi-Diaka J, Djang-fordjour, TK, Sekoni V.O. Ogwu. 1985. Effect of different husbandry system on the reproductive development of post-weaning ram lambs under tropical conditions *Theriogenology*. 23:583-591.
- Souza C.E.A, Moura A.A.A, de Lima A.C.B, Ciriaco, A.L.T. 2000. Desenvolvimento testicular, idade a puberdade e características seminais em carneiros da raça Santa Inês no estado do Ceará Escolta do Veterinária. Universidade Estadual do Ceará Fortaleza Brasil. Anais da 37° Reuniao Anual da Sociedade Brasileira da Zootecnia. Vicosa Mg. En www.Ovinocultura.com/br/pesquisa/pesq01.htm.
- Valencia J; Barron C. Fernandez-Baca, S. 1977. Pubertad en corderos Tabasco x Dorset. *Veterinaria México*. 8:127-130.
- Valencia-Méndez J. Trujillo-Quiroga M, Espinoza-Martínez M, Arroyo-Ledezma J., y Berruecos-Villalobos J.M. 2005. Pubertad en corderos pelibuey nacidos de ovejas con reproducción estacional o continua. *Revista Científica Facultad de Ciencias. Veterinarias. Universidad de Zulia*. 15: 437-442.
- Wheaton, R.L. Godfrey, R.W. 2003. Plasma LH, FSH, testosterone and age at puberty in ram lambs actively immunized against an inhibin – subunit peptide. *Theriogenology*. 60:933-941.

CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN CARNEROS PELIBUEY TRATADOS CON OXITOCINA EXÓGENA

Luna Aparicio J.L.¹, C. Luna Palomera^{*2}, J.M. Piña Gutiérrez², A. Mendoza González², A. Aguilar Cabrales²

¹Estudiante del Verano de la Investigación Científica AMC. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAGro, Cd. Altamirano, Guerrero. ²Profesor Investigador, División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Centro, Tabasco.
**E-mail: carlos.luna@ujat.mx*

RESUMEN

Palabras clave:

Oxitocina, Calidad seminal, Testosterona, Pelibuey.

El objetivo fue determinar el efecto de diferentes dosis de oxitocina (OT) sobre las características seminales en carneros y la concentración de testosterona. Se utilizaron 6 sementales Pelibuey bajo un diseño experimental anidado semental dentro de tratamiento para recibir en diferentes momentos, tres dosis de OT (0, 10 y 20 UI) cinco minutos antes de realizar la monta. El semen se colectó por vagina artificial y se evaluaron las variables volumen, color, motilidad masal (MM), motilidad individual (MI), porcentaje de vivos, anormalidades primarias y concentración espermática). Se tomaron muestras de sangre de la vena yugular a los -10, 0 y 30 min de la aplicación para la cuantificación de testosterona por ELISA. Los resultados no mostraron diferencias para las variables evaluadas en calidad seminal entre tratamientos. No obstante, en promedio el volumen del primer eyaculado fue estadísticamente superior ($P>0.05$) al del segundo (0.91 mL vs 0.71 mL respectivamente). Los niveles de testosterona no fueron diferentes ($P>0.05$) entre tratamientos, observándose un incremento a los 30 min con 12.8 ng mL⁻¹ aplicando 10 UI. Se concluye, que no se encontraron efectos significativos sobre las características seminales y niveles de testosterona aplicando OT exógena en dosis de 10 y 20 UI en comparación con control.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la capacidad reproductiva de un semental incluye su historia clínica, la calidad seminal, la libido y la capacidad de servicio. Entre 10 y 15 % de los sementales sexualmente activos presentan alguna disminución en su capacidad reproductiva, fertilidad cuestionable y bajo volumen seminal (Luna et al., 2013).

Se ha establecido que la oxitocina (OT) está implicada en muchas funciones reproductivas masculinas, incluyendo la esteroidogénesis y la contractibilidad del aparato reproductor (Ivell et al., 1997). Se ha demostrado que la OT regula la contractibilidad epididimal basal y estimula la liberación de espermatozoides desde el sitio de almacén en el epidídimo al momento de la eyaculación (Filippi et al., 2003). Se reporta que la aplicación de OT antes de la recolección del semen aumenta el volumen y concentración de espermatozoides en carneros, conejos, toros y búfalos (Bozfurt, 2007). Por lo tanto, es razonable que la OT esté involucrada en el tránsito de esperma, a través de los conductos del macho y puede mejorar las características del eyaculado (Palmer et al., 2004).

La testosterona (T) es secretada de las células de Leydig de los testículos, regulando el desarrollo, crecimiento, y mantenimiento de las características sexuales secundarias en los machos (Levin et al., 1998). Algunos investigadores (Sawada et al., 1998) reportan que el tratamiento con OT reduce las concentraciones mientras que otros (Gerandai et al., 1995) han reportado que esta hormona incrementa la liberación de T y otros (Sharpe et al. 1987) documentan que no las altera. Es importante conocer entonces si el uso de diferentes dosis de OT afecta el volumen y características seminales, y las concentraciones de T. El objetivo fue evaluar la aplicación de diferentes dosis OT sobre las características del eyaculado en carneros Pelibuey.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó durante el mes de julio del 2015 en el rancho “El Rodeo”, ubicado en la ranchería Víctor Fernández Manero, municipio de Jalapa, Tabasco.

Diseño experimental y colecta de muestra

Se utilizaron seis carneros Pelibuey adultos entre 2 y 4 años de edad, con un peso promedio de 65 kg y circunferencia escrotal de 32.5 cm. Mediante vagina artificial se obtuvieron dos eyaculados diarios con un total de 12 eyaculados por semental, a intervalo de dos días.

Bajo un diseño experimental anidado del tratamiento dentro del semental, en diferentes días se aplicaron tres dosis de oxitocina (OT) vía IM (0, 10 y 20 UI) 5 minutos antes de realizar la primera colecta del semen. A fin de evaluar el efecto residual de la OT en el tiempo, el segundo eyaculado se tomó 30 minutos posterior al primero. Previo a la monta se realizó un lavado prepucial con solución salina fisiológica, se permitieron tres intentos de monta para incrementar el interés de los carneros.

Variables evaluadas

Las características seminales evaluadas fueron aspecto (cremoso, lechoso y acuoso) volumen, color, motilidad masal (1-5), motilidad progresiva (0-100 %), porcentaje de espermatozoides vivos (0-100 %), porcentaje de anomalías primarias (0-100 %) y la concentración espermática por cámara de Neubauer en base a una dilución 1:400 en una solución de formalina al 0.2% y rosa de bengala al 0.5% y expresado en miles $\times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ (Andrade Rocha, 2003; Zamiri et al., 2010).

Niveles de testosterona

Para evaluar el efecto de la OT sobre las concentraciones de testosterona, se obtuvieron muestras de 3 mL de sangre por venopunción yugular a los -10, 10 y 30 minutos de la aplicación de OT. La sangre se centrifugó a 3000 RPM por 5 min para obtener el plasma, el cual se almacenó a -20°C hasta su análisis. Los niveles de testosterona se determinaron en el Laboratorio de Reproducción y Genética Animal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT mediante ELISA, para lo cual se utilizó el kit EIA-1559 (DRG Instruments GmbH, Alemania).

Análisis estadístico

Las variables cuantificadas fueron evaluadas mediante un análisis de varianza considerando los efectos fijos de tratamiento y número de eyaculado, y el efecto aleatorio de semental dentro de tratamiento mediante el Proc Mixed de SAS.

RESULTADOS

El 100% de los eyaculados presentaron aspecto cremoso sin efecto de tratamiento ($P>0.05$). Los resultados de las variables evaluadas se resumen en el Tabla 1. Las variables MM, MI, espermatozoides vivos, anomalías primarias y concentración espermática, fueron similares entre tratamientos ($P>0.05$).

Tabla 1. Características seminales de ovinos Pelibuey, tratados con diferentes niveles de Oxitocina (OT).

Variable	Aplicación de OT, (UI)			EE	Valor de p
	0	10	20		
Volumen (mL)	0.82	0.92	0.80	0.09	0.60
Motilidad Masal (1-5)	3.93	4.21	4.17	0.16	0.46
Motilidad Individual (%)	84.37	86.04	86.66	1.44	0.52
Espermatozoides vivos (%)	89.50	90.00	89.08	1.08	0.69
Anormalidades primarias (%)	1.70	1.50	1.50	0.15	0.80
Concentración ($\times 10^6 \text{ mL}^{-1}$)	221.7	217.7	194.7	165	0.47

UI= unidades internacionales

El efecto del número de eyaculado no afectó la MM, MI, % de espermatozoides vivos, anomalías primarias y concentración espermática. Al considerar el efecto el número de eyaculado se observó que el volumen del primer eyaculado fue superior ($P<0.05$) al del segundo eyaculado (0.97 mL vs. 0.71 mL).

Niveles de testosterona

No se encontraron diferencias estadísticas en los niveles de testosterona en sangre ($P>0.05$). Sin embargo, es importante notar que los niveles de testosterona fueron aumentando linealmente en el tiempo, donde los niveles más elevados se encontraron a los 30 min (Figura 1).

DISCUSIÓN

Los valores del volumen del eyaculado de los carneros se encuentran entre los rangos descritos por Gil et al., 2002. El volumen del eyaculado de los ovinos varía de 0.75 a 2 mL. Bozkurt (2006), encontró incremento del 38.45% en el volumen del eyaculado colectando 10 min posterior a la aplicación de 5 UI de OT por vía Intravenosa. Asimismo existen evidencias que la OT promueve la espermia, mejora el transporte espermático e incrementa el volumen del eyaculado (Nicholson et al., 1999), sin embargo en el presente estudio no se encontraron estos efectos entre tratamientos.

Los valores para las variables de MM, MI, espermatozoides vivos, anomalías primarias y concentración espermática, son similares a los reportados por otros autores, donde han evaluado la calidad seminal en toros y carneros tratados con OT exógena, sin diferencias entre tratamientos (Berndtson e Igboeli, 1988).

Para que se considere satisfactorio, los valores de motilidad deben estar por arriba del 70% (Córdova, et al., 2006) y la concentración espermática del eyaculado, de acuerdo la actividad sexual del macho, en un rango de $2.5 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$ (Gil et al., 2002). Walsh et al., (2001), aplicó 16 UI de OT intranasal versus sin aplicación de OT, en humanos sanos los cuales eran donadores para fertilización in vitro, sin embargo no mostraron diferencias en las características seminales de los pacientes analizados.

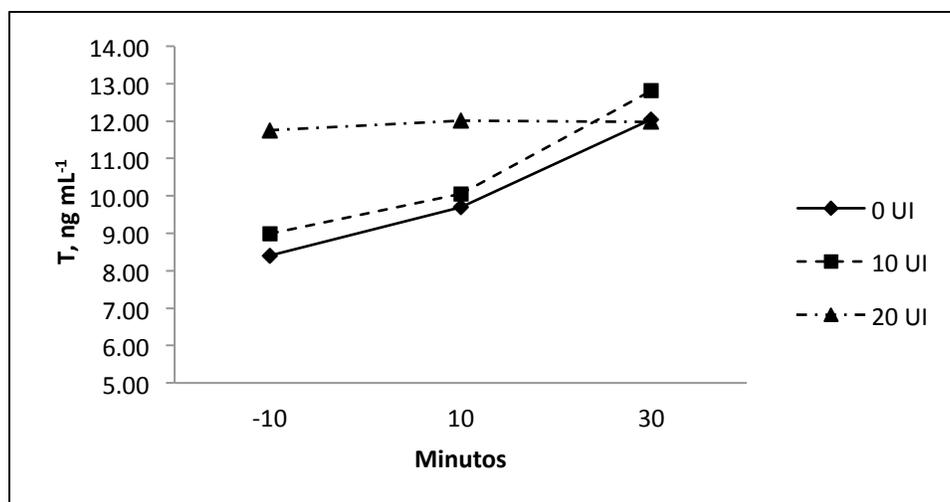


Figura 1. Concentración de testosterona (T) (ng mL⁻¹) en carneros tratados con OT exógena.

El volumen del eyaculado, se vio afectado por el número del eyaculado del primero respecto al segundo. Bozkurt (2006), observó que al realizar dos colectas a los 60 y 120 min posterior a la primera, el volumen descendía de 1.26 mL a 0.75 mL y 0.35 mL respectivamente, y estas observaciones concuerdan con las encontradas al presente estudio.

Varios trabajos (Nicholson, 1987; Inaba *et al.*, 1999; Nozdrachev *et al.*, 1994) han estudiado la relación entre OT exógena y otras hormonas. Sin embargo, los datos relativos al efecto de la OT en testosterona son controvertidos, debido a que algunos investigadores han informado que el tratamiento OT reduce la concentración de T (Inaba *et al.*, 1999), mientras que Nicholson (1987) han informado que esta hormona aumenta la liberación de testosterona. Por su parte, Nozdrachev *et al.*, (1994) han documentado que la OT no altera los niveles de testosterona en sangre. Sin embargo en el presente estudio se observó que la administración de 10 y 20 UI de OT no afectó los niveles de testosterona en sangre durante cualquier tiempo.

CONCLUSION

Se concluye que no hay evidencias de efectos significativos de la aplicación de OT sobre el volumen del eyaculado, características seminales y en las concentraciones de testosterona.

Agradecimientos

Al rancho El Rodeo por las facilidades brindadas en la realización de los proyectos de investigación en el verano de investigación del primer autor.

REFERENCIAS

- Andrade Rocha, F. T. A. 2003. Semen analysis in laboratory practice: An overview of routine tests. *J. Clin. Lab. Anal.* 17: 247–258.
- Berndtson W, E y Igboeli G. 1998. Spermatogenesis, sperm output and seminal quality of Holstein bulls electroejaculated after administration of oxytocin. *J Reprod. Fert.* 82:467-475.
- Bozfurt T., Gaffari T., Seyfettin G. 2007. Effects of Exogenous Oxytocin on Serologic and Seminal Steroids and Semen Characteristics in Rams. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 31(5): 303-309.
- Córdova I, A. O Saltijeras, J. M Muñoz, R. J Córdova, S. J Córdova, A. Y Guerrero L, E. 2006. Efecto del método de obtención del semen ovino sobre la calidad espermática. *REDVET.* 7:1-4.

- Filippi S, Vignozzi L, Vannelli GB, Ledda F, Forti G y Maggi M. 2003. Role of oxytocin in the ejaculatory process. *J. Endocrinol. Invest.* 26:82-86.
- Gerendai, I., Csernus, V.: Effect of intratesticular administration of oxytocin on testicular steroidogenesis in immature rams. *Andrologia*, 1995; 27: 291-297.
- Gil J. et al., 2002. Influence of centrifugation or low extension rates prefreezing on the fertility of ram semen after cervical insemination. *Theriogenol.* 57: 1781-1792.
- Inaba, T., Nakayama, Y., Tani, H., Tamada, H., Kawate, N., Sawada, T. 1999. Oxytocin gene expression and action in goat testis. *Theriogenol.* 52: 425-434.
- Ivell, R., Balvers, M., Rust, W., Bathgate, R., Einspanier, A. 1997. Oxytocin and male reproductive function. *Adv. Exp. Med. Biol.* 424: 253-264.
- Levin, R.J.: Sex and the human female reproductive tract-what really happens during and after coitus? *Int. J. Impot. Res.*, 1998; 10 (Suppl. 1): 14-21.
- Luna-Palomera, C.; Aguilar Cabrales, J. A.; Peralta-Torres, J. A. y Velázquez Martínez, J.R. 2013. Efecto del aceite de palma sobre el crecimiento y capacidad reproductiva de carneros de pelo púberes. *Archivos de Zootecnia* 62:45-52.
- Nicholson, H., Parkinson, T., Lapwood, K. 1999. Effects of oxytocin and vasopressin on sperm transport from the cauda epididymis in sheep. *J. Reprod. Fertil.* 117: 299-305.
- Nozdrachev, A.D., Kovalenk, R.I., Chernysheva, M.P., Semenova, E.P. 1994. The effect of the intraventricular administration of oxytocin on the functional activity of the epiphysis, adrenals and gonads and on the behavior of rats. *Fiziol. Zh. I. I.M. Sechenova.* 80: 88-97.
- Palmer, C.W., Amundson, S.D., Brito, L.F.C., Waldner, C.L., Barth, A.D. 2004. Use of oxytocin and cloprostenol to facilitate semen collection by electroejaculation or transrectal massage in bulls. *Anim. Reprod. Sci.*, 2004; 80: 213-223.
- Sawada, T., Uemura, K., Tamada, H., Inaba, T., Mori, J.: Effects of oxytocin and prostaglandin F₂ α on androgen production of adult rat testis in vivo. *Prostagland. Other Lipid Mediat.*, 1998; 55: 121-126.
- Sharpe, R.M., Cooper, I.: Comparison of the effects on purified Leydig cells of four hormones (oxytocin, vasopressin, opiates and LHRH) with suggested paracrine roles in the testis. *J. Endocrinol.*, 1987; 113: 89-96.
- Walch, K., Eder, R., Schindler, A., Feichtinger, W. 2001. The effect of single-dose oxytocin application on time to ejaculation and seminal parameters in men. *J. Assist. Reprod. Genet.* 18: 655-659.
- Zamiri, M. J., Khalili, B., Jafaroghli, M. and Farshad, A. 2010. Seasonal variation in seminal parameters, testicular size, and plasma testosterone concentration in Iranian Moghani rams. *S. Rum. Res.* 94: 2-136.

INTERVALO ENTRE PARTOS, PROLIFICIDAD Y SOBREVIVENCIA PREDESTETE EN OVEJAS DE PELO EN UN SISTEMA SEMI-INTENSIVO EN EL TRÓPICO

JG Magaña Monforte*, JR Aké López, JC Segura Correa, FG Centurión Castro

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.

*Email: jmagana@uady.mx

RESUMEN

Palabras clave: ovejas de pelo, destete, sobrevivencia. El objetivo del estudio fue evaluar el desempeño de ovejas Pelibuey (P), Dorper (D) y Katahdin (K) como razas puras y las cruzas KxP, DxP y DxK. Las variables estudiadas fueron el intervalo entre partos (IEP), tamaño de la camada al nacer (TC) y la sobrevivencia predestete (SOB). La información se analizó utilizando modelos lineales generales con efectos fijos de GR (grupo racial de la oveja), AP (año de parto), EP (época de parto) y NP (número de parto). Los promedios y desviación estándar fueron 254.4±69.1 d, 1.4±0.47 corderos y 0.90±0.25 sobrevivientes, respectivamente. Para IEP todos los factores resultaron significativos ($P<0.05$), así como para el TCD, excepto AP. Para SOB únicamente NP resultó significativo ($p<0.05$). El IEP fue menor para D seguidas de P y K ($P<0.05$) y el desempeño de las cruzas fue similar a P. Las ovejas P y DK tuvieron el mayor TC en comparación a los demás GR ($P<0.05$). La sobrevivencia fluctuó entre 0.86 a 0.91 y a pesar de no existir diferencias entre los GR la diferencia entre P y K fue ($P<0.06$). El mejoramiento a través de la introducción de otras razas de pelo tanto como raza pura o sus cruzas no supera a la oveja Pelibuey, aunque se requieren de más estudios al respecto.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la producción de destetes es uno de los sistemas más importantes de la industria ovina del trópico mexicano (Hinojosa-Cuellar *et al.* 2013). Bajo esas condiciones las razas Pelibuey y Blackbelly son las más utilizadas por su rusticidad, adaptación y fertilidad durante el año (Segura *et al.* 1996; Macías-Cruz *et al.* 2009). Sin embargo, sus niveles de producción son bajos comparados con las razas de clima templado (Notter, 2000). Durante los últimos años se han introducido razas de pelo mejoradas para producción de carne como Dorper y Katahdin, muchos productores de ovinos Pelibuey y Blackbelly han iniciado cruzamientos de sus ovejas con sementales de esas razas con el propósito de aumentar las ganancias de peso y consecuentes pesos al destete y a la venta de sus corderos, así como mejor habilidad materna y fertilidad cuando se usan las ovejas cruzadas. Si bien, esto se ha logrado en cierta medida (Osorio y Montaldo, 2008; Hinojosa-Cuellar *et al.*, 2009; 2013), estos grupos raciales no han sido evaluadas en México (De Lucas y Rabiza, 2003), a pesar de ser una opción para el mejoramiento de los rebaños comerciales (Berumen *et al.*, 2005). Por lo tanto, debido a su importancia el presente estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño reproductivo, tamaño de la camada al nacer y la mortalidad predestete de ovejas de razas de pelo bajo condiciones comerciales en un rebaño del sureste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en una unidad de producción ovina productora de destetes y que cría sus reemplazos hembra localizado en el estado de Yucatán, México. El clima de la región es del tipo

cálido sub-húmedo, con lluvias en verano (Aw0). Con una temperatura media anual de 25.5°C y precipitación pluvial media anual de 697 mm.

Las ovejas se manejan bajo pastoreo de praderas de pasto Brizantha (*Bracharia brizantha*) con riego y suplementación mineral. Las razas utilizadas Pelibuey, Katahdin, Dorper y las cruizas entre ellas. Con relación al manejo general, una semana antes del parto las ovejas se manejan en praderas cercanas a los corrales para asistir el parto en caso necesario. Una semana después del parto, las borregas se trasladan con sus respectivas crías a los corrales de maternidad y ahí permanecen hasta el destete aproximadamente 60 días. A las hembras próximas a parir se les ofrece 200 g de un alimento comercial y pasto Taiwán picado. Las hembras lactantes reciben 500 g del alimento comercial por día, mientras que el pasto picado se les ofrece hasta la cuarta semana a partir del cual es reemplazado por horas de pastoreo de 8am a 12pm y luego ingresan nuevamente al corral correspondiente.

A los corderos se les ofrece *ad libitum* un pre iniciador y a partir de los 28 días de edad hasta su destete, se realiza amamantamiento restringido dejando mamar a los corderos dos horas en la mañana (6-8am) y dos horas en la tarde (2-4pm), mientras que el resto del tiempo permanecen encerrados con acceso al pre iniciador.

La base de datos estuvo conformado por: identificación de la borrega, grupo racial o raza de la borrega, numero de parto (NP), época (EP) y año de parto (AP), tamaño de la camada al nacer (TCN) y al destete (TCD). Por diferencia entre TCD y TCN se estimó la tasa de sobrevivencia predestete. Los grupos raciales estudiados fueron Pelibuey (P), Dorper (D), Katahdin (K) y las cruizas DxP, KxP y DxK. Los años fueron 2008, 2009 y 2010. Para el caso de la EP se consideraron los intervalos: enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre.

Para la comparación de grupos raciales, se empleó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2002) utilizando modelos lineales generales con efectos fijos del grupo racial de la oveja, año, época y número de parto de la oveja. Los primeros análisis efectuados incluyeron algunas interacciones de primer orden considerados como relevantes entre el grupo racial y los otros factores ambientales, sin embargo se eliminaron del modelo final ya que no resultaron significativos ($P > 0.10$). La comparación de medias se realizó siguiendo los procedimientos de PDIFF del paquete estadístico SAS (2002).

RESULTADOS Y DISCUSION

La media y desviación estándar del IEP fue de 254.4 ± 69.1 días. Se encontraron efectos significativos de todos los factores incluidos en el modelo. Con relación al GR el mayor IEP correspondió a las ovejas K seguidas por P y D (273.13, 261.6 y 243.94 días respectivamente (Tabla 1, $P < 0.0005$). Las ovejas cruzadas tuvieron valores similares a las ovejas Pelibuey ($P > 0.05$). La diferencia en el IEP puede ser atribuido a que la raza K tiene ciertas desventajas de adaptación al medio con respecto a los otros genotipos, adicionalmente las ovejas cruzadas de alguna manera pudieran verse favorecidas por los efectos de heterosis general, aunque con la información utilizada en el presente trabajo esta no fue posible de cuantificar. Los datos de IEP para la hembra P son mejores que lo reportado en Venezuela (268.8 ± 72.5), por Dickson *et al.* (2004), en Veracruz (274 ± 84) por González-Garduño *et al.* (2001) y en Campeche (296 ± 17.9) por Macedo y Castellanos (2004). En un estudio realizado por Vergara *et al.* (2006) presentan TC para P y K de 1.41 ± 0.02 y

1.43 \pm 0.03, respectivamente, los cuales son ligeramente superiores a los obtenidos en el presente trabajo, además de que en el presente estudio esos genotipos fueron estadísticamente similares.

Finalmente, con respecto a la sobrevivencia no existieron diferencias significativas entre los GR evaluados aunque con una tendencia a que las ovejas Pelibuey registraron una mayor tasa de sobrevivencia en comparación a los demás GR evaluados ($P=0.06$). Nava-López *et al.* (2006) bajo condiciones tropicales reportaron porcentajes de mortalidad entre 1.5 y 15.2 que equivalen a tasas de sobrevivencia del 98.5 y 84.8, respectivamente. Osorio-Ávalos *et al.* (2012) bajo condiciones de confinamiento en zonas templadas reportaron porcentajes de sobrevivencia de 84% para Dorper y las razas de pelo Pelibuey y Blackbelly. Para la raza P se han reportado tasa de sobrevivencia menores a 85% (Galina *et al.* 1996; Segura *et al.* 1996) y González-Garduño *et al.* 2010 bajo un sistema de partos acelerados (tres partos por oveja en dos años) reportaron sobrevivencia entre 0.88 a 0.94, mismos que son similares a lo obtenido en el presente estudio.

Tabla 1. Medias de cuadrados mínimos (M) y error estándar (EE) para el intervalo entre partos (IEP), tamaño de la camada al destete (TCD) y sobrevivencia de los grupos raciales (GR) evaluados.

Factor	N	IEP	N	TC	SOB
		M \pm EE		M \pm EE	M \pm EE
GR		P<0.0005		P<0.03	NS
Pelibuey (P)	582	261.60 \pm 3.4 ^b	896	1.40 \pm 0.02 ^a	0.91 \pm 0.01
Katahdin (K)	426	273.13 \pm 3.5 ^a	642	1.35 \pm 0.02 ^{ab}	0.88 \pm 0.01
Dorper (D)	113	243.94 \pm 6.7 ^c	157	1.37 \pm 0.04 ^{ab}	0.86 \pm 0.02
K \times P	412	262.19 \pm 3.7 ^b	665	1.33 \pm 0.02 ^b	0.90 \pm 0.0
D \times P	149	260.53 \pm 5.7 ^b	217	1.36 \pm 0.03 ^{ab}	0.90 \pm 0.02
D \times K	199	252.16 \pm 5.23 ^{bc}	300	1.40 \pm 0.03 ^a	0.90 \pm 0.01

a,b,c=valores con diferente literal son estadísticamente diferentes al 5%.

CONCLUSIÓN

Bajo el sistema de manejo de la unidad de producción estudiada, tanto las razas de borregas Pelibuey como las introducidas presentaron un buen comportamiento. Siendo los grupos raciales sobresalientes para IEP la D y P; para TC la P y la cruce DxK, y para la sobrevivencia todos los GR evaluados fueron similares y con valores mayores a otros estudios en México. Se sugiere realizar más estudios para la evaluación de las razas de pelo utilizadas en las regiones tropicales de México.

REFERENCIAS

- Berumen, A.C.; Mayo, E.S.; Morales, J.C.; Vera, G. (2005). Análisis preliminar de la utilización de razas pesadas de ovinos en cruces terminales para producción de carne en el estado de Tabasco. Memorias del IV seminario de producción de ovinos en el trópico. Tabasco, México.
- De Lucas, T.J.; Rabiza A. (2003). Sistemas de apareamiento e inseminación artificial en ovinos. Editores Mexicanos Unidos. México.
- Dickson, L.; Torres, H.G.; Aubeterre, R.D.; Garcia, O. (2004). Factores que influyen en el intervalo entre partos y la prolificidad de un hato de carneros Pelibuey en Venezuela. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 38:13-17.
- González-Garduño, R.; Torres-Hernández, G.; Becerril-Pérez, C.M.; Díaz-Rivera, P. (2001). Relación del color del pelaje y factores ambientales con características reproductivas en ovejas tropicales. Agrociencia 35: 41-50.

- González-Garduño, R.; Torres-Hernández, G.; Arece-García J. (2010). Comportamiento reproductivo y productivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas en tres épocas de empadre al año. *Zootecnia Tropical* 28(1):51-56.
- Macedo R. y Castellanos Y. (2004). Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovina en el trópico. *Avances de Investigación Agropecuaria* 8(3):1-9.
- Nava-López V.M; Oliva-Hernández J; Hinojosa-Cuéllar J.A. (2006). Mortalidad de ovinos de pelo en tres épocas en un rebaño comercial en la Chontalpa. Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 22(2):119-129.
- Hinojosa-Cuellar J.A.; Regalado-Arrazola F.M.; Oliva-Hernández, J. (2009). Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Katahdin y sus cruces en el sureste de México. *Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias LUZ*; XIX: 522-532.
- Hinojosa-Cuellar J.A.; Oliva-Hernández, J; Torres-Hernández G; Segura-Correa J.C. (2013). Comportamiento productivo de ovinos de pelo F1 P x B y sus crices con Dorper y Katadhinen un sistema de producción de destetes en el trópico subh+umedo de México. *Archivos de Medicina Veterinaria* 45(2):135-143.
- Macías-Cruz, V., Álvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderón, A., Molina-Ramírez, L., González-Reyna, A., Soto-Navarro, S., Avendaño-Reyes, L., 2009. Pelibuey ewe productivity and subsequent pre-weaning lamb performance using hair sheep breeds under confinement system. *J. Appl. Anim. Res.* 36:255–260.
- Noter D.R. (2000). Potential of hair sheep in the United States. *Journal of Animal Science* 1999. Available: <https://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0907.pdf>. Accessed July 18, 2015.
- Osorio, A.J.; Montaldo, V.H. (2008). Efectos de raza paterna sobre el crecimiento y supervivencia al destete en corderos. *Memorias del XIV Congreso Nacional de Producción Ovina*; 2008 septiembre 11-12; Tuxtla Gutiérrez (Chiapas) México. México (DF): Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, AC, 2008: 1-5.
- Osorio-Ávalos, J; Montaldo H.H; Valencia-Pozadas M; Castillo-Juárez H; Ulloa-Arviso R.(2012). Breed and breed x environmental interactions effects for growth traits and survival rate from birth to weaning in crossbred lambs. *Journal of Animal Science* 90:4239-4247.
- SAS. (2002). *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Institute, Cary, North Caroline. USA.
- Segura, J.C.; Sarmiento, L.; Rojas, O. (1996). Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes in México under extensive management. *Small Ruminant Res* 21:57-62.
- Vergara, V.I; De lucas, T.J.; Pérez, R.M.A.; Arbiza, A.S. (2006). Evaluación productiva de ovejas Pelibuey, Blackbelly, Katahdin y Dorper cruzadas con sementales Katahdin y Dorper en una explotación intensiva de México. *Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Autónoma de México*.

ACTIVIDAD OVÁRICA DE CORDERAS PREPUBERES F1 KATAHDÍN X PELIBUEY ALIMENTADAS CON DIETAS INCLUYENDO ALFALFA (*Medicago sativa*).

R. Alcaraz Romero^{1*}; J. G. Cantón Castillo¹; J. Quintal Franco¹; A. Domínguez Rebolledo¹; J. Ramón Ugalde².

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá. Km 25 antigua carr. Mérida-Motul. Mérida Yuc., México. ²Instituto Tecnológico de Conkal. Centro de Selección y Reproducción Ovina (CeSyRO), Antigua Carretera Mérida-Motul km 16.3, C.P. 97345, Conkal, Yucatán. México.

RESUMEN

Palabras clave:
población folicular,
primera ovulación,
ganancia de peso.

Se evaluó el efecto de dietas, sobre el inicio de la actividad ovárica a 21 corderas Katahdín x Pelibuey, con edad y peso de 60 ± 5 días y 12.5 ± 2.3 kg respectivamente. Las corderas, se distribuyeron aleatoriamente en dos tratamientos de dieta: Con alfalfa= 23% de forraje de alfalfa ($n=11$ corderas) y sin alfalfa= 100% de granos ($n=10$ corderas). Las corderas se alimentaron a libertad, previa adaptación a las dietas (14 días) y se pesaron cada 14 días durante 90 días. Al finalizar la prueba, para evaluar rendimiento de canal, las corderas se sacrificaron y se midió la grasa dorsal, se realizó un conteo de población folicular ovárica y se clasificaron con base a su diámetro; Pequeños (≥ 1 -<3 mm), Medianos (≥ 3 -<4 mm), Grandes (>4mm) y totales. Se registró el número y tipo de estructuras lúteas (cuerpo hemorrágico, lúteo o albicans), para determinar la primera ovulación y tasa a la primera ovulación (TO). Las variables de respuesta fueron: ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP), grosor de la grasa dorsal (GGD), población folicular y TO. Los datos de las estructuras lúteas, fueron analizados mediante la prueba de X^2 . Para las demás variables, se analizaron empleando un modelo lineal (GLM) y prueba de Tukey para la comparación de medias, a través del paquete estadístico SAS. No se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$), para GDP, GTP y GGD. Las corderas de ambos tratamientos, ya manifestaban actividad ovárica cíclica ($P > 0.05$). El tipo de dieta, no afectan al número y tamaño folicular de las corderas ($P > 0.05$). La proporción de corderas que tuvieron por lo menos una ovulación, fue mayor ($P < 0.05$) en las que consumieron dietas sin alfalfa (75.0%), que las que consumieron alfalfa (62.5%). Las corderas alimentadas sin alfalfa tuvieron mayor TO (1.67 ± 0.16), que las corderas que fueron alimentadas con dietas con alfalfa (1.24 ± 0.22).

INTRODUCCIÓN

La nutrición y la reproducción generalmente se encuentran estrechamente vinculadas, debido a que en gran medida, el éxito reproductivo de los ovinos depende de su estado nutricional. A lo largo de los años se ha estudiado el efecto de esta asociación, mediante la alteración de las dietas de diversas maneras con el fin de observar los cambios resultantes en los parámetros reproductivos de los animales, así como el tiempo en que éstos alcanzan la pubertad.

El régimen alimenticio de explotaciones intensivas de producción ovina, incluyen el uso de dietas balanceadas para alimentar corderas bajo condiciones de estabulación, observándose un efecto positivo en el sistema al reducir el tiempo en que éstas son finalizadas para el mercado o en su caso incorporarlas al rebaño de pie de cría a menor edad y/o con un mayor peso vivo, lo cual resulta una opción viable, debido a que permite aprovechar el potencial de crecimiento y desarrollo reproductivo de los animales (Bustamante, 2002; Macedo y Arredondo, 2008 y Pascual-Córdova *et al.*, 2009). Lo anterior, indica que existe una estrecha relación entre la disponibilidad de energía del alimento y la actividad ovárica de las corderas (Dervishi, *et al* 2012). Sin embargo, existen pocas evidencias sobre el potencial productivo e inicio de la actividad ovárica en corderas cruzadas Katahdín con Pelibuey (KTxPB) alimentadas con dietas altas energía. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de dietas a base de granos de cereales y forraje de alfalfa, sobre el inicio de la actividad ovárica en corderas F1 hijas de padre Katahdín y madre Pelibuey, bajo condiciones del trópico mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se desarrolló en el Campo Experimental Mocochoá-INIFAP, ubicado en el municipio de Mocochoá, Yucatán, México (21 06' de latitud Norte y 89 27' de longitud Oeste) situado en la zona centro del estado de Yucatán, México. El clima de la región se clasifica como tropical subhúmedo, correspondiente al tipo Aw0 (16). Se encuentra a 7-8 metros sobre el nivel del mar, la temperatura promedio anual oscila entre 25 y 28 0 C; la humedad relativa media anual es de alrededor de 75-80% y la precipitación pluvial anual promedio es de 900 mm, distribuyéndose principalmente entre los meses de junio a octubre (INEGI, 1993).

Animales

Se utilizaron 21 corderas hijas de padre Katahdín y madre Pelibuey, con edades promedio de 60 ± 5 días y peso promedio de 12.5 ± 2.3 kg al destete, desparasitadas internamente y vacunadas contra *Pasteurella Hemolitica*. Las corderas, se distribuyeron mediante un diseño completamente al azar (Montgomery, 2004), a dos tratamientos que consistieron en: 1) dieta con 23% de forraje de alfalfa (n=11) y 2) dieta testigo, sin alfalfa (n=10), ambas dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas (Tabla 1). Cada repetición consistió en un animal instalado en una corraleta, provista de área de sombra, bebedero y comedero. Las corderas se alimentaron a libertad y recibieron una mezcla de minerales a libre consumo, asimismo, tuvieron un período de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días y, se pesaron previo ayuno de 16 h cada 14 días hasta el final del período de mediciones, el cual tuvo una duración de 90 días.

Medición de actividad ovárica

Al finalizar la prueba todas las corderas se sacrificaron, previo ayuno de 16 h, de acuerdo a la norma oficial mexicana establecida para el sacrificio y faenado de animales (NOM-194-SSA1-2004). Para determinar la calidad de la canal de las corderas se determinó la grasa de cobertura (grasa dorsal), mediante un corte acanalado entre la 12^a y 13^a costilla y utilizando una regla de metal milimétrica. Después de retirar de la canal los órganos de la cavidad torácica y el contenido de la cavidad abdominal, se colectaron los ovarios, se identificaron y conservaron bajo refrigeración una temperatura de 4 °C durante 24 horas. Posteriormente, se realizó un conteo de población de folículos con base a su diámetro; Pequeños (≥ 1 -<3 mm), Medianos (≥ 3 -<4 mm), Grandes (>4mm) y el total de la población, así mismo se registraron en número de estructuras lúteas encontradas.

Tabla 1. Composición de las dietas (% BS).

Ingredientes	Con Alfalfa	Sin Alfalfa
Heno de Alfalfa	23.000	---
Sorgo molido	46.620	48.240
Canola	10.115	11.000
Salvado de trigo	5.000	12.000
Cascarilla de soya	5.000	14.000
Melaza de caña	5.000	5.000
Pasta de soya	---	3.850
Carbonato de Calcio	1.925	2.800
Aditivos nutricionales	0.840	0.840
Sal común	0.800	0.800
Urea	0.800	0.800
Bicarbonato de sodio	0.400	0.400
Sulfato de amonio	0.150	0.150
Minerales traza	0.284	0.437
Vitaminas ADE	0.066	0.060
Composición química		
Materia Seca (%)	90.40	89.84
Proteína Cruda (%)	16.00	16.00
EM (Mcal/kg DM) ^a	2.700	2.700

^a Estimado con base al NRC (1985).

Análisis estadístico

Las variables de respuesta consideradas fueron: Grasa dorsal, ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP), población folicular total, según su tamaño anteriormente especificado, edad a la primera ovulación (días) mediante la visualización de alguna estructura lútea en la superficie del ovario y/o a través de la observación de un cuerpo albicans. En su caso, se determinó también el índice de tasa ovulatoria (número de estructuras lúteas encontradas en su primer ovulación). Para determinar el porcentaje de corderas que ovularon y la proporción del tipo de estructuras lúteas (cuerpo hemorrágico, lúteo o albicans), la información se analizó mediante la prueba de X^2 , utilizándose como variables binomiales y jerárquicas respectivamente. Para las demás variables, se utilizó un diseño completamente al azar, considerando como fuente de variación el efecto del tipo de dieta, la comparación entre las medias se realizó utilizando la prueba de Tukey a través de los procedimientos del SAS (SAS Inst. Inc., 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las características del desarrollo de las corderas no se encontraron diferencias entre dietas ($P > 0.05$) para él, peso inicia y final, así como para, la ganancia diaria de peso, ganancia total de peso, grosor de grasa dorsal y duración del tiempo en la engorda de las corderas (Tabla 2). Lo anterior puede ser debido a que las dietas tuvieron el mismo valor nutricional, toda vez que fueron isoenergéticas e isonitrogenadas, lo cual no permitió observar cambios en las variables relacionadas con las tasas de crecimiento o composición de la canal.

Tabla 2. Efecto de la dieta sobre las características de desarrollo de las corderas Katahdin x Pelibuey.

Dieta	Grasa Dorsal (mm)	Peso Kg			Duración Engorda (días)	
		Inicial	Final	Ganancia Diaria		Ganancia total
Con Alfalfa	0.344±0	14.45±1.0	38.74±1.0	0.167±0.0	24.29±0.84	146.5±4.4
Sin Alfalfa	0.355±0	12.56±0.9	37.91±0.9	0.177±0.0	25.35±0.77	145.3±4.0

En cuanto a los folículos ováricos, se encontró que todas las corderas de ambos tratamientos, ya manifestaban una actividad ovárica cíclica; estadísticamente no se encontró diferencia por efecto de la dieta ($P>0.05$) tanto en la población folicular total como por tamaño de los folículos (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la dieta sobre la actividad ovárica de las corderas Katahdin x Pelibuey.

Dieta	Población Folicular Ovárica			
	Pequeños ($\geq 1 - < 3$ mm)	Medianos ($\geq 3 - < 4$ mm)	Grandes > 4 mm	Total N
Con Alfalfa	6.0±1.5	3.3±0.7	1.7±0.5	11.0±1.9
Sin Alfalfa	5.7±1.4	3.8±0.6	2.4±0.5	11.9±1.7

En la Tabla 4 se muestra el porcentaje de ovejas que ovularon en cada tratamiento y tasa en su primera ovulación en las corderas. Se pudo observar que un mayor número ($P < 0.05$) de corderas que consumieron la dieta sin alfalfa tuvieron por lo menos una ovulación durante el período de estudio (75.00 vs 62.50 % para las corderas consumiendo la dieta sin alfalfa y con alfalfa, respectivamente).

Tabla 4. Efecto de la dieta sobre las características observadas en la primera ovulación de corderas prepúberes Katahdin x Pelibuey.

Dieta	Tasa Ovulatoria (n)	Corderas que ovularon %*	Tipo de estructura lútea (%)*		
			Hemorrágico	Lúteo	Albicans
Con Alfalfa	1.24±0.22 ^a	62.50 ^a	25.0 ^a	50.0 ^a	25.0 ^a
Sin Alfalfa	1.67±0.16 ^b	75.00 ^b	25.0 ^a	37.5 ^b	37.5 ^b

*= χ^2 ($P < 0.005$); literales diferentes en la misma columna, indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

En tanto que para la tasa a la primera ovulación las corderas alimentada sin alfalfa en la dieta tuvieron una tasa ovulatoria más alta (1.67±0.16), que las corderas que fueron alimentada con dietas a base de alfalfa (1.24±0.22). El efecto positivo de la dieta basada en granos sobre el número de corderas que ovularon durante la prueba, comparado con aquellas consumiendo dietas que incluyeron un 23% de forraje de alfalfa, puede atribuirse al contenido de soya de la dieta y la composición de ácidos grasos en la misma. Se ha demostrado que la inclusión de aceite vegetal rico en ácidos grasos poliinsaturados en la dieta de ovejas, tiene un efecto positivo sobre la actividad ovárica (Herrera-Camacho *et al.*, 2008; Argüello y Rocha. 2011). La dieta que incluyó alfalfa, al carecer de pasta de soya contiene un menor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, lo cual, puede explicar el menor porcentaje de ovejas con ovulaciones, así como la menor tasa en la primera ovulación.

CONCLUSIÓN

La inclusión de hasta un 23% de forraje de alfalfa en la dieta de corderas Katahdin x Pelibuey en crecimiento, no afecta la ganancia diaria y total de peso, así como tampoco el grosor de la grasa dorsal. El consumo de dietas de alimento concentradas con 100% de granos o de dietas basadas en concentrados y forraje de alfalfa, no afectan la dinámica folicular ovárica ya sea por tamaño de los folículos o por población folicular total en corderas prepúberes. Las corderas que fueron alimentadas con dietas basada al 100% de concentrado de granos presentaron un mayor porcentaje de ovulaciones y alcanzan una tasa ovulatoria más alta que las corderas que fueron alimentadas con dietas basadas en concentrados y forraje de alfalfa.

REFERENCIAS

- Argüello R. G. y Rocha Y. L. 2011. *Efecto de la Suplementación con Fruto de Palma sobre las Hormonas Gonadotrópicas (LH y FSH) en Ovejas Pelibuey*. Revista CITECSA. Volumen 2, Numero 2, Julio 2011. Barranca Bermeja-Colombia.
- Bustamante JJ. 2002. Crecimiento y finalización de corderos con dietas a base de granos. Campo Experimental "El Verdineño". Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Folleto Científico 1, Nayarit, México.
- Dervishi, E. M. Joy, J. Alvarez-Rodriguez, M. Serrano and J. H. Calvo. 2012. The forage type (grazing versus hay pasture) fed to ewes and the lamb sex affect fatty acid profile and lipogenic gene expression in the longissimus muscle of suckling lambs. *J ANIM SCI* 90:54-66.
- Herrera-Camacho, José; Aké-López, J. Ricardo; Ku-Vera, Juan Carlos; Williams, Gary L.; Quintal-Franco, Jorge Alfredo. (2008). Respuesta ovulatoria, estado de desarrollo y calidad de embriones de ovejas Pelibuey superovuladas suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados. *Técnica Pecuaria en México*, abril-junio, 107-117.
- INEGI. Monografía del estado de Yucatán. Mérida: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Yucatán, Secretaria de Planeación; 1993.
- Macedo R, Arredondo V. 2008. Efecto del Sexo, Tipo de Nacimiento y Lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo. *Arch Zootec* 57, 2019-228.
- Montgomery DC. 2004. Diseños y Análisis de Experimentos. 2ª ed. Edit. Limusa, México. 686 p.
- NOM 194-SSA1-2004. Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Economía.
- Pascual-Córdova A; Oliva-Hernández J; Hernández-Sánchez D; Torres-Hernández G; Suarez-Oporta ME; Hinojosa-Cuellar JA. 2009. Crecimiento Posdestete Y Eficiencia Reproductiva de Corderas Pelibuey con un Sistema de alimentación Intensiva. *Arch Med Vet* 41, 205-213 (2009).
- S.A.S. Institute Inc. 2003. SAS/STAT user's Guide. Version 6. Fourth Edition. Vol. 1. Carry, NC. SAS Institute Inc. 943 p.

PERSISTENCIA EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE BORREGAS DORSET, KATAHDIN Y HAMPSHIRE EN EL CENTRO DE MÉXICO

A Rodríguez Moedano¹; R Hernández Arriaga²; J Ángeles Hernández¹. A Lizarazo Chaparro³

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México; ² Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO), FMVZ-UNAM; ³ Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), FMVZ-UNAM.

*Email: lizarazo@unam.mx

RESUMEN

Palabras clave: Se realizó un experimento con 29 borregas multíparas de las razas Dorset, Katahdin y Hampshire, paridas en primavera, y que fueron destetadas a los 60 días, ingresaron al experimento aquellas que tuvieran una condición corporal mayor a 2.0. Fueron alimentadas con una dieta de forraje y concentrado en una relación 60:40 y salieron a pastoreo en la tarde en praderas de Orchardgrass. A partir del día 60 las borregas ingresaron a la línea de ordeño hasta que su producción fue menor a 150 ml/día. Se comparó la producción de las tres razas así como su composición. La persistencia en la producción de leche a partir del día 60 es igual ($p > 0.05$) para la raza Dorset y Katahdin, los días en ordeño fueron mayores para la raza Dorset (87) vs (77) para la Katahdin. En composición, fue mayor el porcentaje de grasa y de proteína para la Hampshire con respecto a la Dorset y a la Katahdin. A pesar de ser una raza de pelo, la Katahdin muestra un buen comportamiento post destete para la producción de leche en zonas altas del centro de México, de la misma forma se concluye que la raza Dorset demuestra un adecuado desempeño para ser usada como raza productora de leche bajo las condiciones de pastoreo.

INTRODUCCIÓN

La demanda de productos de origen animal vendrá en aumento para los próximos 10 años, de acuerdo a estimaciones de la FAO (2013), para el año 2020 la producción de carne y leche de ovino aumentará alrededor de 50%, y Latinoamérica y El Caribe es la zona que posee mayor dinámica de crecimiento.

En el caso de la producción de leche de ovino, está ha tenido un aporte marginal con respecto a la de bovino, siendo apenas del 1.4% del 2006-2009, ubicándose su producción en el Sudeste asiático, América Latina y el Caribe tienen menos del 0.1% de la producción, lo cual ofrece un importante potencial de desarrollo. A pesar que los ovinos tienen más de nueve mil años de domesticación, la producción de leche en América del Norte, como actividad de producción importante apenas tiene 35 años, para el 2003 la producción documentada en Estados Unidos y Canadá fue de 2.3 millones de litros, con 12,000 borregas teniendo como objetivo la producción de quesos principalmente. Para el caso de mexicano no existen datos oficiales de producción, sin embargo hay reportes que en los últimos años ha venido aumentando el número de productores que se están dedicando a la producción de esta leche (Bain, 2005).

Sin embargo, al no ser una producción "tradicional", la investigación es escasa y se toman como referencia trabajos realizados en zona templada, por ésta razón es importante desarrollar bajo las

condiciones ambientales y de producción que permitan determinar cuáles son las características idóneas de producción para desarrollar un sistema de producción de leche de borrega en el altiplano mexicano. El objetivo de este trabajo fue comparar la producción y composición de la leche de tres razas (Dorset, Katahdin y Hampshire), a partir del destete (60 días).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Ovina (CEIEPO) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el municipio de Huitzilac, Morelos a una altura de 2,561 MSNM.

Animales y tratamientos

Se utilizaron 29 borregas multíparas, de las razas Dorset (n=12), Hampshire (n=11) y Katahdin (n=6), paridas en los meses de Enero y Febrero, las cuales hasta el destete estuvieron en un pastoreo rotacional de Orchard grass, Ryegrass y trébol rojo. Los tratamientos correspondieron a las razas a evaluar, y las variables medidas correspondieron a producción de leche, días en leche y composición de leche: grasa, proteína, sólidos no grasos, la producción y la composición se midió de forma individual cada 8 días durante el tiempo que duraron los animales en ordeño, para la determinación de la composición se utilizó un Milkoscan® midiendo como variables principales: proteína, grasa, sólidos no grasos (SNG), lactosa.

Análisis estadístico

Se realizó una comparación de medias repetidas en el tiempo, para establecer las diferencias entre razas para la producción, y una comparación de Tukey para la composición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El periodo de ordeña posterior al destete se extendió 80 días para la Katahdin, 42 para la Hampshire y 74 para la Dorset, demostrando que es posible obtener una producción de leche constante incluso después del destete si se mantiene el estímulo de la glándula mamaria, en este sentido, Bain (1999) establece que la producción de leche en borregas está directamente relacionado con el tipo de sistema de lactancia que estas tengan, logrando un beneficio económico para el productor, por la obtención de carne y leche.

En cuanto a la producción (Figura 1) de leche se observa una diferencia ($p < 0.05$) cuando se comparan las razas Dorset (508 ml) y Katahdin (300 ml) contra la Hampshire, siendo esta última la menor producción (225 ml), la producción para la Dorset está por debajo de lo reportado por diferentes autores (Berger 2000; Sakul y Baylon, 1991).

Al comparar la composición química de la leche entre las razas evaluadas (Tabla 1), no hay diferencias estadísticas para ningún parámetro evaluado, sin embargo, la raza que mejor composición presenta es la Hampshire. Los resultados para proteína están en el rango reportado para las diferentes razas evaluadas en el presente trabajo (Park y Haenlin, 2004).

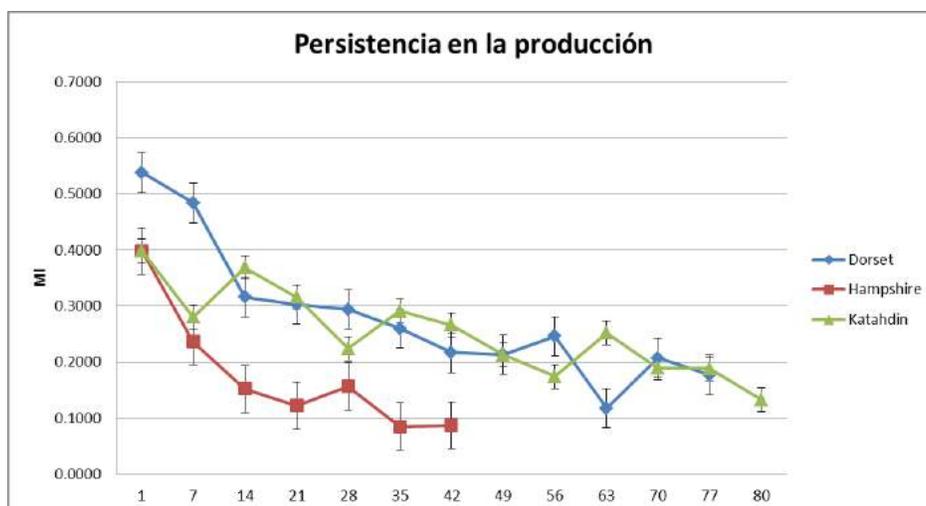


Figura 1. Persistencia en la producción de tres razas ovinas bajo pastoreo de descanso en el altiplano mexicano.

Tabla 1. Comparación de la composición láctea de tres razas bajo pastoreo de descanso en el altiplano mexicano.

Raza	Proteína (%)	Lactosa (%)	Grasa (%)	SNG
Dorset	5.98	3.89	7.39	10.91
Katahdin	6.34	4.81	7.30	10.84
Hampshire	6.02	3.86	8.04	10.91

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del experimento, la raza Dorset presentó un comportamiento productivo constante a partir del día 60 post-destete, lo que la coloca como una raza de interés productivo para la obtención de leche en la zona del altiplano mexicano. Adicionalmente a pesar que la Katahdin no es una raza usada para la producción de leche, su producción permite pensar en un posible cruce con Dorset para aumentar la rusticidad.

REFERENCIAS

- Bain, I. 1999. Efecto del sistema de crianza sobre el ritmo de crecimiento de corderos cruza Texel x Frisona. Trabajo de intensificación para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Bain, I. 2005. Sistemas de producción en ovinos de leche. http://inta.gov.ar/documentos/sistemas-de-produccion-en-ovinos-de-leche/at_multi_download/file/INTA_produccion_ovinos_leche.pdf.
- Berger, 2000. Y.M. Breeds of sheep for commercial milk production. http://www.ansci.wisc.edu/extension-new%20copy/sheep/Publications_and_Proceedings/symposium_04/pdf%20of%20Dairy%20Sheep%20Proceedings/Berger%20Breeds%20of%20sheep%20editted%209-26-04%20Proc.pdf
- Park, Y.W, Haenlein G.F.W. (eds). (2004) Handbook of milk of non-bovine mammals. USA. Blackwell Publishing.
- Sakul H., Boylan W.J. 1992. Evaluation of U.S. sheep breeds for milk production and milk composition. Small Ruminant Research 7 195-201.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA SOBRE LA FERTILIDAD Y PROLIFICIDAD DE OVEJAS PRIMÍPARAS EN CONDICIONES DEL TROPICO

A. Soto-Aguilar, J.R. Aké-López, L. Sarmiento-Franco, R. Santos-Ricalde, F. Centurión-Castro

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán.

Mérida, Yucatán

*Email: alopez@uady.mx

RESUMEN

Palabras clave: *aceite de maíz, ovejas primíparas, fertilidad, prolificidad*

Con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación energética con aceite de maíz (4% del consumo MS) en la fertilidad y prolificidad de borregas de pelo primíparas sincronizadas con CIDR, se sincronizaron 42 borregas primíparas de pelo, con una buena condición corporal, un peso vivo de 32.2 ± 4.2 kg y con una edad de entre 8 a 9 meses. Las ovejas fueron divididas al azar en dos grupos, el grupo testigo (n=22) y grupo con suplementación de aceite (n=20). Ambos grupos recibieron alimento balanceado durante un periodo de 21 días, el cual se empezó a proporcionar 7 días previos a la sincronización y culminó 14 días después de haber colocado el CIDR. Los resultados del porcentaje de gestación y tasa de parición fueron similares entre los tratamientos ($P>0.05$). Sin embargo, la prolificidad fue mayor en el grupo de ovejas suplementadas con aceite de maíz (1.61 crías) en comparación al grupo testigo (1.13 crías; $P<0.05$). La suplementación con un 4% de aceite de maíz en la dieta influyó positivamente en la prolificidad de ovejas primíparas sincronizadas.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más importantes que afecta la reproducción animal es la nutrición. En ovinos, la respuesta folicular es sensible al factor nutricional, y la tasa de ovulación puede ser aumentada por la manipulación nutricional, siendo una herramienta de bajo costo para el control de la tasa de ovulación y la prolificidad (Scaramuzzi *et al.* 2006).

Es por ello que se han estado investigando diversos métodos para mejorar la eficiencia reproductiva en ovejas, enfocados al aspecto nutricional. Uno de estos métodos es el uso de aceites vegetales, el cual ha demostrado incrementar la tasa ovulatoria (Herrera *et al.*, 2010) la tasa de fecundidad y la tasa de prolificidad (Herrera *et al.* 2003). Estos resultados pueden deberse a que la suplementación con aceites poliinsaturados afecta positivamente la función reproductiva en varios tejidos importantes, incluyendo el hipotálamo, hipófisis, ovario y útero. La suplementación con ácidos grasos pueden aumentar los niveles séricos de colesterol precursor de la progesterona, insulina, somatotropina, leptina y ácidos grasos no esterificados, relacionándose con una mejor respuesta endocrina del eje hipotálamo hipófisis-gónada o del desarrollo folicular ovárico, así como pueden cambiar los niveles de glucosa estimulando la secreción de LH desde la pituitaria anterior (Scaramuzzi *et al.* 2006; Wonnacott *et al.* 2010; Herrera *et al.* 2012; Mendez 2012).

La mayoría de los trabajos realizados con suplementación con aceites están enfocados en ovejas múltiparas, los trabajos realizados con ovejas primíparas son escasos y no han arrojado resultados contundentes, por lo cual se requiere de una mayor investigación al respecto para determinar la

influencia de la suplementación energética sobre los parámetros reproductivos en ovejas primíparas. Por lo que el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la suplementación energética con aceite de maíz, en la fertilidad y prolificidad de borregas de pelo primíparas sincronizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y clima del sitio experimental

El trabajo se realizó en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Ubicado 20°58' N y 89°36' O, a 9 msnm; en la localidad de X'matkuil, Yucatán, con un clima del tipo Aw0, con una precipitación pluvial anual de 1100 mm con lluvias en verano, una temperatura media anual de 26.1°C y una humedad relativa del 80% (INEGI 2011).

Animales y tratamientos

Se utilizaron 42 borregas primíparas de pelo (Pelibuey comercial), con una condición corporal de 3 a 4 puntos en una escala del 1 al 5 (Russel, 1984), con una edad de entre 8 a 9 meses, y un peso vivo de 32.24 ± 4.28 kg.

Las ovejas fueron divididas al azar en dos grupos (grupos testigo n=22; grupo aceite n=20). Ambos grupos recibieron alimento concentrado durante un periodo de 21 días, el cual se empezó a proporcionar 7 días previos a la sincronización y culminó 14 días después de haber colocado el dispositivo para la sincronización (CIDR). El concentrado se elaboró a base de maíz, salvado de trigo y pasta de canola. También se le ofreció a ambos grupos pasto *Pennisetum purpureum* (200 g en base fresca) de corte y acarreo. Esta ración se elaboró para cubrir una necesidad de 11.1 MJ/d EM y 79 g/d de PM con un consumo de materia seca (MS) de 0.940 kg y una ganancia diaria de peso (GDP) estimada de 150 g de acuerdo al AFRC (1993). Adicionalmente a esto, al concentrado del grupo con aceite se le añadieron 37 g (4% del consumo de MS aportados por el alimento balanceado) de aceite de maíz por animal, lo que aumentó 1.4 MJ/d de EM a la ración por borrega, con lo cual, la dieta del segundo grupo tuvo 12.5 MJ/d de EM aproximadamente.

Cada uno de los animales se alojó en corraletas individuales de 3m². Las corraletas contaron con piso y divisiones de concreto y rejas de acero, permitiendo una adecuada ventilación. También se contó con bebederos y comederos de plástico individuales.

Sincronización y monta

La sincronización del estro se llevó a cabo con el uso del dispositivo CIDR (Laboratorios Pfizer) el cual se colocó de forma intravaginal (día 0) y fue retirado 12 días después. 12 horas después de retirado el CIDR, se inició la detección del estro, 2 veces al día (07:00 y 19:00 h) durante 3 días. Para ello se utilizaron dos machos enteros que le dieron monta natural a las borregas a las 0 y 24 horas de detectado el estro. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía, 35 días después de la monta. Se realizó el seguimiento hasta el parto y se registró el número de crías nacidas.

Análisis estadístico

Las variables de respuesta fueron: inicio del estro post-retiro del CIDR, proporción de borregas en estro, duración del estro, tasa de gestación (borregas con servicio diagnosticadas como gestantes), tasa de partos (proporción de borregas con servicio que llegan al parto), y prolificidad (número de

chaperos nacidos por borrega parida). Para evaluar las proporciones (% de ovejas en estro, % de ovejas gestantes, % partos), se utilizó una prueba de Chi-cuadrada. Mientras que para el inicio del estro, duración del estro y la prolificidad se utilizó una prueba de "t", ambos utilizando el paquete estadísticos SAS (2003).

RESULTADOS

La inclusión de aceite de maíz en la ración de las ovejas no influyó en el consumo de materia seca del alimento concentrado ni en la ganancia de peso de las ovejas. El inicio del estro se presentó más temprano en las ovejas suplementadas con aceite de maíz en comparación con las ovejas del grupo control, habiendo una diferencia de 12.7 h (Tabla 1) ($P < 0.05$). En cuanto a la duración del estro y el porcentaje de ovejas en estro los valores encontrados fueron similares entre los grupos ($P < 0.05$) (Tabla 1).

Respecto al porcentaje de gestación (promedio de ovejas diagnosticadas gestantes de las servidas) y de fertilidad (promedio de ovejas paridas de las servidas) los resultados obtenidos fueron similares entre los tratamientos ($P > 0.05$). Sin embargo, la prolificidad fue mayor en el grupo de ovejas suplementadas con aceite de maíz (1.61 crías) que en las que no lo recibieron (1.13 crías; $P < 0.05$).

Tabla 1. Variables reproductivas en ovejas primíparas con y sin suplementación con aceite de maíz

Variables	Tratamientos	
	Con Aceite de Maíz (n= 20)	Sin Aceite de Maíz (n= 22)
Inicio del estro (h)	38.52 ^a ± 11.59	51.27 ^b ± 17.04
% de ovejas en estro	95 ± 0.034	100 ± 0.032
Duración del estro (h)	38.53 ^a ± 19.26	31.64 ^a ± 15.94
Tasa de gestación (%)	80 ± 0.085	86.36 ± 0.081
Tasa de parición (%)	65 ± 0.107	68.18 ± 0.102
Prolificidad	1.61 ^a ± 0.65	1.13 ^b ± 0.35

Filas con diferente literal difieren significativamente ($P < 0,05$).

DISCUSIÓN

Inicio del estro

En este experimento las ovejas suplementadas con aceite de maíz presentaron el inicio del estro primero en comparación con el grupo sin aceite de maíz (38.52 h vs 51.27 h). Estos resultados de cierta forma son similares a lo reportado por Nieto *et al.* (2015), quienes observaron un inicio del estro a las 41.0 h post-retiro del dispositivo de sincronización (esponjas de chronolona) en ovejas primerizas suplementadas durante un periodo corto con harina y aceite de pescado (4 y 0.8%). El hecho de haber encontrado en el presente estudio un menor tiempo al inicio del estro pudo deberse a un aumento en el crecimiento folicular, ya que los ácidos grasos poliinsaturados del aceite vegetal pueden estimular el crecimiento de los folículos, lo cual puede incrementar en los niveles de estradiol (Funston 2004; Herrera *et al.* 2010; Herrera *et al.* 2012), siendo éste importante para el inicio del estro.

Tasa de concepción y fertilidad

En el presente estudio la tasa de concepción y fertilidad (partos) no tuvieron diferencia significativa entre grupos. Estos resultados coinciden con lo reportado por Nieto *et al.* (2015), quienes no

encontraron diferencia en la tasa de concepción en ovejas primíparas suplementadas con harina y aceite de pescado (52 %) contra el grupo testigo (57 %). Esta respuesta también coincide con lo reportado por Cancino *et al.* (2009) quienes mencionan que no había encontrado efecto en la tasa de concepción y tasa de fertilidad entre el grupo testigo (90 %; 77.8 %) y las ovejas suplementadas con aceite de maíz (93 %; 84.7 %) de ovejas múltiparas.

La falta de diferencia entre grupos al hecho de que las ovejas de los diferentes grupos (con y sin aceite de maíz) presentaban una muy buena condición corporal (3-4 puntos), este aspecto limita la respuesta de las ovejas a estos indicadores. Diferentes reportes indican que el efecto de la suplementación grasa sobre la fertilidad probablemente se incrementa en animales con una menor reserva de energía corporal, debido a que la suplementación con lípidos de sobrepeso tiende a mejorar el porcentaje de gestación en ovejas con un menor espesor de grasa dorsal respecto a aquellas hembras con una mayor cantidad de grasa dorsal que no tuvieron efecto de la suplementación energética (Herrera *et al.* 2010; Herrera *et al.* 2012).

Prolificidad

En el presente trabajo, se encontró efecto de la suplementación con aceite de maíz sobre la prolificidad ($p < 0.05$). Esto concuerda con lo reportado por Cancino *et al.* (2009), quienes reportaron un incremento en la prolificidad de ovejas cuando usó un suplemento de aceite de maíz (1.79) en comparación con el grupo testigo (1.46) ($p < 0.05$). Este efecto también es similar a lo reportado por Herrera *et al.* (2003), quienes observaron un incremento en la prolificidad de ovejas suplementadas con aceite de maíz (1.26) en comparación con un grupo de ovejas suplementadas con aceite de pollo (1.1). El incremento de la prolificidad fue 26 % superior para el grupo suplementado con aceite vegetal, lo que es similar a lo reportado en este trabajo (29.81 %).

El incremento de la prolificidad en este trabajo de las ovejas suplementadas con aceite de maíz puede ser debido al efecto de los ácidos grasos poliinsaturados, ya que estos estimula el crecimiento de los folículos preovulatorios, aumentando el número total de folículos, y aumentando el tamaño de los folículos preovulatorios en las ovejas suplementadas (Funston 2004; Herrera *et al.* 2010; Herrera *et al.* 2012). La ovulación de folículos más grandes puede resultar en la formación de cuerpos lúteos más grandes con el aumento de la capacidad esteroidogénica y resultar en una mayor producción de progesterona, que se ha asociado con mayores tasas de concepción (Funston 2004).

CONCLUSIÓN

La suplementación con un 4% de aceite de maíz en la dieta disminuyó el tiempo del inicio del estro post-retiro del CIDR, y en aumentó la prolificidad de ovejas primíparas en condiciones del trópico.

REFERENCIAS

- AFRC 1993. Agricultural Food and Research Council. Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. CAB.
- Cansino, A. G., Herrera, C. J., Aké, L. J. R. (2009). Tasas de concepción, fertilidad y prolificidad en ovejas de pelo alimentadas con dietas enriquecidas con ácidos grasos poliinsaturados. *Universidad y Ciencia*. 25(1):181-185.
- Funston, N. R. (2004). Fat Supplementation and Reproduction in Beef Females. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*. Paper 598. <http://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/598>.

- Herrera C. J., Quintal, F. J. A., Kú, V. J. C., Williams, G. L. (2003). Effect of polyunsaturated fatty acids on follicular dynamics, pregnancy rate and ovaric response of Pelibuey sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2: 101-104.
- Herrera, C. A., Salazar, O. J., Morales, T. G., Martínez, A., Gallegos, Z. J. (2010). Efecto del aceite de soya en la dieta y la condición corporal sobre la población folicular y tasa ovulatoria de ovejas Pelibuey en dos épocas reproductivas. *Universidad y Ciencia*. 6 (2): 205-210.
- Herrera, C. J., Tinoco, M. J. C., Orozco, D. K. E. (2012). Suplementación Grasa y su Efecto sobre la Reproducción de Rumiantes. Reunión Bianual sobre Reproducción Animal. 17-36.
- INEGI, 2011: Anuario Estadístico del Estado de Yucatán, México.
- Méndez, C. R. (2012). Parámetros reproductivos en ovejas de pelo suplementadas con glicerol, aceite de pescado y L- arginina. Tesis doctoral del Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo.
- Nieto, R., Sánchez, T. M. T., Mejía, O., Figueroa, J. L., Olivares, L., Peralta, J. G., Cordero, J. L., Molina, P., Cárdenas, M. (2015). Effect of fish meal and oil on hormone profile and reproductive variables in ewes inseminated by laparoscopy. *Livestock Science*. En prensa.
- Scaramuzzi, R. J., Campbell, B. K., Downing, J. A., Kendall, N. R., Khalid, M., Muños, G. M., Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development*. 46: 339–354. DOI: 10.1051/rnd: 2006016.
- Russel A. (1984). Body condition scoring of sheep. In *Practice* 5:91-92
- Statistical Analysis Systems (SAS), 2003: SAS User's Guide: Statistical Analysis Systems Institute Inc, Cary,. North Carolina, USA.
- Wonnacott, K. E., Kwong, Y. W., Hughes, J., Salter, A. M., Lea, R. G., Garnsworthy, P. C., Sinclair, K. D., Sinclair, K. D. (2010). Dietary omega-3 and -6 polyunsaturated fatty acids affect the composition and development of sheep granulose cells, oocytes and embryos. *Reproduction*. 139: 57-69.

EFFECTO DE SEMENTAL Y DE EYACULADO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN MACHOS PELIBUEY

J.R. Aké López¹, Y. Sierra Aguilar², N.Y. Aké-Villanueva^{1*}, J.R. Aké-Villanueva¹, J.G. Magaña-Monforte¹

¹Departamento de Reproducción Animal FMVZ-CCBA-UADY. Mérida, Yuc. México

²Universidad Michoacana de-San Nicolás de Hidalgo.

*Email: alopez@uady.mx

RESUMEN

Palabras clave. Ovinos, Pelibuey, características seminales, trópico. Con el propósito de analizar si existen o no diferencias en las características seminales entre sementales y entre eyaculados, se utilizaron 6 sementales Pelibuey, a los cuales se les colectó el semen (1-3 eyaculados) con vagina artificial una vez por semana durante 6 meses. Se analizó el volumen (Vol), la concentración espermática (Conc), la motilidad masal (MM) e individual (MI) y la morfología de los espermatozoides (Anorm), adicionalmente se midió la circunferencia escrotal (CE). Los datos se analizaron mediante GLM para medidas repetidas. Los resultados muestran que las características seminales varían de un macho a otro ($P < 0.05$). El mayor volumen de eyaculado se dió en el macho número 4 (0.91 ml) y el menor en el semental 3 (0.34 ml). La Concentración espermática fue mayor en el macho número 3 (2810.9 millones/ml) y el valor más bajo fue en el macho 2 (2286.7 millones/ml) ($p < 0.05$). El macho 2 obtuvo la menor MM (3.8 puntos) y MI (79 %), las anomalías fueron distintas entre los machos 2 (6.2%) y 5 (3.2%) ($p < 0.05$). La CE varió entre los machos, siendo mayor en los sementales 1 (32.2 cm) y el 2 (32.2 cm) y menor en el macho 5 (29.85 cm) ($P < 0.05$). En cuanto a las diferencias entre eyaculados, se encontró que el primer eyaculado tuvo el mayor Vol (0.62 ml) y Conc (3042.22 millones/ml) ($p < 0.05$), y la MM, MI y Anorm no tuvieron diferencias significativas entre eyaculados ($P > 0.05$).

INTRODUCCIÓN

La fertilidad de los carneros tiene relación directa con las características del semen, diversos trabajos mencionan que mejores características del eyaculado darán lugar a un mayor éxito de la concepción (Gordon, 1997). Para esto, una práctica común en algunos países consiste en examinar a los carneros antes de la venta o al comienzo del periodo reproductivo (Bruere, 1971); de tal forma que si la reproducción es manejada adecuadamente, los resultados en el comportamiento productivo del rebaño serán satisfactorios (Ramirez *et al.*, 2008).

Es importante señalar que los machos son la clave del éxito del empadre (esto debido a la gran cantidad de hembras que cubren durante ese periodo), o bien a la hora de aplicar técnicas como la inseminación artificial (por la calidad seminal). Por eso es importante conocer la viabilidad de los espermatozoides, para tener un criterio real de la utilización del semen o del semental, lo que dará como resultado un mayor porcentaje en la fertilidad total, además de tener reproductores sanos y

con posibilidad de brindar un buen servicio, lo cual es clave para el óptimo comportamiento productivo de los rebaños (Alonso, 1981; Aguirre, 2004).

El objetivo del presente trabajo fue conocer y evaluar el efecto de semental y entre eyaculados sobre las características seminales (volumen, concentración espermática, motilidad masal e individual y anomalías morfológicas) y la circunferencia escrotal entre machos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Reproducción Animal y Mejoramiento Genético de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, localizada en el municipio de Mérida, Yucatán, México. Situada a 28° 58' de latitud Norte, 89° 37' de longitud Oeste. Con un clima tropical sub-húmedo (Aw0), precipitación pluvial de 997 mm, humedad del 62-85 %, temperatura media anual de 26.5°C (INEGI, 2007).

Animales

Se evaluaron 6 machos ovinos de la raza Pelibuey, de una edad promedio de 34 ± 6 meses y condición corporal de 3.5 en la escala de Russel (1984). Se encontraban sanos clínicamente y estuvieron alojados en corrales con sombra y agua *ad libitum*. La alimentación fue a base de pastoreo (6 h/d) en potreros de Estrella de África (*Cynodon plectostachius*) con riego, más 350-400 g/d de un alimento comercial con 14 % de proteína cruda.

Muestreo

Los machos fueron trabajados una vez por semana durante 6 meses (septiembre a febrero). El semen se colectó por medio de vagina artificial, hasta por tres ocasiones por día de trabajo.

Evaluación de las características seminales

El semen se evaluó considerando los criterios según Evans y Maxwell (1990), que se muestran a continuación: Volumen.- Se evaluó directamente en el tubo colector; Motilidad masal.- Se analizó poniendo una gota de semen pura en un portaobjetos y se observó al microscopio a 100 aumentos. La calificación fue en razón a la formación y velocidad de los remolinos que forman los espermatozoides, en una escala de 0-5; Motilidad individual.- Se observó mediante la colocación de una gota de semen diluido en citrato de sodio al 2.9% entre un portaobjetos y un cubreobjetos, se observó al microscopio a 400 aumentos y se calificó el movimiento rectilíneo uniforme en escala de 0 al 100 %. Concentración.- Se determinó mediante el uso de una cámara de Neubauer, diluyendo el semen a razón de 1:400 en solución salina fisiológica con azul de metileno, el resultado se expresó en millones de espermatozoides por mililitro (10⁶esp/ml). Morfología.- Se realizó un frotis del semen con Eosina-Nigrosina, y se contaron 100 células espermáticas en distintos campos microscópicos con el objetivo de inmersión (1000 aumentos). Se calificó en porcentaje de anomalías espermáticas. La circunferencia escrotal se midió una vez por semana, con un testímetro (cinta métrica rígida), para ello se descendieron gentilmente los testículos al fondo del escroto se pasó la cinta métrica alrededor de ambos testículos en su parte media.

Análisis estadístico

Las variaciones en la circunferencia escrotal y de las características seminales se evaluaron siguiendo los procedimientos del GLM para medidas repetidas, las diferencias entre las medias se realizaron mediante la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico SAS (2003).

RESULTADOS

En la Tabla 1, se presentan las características seminales de acuerdo a los diferentes machos evaluados, se puede apreciar que existen diferencias entre los machos en todas las características evaluadas. El mayor volumen del eyaculado se dio en el macho número 4 (0.91 ml) y el menor en el semental 3 (0.34 ml) ($p < 0.05$). En cuanto a la concentración espermática, se observó que el macho número 3 dio el valor más alto (2810.9 millones/ml) y el valor más bajo fue en el macho 2 (2286.7 millones/ml) ($p < 0.05$). La MM, MI fue la más baja en el semental 2 (3.8 puntos y 79 %, respectivamente) ($p < 0.05$), y las Anormalidades fueron diferentes en el semental 2 (6.2 %) y en el 6 (3.2) ($p < 0.05$).

Tabla 1. Promedios (\pm EE) de las características espermáticas [volumen (Vol), concentración espermática (Conc), motilidad masal (MM), motilidad individual (MI) y anormalidades (Anorm)] entre los diferentes machos Pelibuey

Macho	n	Vol (ml)	Conc (10^6 /ml)	MM (1-5)	MI (%)	Anorm (%)
1	80	0.50 ^b \pm 0.02	2744.3 ^a \pm 95.4	4.8 ^a \pm 0.08	88.6 ^a \pm 0.82	5.4 ^{ab} \pm 0.65
2	80	0.51 ^b \pm 0.02	2286.7 ^b \pm 95.4	3.8 ^b \pm 0.08	79.0 ^b \pm 0.82	6.2 ^a \pm 0.65
3	75	0.34 ^c \pm 0.02	2810.9 ^a \pm 98.5	4.5 ^a \pm 0.08	85.8 ^a \pm 0.85	5.5 ^{ab} \pm 0.68
4	76	0.91 ^a \pm 0.02	2323.7 ^b \pm 97.8	4.6 ^a \pm 0.08	87.3 ^a \pm 0.84	4.1 ^{ab} \pm 0.67
5	73	0.38 ^c \pm 0.02	2300.3 ^b \pm 99.8	4.7 ^a \pm 0.08	88.4 ^a \pm 0.86	4.1 ^{ab} \pm 0.68
6	78	0.42 ^{bc} \pm 0.02	2350.3 ^b \pm 96.6	4.7 ^a \pm 0.08	88.2 ^a \pm 0.83	3.2 ^b \pm 0.66

abc. Literales diferentes en la misma columna indica diferencia estadística ($p < 0.05$)

En la Tabla 2, muestra las características seminales entre los diferentes eyaculados, se observa que el eyaculado 1 tiene el mayor volumen (0.62 ml), mayor concentración espermática (3042.2 x 10^6 /ml), en comparación con el eyaculado 2 y 3 ($p < 0.05$). La MM, MI y las Anormalidades no presentaron diferencia entre eyaculados ($p > 0.05$). En la Tabla 3, se puede observar las diferencias en la circunferencia escrotal entre los machos, la mayor circunferencia se observó en los macho 1 (32.24 cm) y 2 (32.27 cm), la menor la tuvo el macho 5 (27.37 cm) ($p < 0.05$).

Tabla 2. Efecto del número del eyaculado sobre el volumen (Vol), concentración espermática (Conc), motilidad masal (MM), motilidad individual (MI) y anormalidades (Anor) del eyaculado en los machos Pelibuey.

No. eyaculado	de n	Vol (ml)	Conc (10^6 /ml)	MM (1-5)	MI (%)	Anorm (%)
1	162	0.62 ^a \pm 0.02	3042.2 ^a \pm 59.25	4.6 ^a \pm 0.06	86.4 ^a \pm 0.63	5.2 ^a \pm 0.46
2	160	0.48 ^b \pm 0.02	2344.9 ^b \pm 59.62	4.6 ^a \pm 0.06	86.3 ^a \pm 0.64	4.7 ^a \pm 0.47
3	140	0.42 ^b \pm 0.02	1950.8 ^c \pm 63.73	4.5 ^a \pm 0.06	85.7 ^a \pm 0.68	4.4 ^a \pm 0.50

ab. Literales diferentes en la columna indica diferencia estadística ($p < 0.05$).

Tabla 3. Circunferencia escrotal de los diferentes machos Pelibuey.

Macho	n	1	2	3	4	5	6
CE	27	32.24 ^a	32.27 ^a	30.74 ^b	30.16 ^b	27.37 ^c	29.85 ^b

ab. Literales diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

De acuerdo a la información evaluada se determinó que los animales son diferentes y presentan cambios en las variables consideradas para su estudio, es decir en todas las características seminales. Aguirre (2004) comenta que todos los animales muestran diferencias en cuanto a su reproducción, esto debido al efecto de la interacción entre distintos factores como la edad, raza, época del año, estado nutricional, lo cual da como resultado, grandes variaciones en la capacidad reproductiva de los machos. Sin embargo existen reportes comparativos que contribuyen al conocimiento y establecimiento de parámetros reproductivos bajo distintas condiciones que permiten determinar la capacidad reproductiva y con ello seleccionar a los mejores sementales, o bien eliminar a aquellos machos que presenten alguna falla reproductiva.

La diferencia de volumen entre el macho 4 que obtuvo el valor más alto y el macho 3 con el menor valor puede deberse a varios factores, Aisen y Venturino (2004) mencionan que las diferencias en las características seminales entre sementales puede deberse a la interacción de distintos factores como los animales mal alimentados, en reposo sexual, maltratados, bajo estrés térmico (factores ambientales), enfermos, recibiendo tratamientos médicos, la edad, latitudes bajas (comprendidas entre 30° y 40°); por lo que la evaluación de las características seminales se tiene que apoyar con una historia clínica y un examen especial del aparato reproductor para descartar las distintas variables (Bulgin, 1992). La diferencia del macho 3 respecto al 2 en la concentración espermática podría deberse según Sepúlveda *et al.* (2002) debido a que existe una correlación entre el peso de los testículos y la circunferencia escrotal y entre el peso de los testículos y la producción de espermatozoides, de manera tal, que al escoger animales con una circunferencia escrotal mayor, indirectamente se hace selección por producción de espermatozoides; así los niveles de testosterona plasmática indica una mayor actividad espermatogénica afectando directamente la circunferencia escrotal y la calidad de semen.

En cuanto al volumen y concentración espermática respecto al número de eyaculados, es el primer eyaculado el que presenta valores más altos respecto al segundo y tercero, esto concuerda con Rodríguez *et al.* (2008) quienes mencionan que va descendiendo la cantidad de espermatozoides eyaculados conforme se incrementa la frecuencia de eyaculación (Evans y Maxwell, 1990).

CONCLUSIÓN

Existen diferencias entre machos respecto a las características seminales y en la circunferencia escrotal. También se observó diferencia entre los eyaculados.

REFERENCIAS

- Aguirre V. (2004). Efectos de la estacionalidad, frecuencia de colección y jerarquía en algunas variables reproductivas de carneros Pelibuey (*Ovis aries*). Tesis de doctorado en ciencias pecuarias. México, Posgrado interinstitucional en ciencias pecuarias, Universidad de Colima.
- Aisen E. y Venturino A. (2004). Reproducción ovina y caprina. Primera ed. Buenos Aires: Inter-Médica S.A.I.C.I.
- Alonso J. I. (1981). Manejo de la reproducción en el ovino. *Ciencia veterinaria*, p.p. 434-460.
- Bruere A. N. (1971). *Practical aspects of Fertility in the ram. Sheep Farming Annual*. Massey University, New Zealand, pp. 31-40.
- Bulgin M.S. (1992). Ram breeding soundness examination and SFT form. *Proceeding of the annual Meeting of the Society for Theriogenology*, San Antonio, TX, USA, pp.210-215
- Evans G., y Maxwell W.M. (1990). *Inseminación artificial de ovejas y cabras*. España: Acribia S.A

- Gordon I. (1997). Control reproductivo en ovejas y cabras. Vol 2. CAB International, NY, USA.
- INEGI (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal [En línea]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladoBasico/Default.aspx?c=17177&s=est%CB%83> (Consultado el 6 de agosto del 2013).
- Ramirez F.; Hernandez H. y F. Latorre. (2008). Manual de explotacion y reproduccion en ovejas y borregos. Colombia, Grupo Latino editores.
- Rodriguez F.; Ávila O.; Anchondo A.; Sánchez B. y J. Jiménez. (2008). "Capacitación espermática inducida por la conservación de semen de carnero diluido, refrigerado o congelado". *Agrociencia*. v.42 n.4. Ciencia Animal México may./jun. 2008
- Russel A. (1984). Body condition scoring of sheep. In Practice 6, 91-92.
- Statistical Analysis Systems (SAS), 2003: SAS User's Guide: Statistical Analysis Systems Institute Inc, Cary,. North Carolina, USA.
- Sepúlveda N.; Risopatrón J.; Herrera M. y E. Rodero. (2002). Características reproductivas y seminales de Carneros Romney Marsh en la latitud de 38°44' sur. Producción ovina y caprina XXVII SEOC; PP. 1108-1112.

NUTRICIÓN Y FORRAJES

UTILIZACION DE DIFERENTES ENSILADOS DE CERDAZA EN RACIONES INTEGRALES PARA LA ENGORDA DE BORREGOS. FASE II. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO

J. E. García Portuquez

Docente-Investigador. CBTa. No. 105. La Estrella. Pénjamo. Gto.

E-mail: carneshon@hotmail.com.

	RESUMEN
Palabras clave: <i>Ensilaje, desechos, porcinos, ovinos.</i>	<p>La gran cantidad de desechos fecales sólidos(cerdaza) y líquidos producidos por las granjas porcinas regionales provoca graves problemas de contaminación ambiental, debido que contaminan los ríos, lagos y tierras cercanas a dichas granjas. El objetivo de este trabajo fue evaluar dos tipos de ensilado de cerdaza y el efecto de su inclusión en raciones integrales en la engorda de borregos, sobre el consumo de materia seca, cambio de peso vivo y conversión alimenticia, para lo cual se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 2x2 y cuatro tratamientos experimentales con tres repeticiones, caracterizados por: T1= Tratamiento 1(E1, ensilado 1 y 30% de inclusión); T2= Tratamiento 2(E1 y 50% de inclusión); T3= Tratamiento 3(E2, ensilado 2 y 30% de inclusión) y T4= Tratamiento 4(E2y 50% de inclusión). La unidad experimental fue cada una de las corraletas que alojó a tres borregos. El E1 se elaboró mezclando 90% de cerdaza fresca y 10% de grano de sorgo molido y E2 con 80% de cerdaza fresca, 10% de grano de sorgo molido y 10% de melaza en contenedores de plástico. Las raciones integrales ofrecieron 13% de proteína cruda y 2.4 Mcal de energía metabolizable por Kg de ración. Se encontró efecto de interacción por la utilización del tipo de ensilado y el nivel de su inclusión, y los consumos de materia seca total, el cambios de peso vivo y la conversión alimenticia fueron mejores cuando los borregos consumieron E-2 con un nivel de inclusión de 30% en la ración integral. La utilización de esta biotecnología en la ganadería permite mantener índices productivos aceptables y convertir un desecho contaminante, en un ingrediente alimenticio con valor agregado y con aceptable calidad nutricional para los animales ovinos, promoviendo la utilización eficiente y sustentable de las excretas porcinas regionales.</p>

INTRODUCCIÓN

Un aspecto fundamental de la crisis que se está viviendo en el sector agropecuario nacional y mundial, es el deterioro de la sustentabilidad de los recursos que se utilizan y por lo tanto, es necesario establecer soluciones para mitigar estos problemas. De la misma forma es necesario incrementar la rentabilidad y competitividad de las empresas agropecuarias mediante el uso de los recursos locales para promover el desarrollo rural sustentable y la seguridad alimentaria. Los desechos orgánicos en la mayoría de las ocasiones se convierten en contaminantes del aire, suelos y agua que provocan problemas a las granjas y a la sociedad, como es el caso de las excretas producidas en los sistemas intensivos de producción (Neri et al., 1999). En general las granjas porcinas tecnificadas están localizadas en regiones con bajos recursos acuíferos como es el caso de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato lo que ha provocado grandes problemas de contaminación ambiental (Galindo-Barboza et al., 2013). El reciclaje de excretas porcinas es una

alternativa para disminuir los costos de producción por concepto de alimentación animal y la contaminación ambiental, sin embargo, el uso de excretas sin tratamientos adecuados y sin evaluación microbiológica, pueden provocar importantes riesgos de transmisión de enfermedades en las mismas granjas porcinas y de zoonosis en la población humana. En este sentido, Martínez-Gamba *et al.* (2001), afirman que el tratamiento biológico de las excretas denominado ensilaje en microsilos prácticamente elimina los microorganismos patógenos y ofrece un ensilado listo para ser utilizado en forma eficiente y sustentable en la alimentación de rumiantes. El propósito de la investigación fue evaluar dos ensilados de cerdaza y su efecto en la inclusión en raciones integrales para la engorda de borregos, sobre el consumo de materia seca (MS), cambio de peso vivo y conversión alimenticia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el CBTa. No. 105, La Estrella, Pénjamo. Gto. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 2x2 siendo el Factor A, el tipo de ensilado y el Factor B el nivel de inclusión. Los cuatro tratamientos se caracterizaron como; T-1= Tratamiento 1(E1, 30%): ensilado 1 y 30% de inclusión; T2= Tratamiento 2(E1, 50%): ensilado 1 y 50% de inclusión; T3= Tratamiento 3(E2, 30%): ensilado 2 y 30% de inclusión y T4= Tratamiento 4 (E2, 50%): ensilado 2 y 50% de inclusión. Los tratamientos tuvieron tres repeticiones y se consideró como unidad experimental a cada una de las corraletas que alojó a tres borregos. El ensilado 1 (E1) se elaboró mezclando 90% de cerdaza fresca y 10% de grano de sorgo molido y el ensilado 2 (E2) con 80% de cerdaza fresca, 10% de grano de sorgo molido y 10% de melaza en contenedores de plástico. Una vez elaborados y sellados herméticamente los dos tipos de ensilaje de cerdaza se destaparon después de 24 h para liberar los gases producidos en la fermentación inicial e inmediatamente se volvieron a tapar para continuar la fermentación anaeróbica durante 30 días. Las raciones integrales fueron balanceadas a 13% de proteína cruda y 2.4 Mcal de energía metabolizable por kg de ración (NRC, 1985). Los diferentes tipos de suplemento fueron elaborados con grano de sorgo molido, harina de soya, rastrojo de sorgo y minerales. Durante la prueba de comportamiento productivo los borregos recibieron un periodo de adaptación de 21 días a las raciones experimentales y 100 días para la engorda. El consumo de alimento se determinó por diferencia entre ofrecido y rechazado (Harris, 1970) y el cambio de peso vivo se registró cada 14 días con previo ayuno de 12 h. La conversión alimenticia se determinó considerando la cantidad de alimento consumido y el cambio de peso vivo al final de la prueba de engorda. Los resultados numéricos obtenidos se sometieron al análisis de varianza y a la comparación de medias de Tukey (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se encontró un efecto significativo ($P < 0.05$) entre tratamientos para el tipo de ensilado y el nivel de inclusión en las raciones integrales para la engorda de borregos, indicando que dichos factores tienen efecto sobre el comportamiento productivo y que sus efectos no son independientes uno del otro. El consumo de materia seca total por animal por día fue diferente ($P < 0.05$) entre los tipos de ensilado de cerdaza ofrecidos (E-1 y E-2), pues se incrementó dicho consumo de materia seca total en los borregos que recibieron el ensilado de cerdaza elaborado con grano de sorgo molido y melaza (550.20 y 623.49 g/animal/día para E-1 y E-2, respectivamente) y cuando se ofreció en 30% del total de la ración integral, pero se disminuyó al ofrecer el E-2 (570.80 y 510.30 g/animal/día, para E-1 y E-2, respectivamente) al nivel de 50% del total de la ración integral (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto del tipo de ensilado y del nivel de inclusión sobre el comportamiento productivo de borregos Pelibuey.

Variables de respuesta.	Tipo de ensilado y nivel de inclusión.			
	Ensilado 1(E-1).		Ensilado 2(E-2).	
	30%	50%	30%	50%
Consumo MS total (g/animal/día)	550.20 ^a	570.80 ^b	623.40 ^c	510.30 ^d
Cambio de peso vivo (g/animal/día)	68.40 ^a	67.30 ^b	90.30 ^c	56.20 ^d
Conversión alimenticia	8.04 ^a	8.48 ^b	6.90 ^c	9.08 ^d
Coefficiente de variación	11.0	11.3	10.2	11.50

¹ Valores de las medias con diferente letra y dentro de hileras son diferentes estadísticamente (P<0.05)

Con relación al cambio de peso vivo y conversión alimenticia, se observaron diferencias significativas (P<0.05), destacando mejores ganancias de peso en los borregos que consumieron el ensilado E-2 con 30% de inclusión. Los resultados observados en el presente estudio pudieron ser debidos a la respuesta del animal por efecto del tipo de fermentación sufrida en la cerdaza (adición de grano de sorgo molido y melaza) durante el proceso de conservación, generando ácidos grasos volátiles y otros productos de la fermentación que probablemente estimularon el apetito de los borregos. En cuanto al nivel de inclusión del tipo de ensilado en el total de la ración, se encontró diferencia significativa (P<0.05), pues se observó mejores consumo de MS de la ración total, cambio de peso corporal y conversión alimenticia al ofrecer menor cantidad de ensilado. Estos resultados son similares a los reportados por Gómez et al. (2005), pues se afirma que la inclusión de ensilado de cerdaza en 30%, permite obtener ganancias de peso vivo promedio de 150 g/animal/día, reducción del costo de alimentación y de cada Kg de peso vivo producido. De igual forma, Salazar et al. (2005) han indicado que el mejor consumo total de la ración integral en la alimentación animal, se logra cuando el ensilado de cerdaza se incluye en 15-60% de la dieta y mezclando dicho ensilado con los demás ingredientes.

CONCLUSIONES

Los consumos de materia seca total, el cambio de peso vivo y la conversión alimenticia fueron mejores cuando los borregos consumieron el tipo de ensilado E-2 con un nivel de inclusión del 30% en la ración integral. Estos resultados afirman categóricamente, que la utilización de ensilaje de cerdaza en la ganadería regional permite mantener índices productivos aceptables en la engorda de borregos Pelibuey y convertir un material contaminante en un alimento con valor agregado y de aceptable calidad nutricional, promoviendo la utilización eficiente y sustentable de la cerdaza.

REFERENCIAS.

- Galindo-Barboza, A. J., Domínguez-Araujo, G., Salazar-Gutiérrez, G., ArteagaGaribay, R. I., Martínez-Peña, M. D., Sánchez-García, F. J. y Sánchez-García, R. Ensilado de cerdaza, una oportunidad para el manejo de la bioseguridad y el microbismo en granjas porcícolas. Folleto Técnico Núm. 4. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 44p.
- Gomez, R. S. y col. 2005. Manejo y uso de excretas porcinas. II. Inclusión de ensilado de cerdaza en la alimentación de corderos y toretes de engorda. Desplegable para productores. No. 6. INIFAP-GGAVATT. Campo Experimental Bajío. México.
- Harris, L. E. 1970. Métodos para análisis químico y evaluación biológica de los alimentos para animales. Universidad de Florida. Gainesville. Estados Unidos.

- Martinez-Gamba, R., Pradal-Roa, P., Castrejon, P. E. Herradora, M., Galvan, E., Mercado, C. 2001. Persistence of Escherichia coli, Salmonella cholerae suis, Aujeszky Disease virus, Blue Eye Disease virus in silages based on the solid fraction of pig faeces. J. of Appl. Microbiol.91; 750.758.
- N. R. C. 1985. Nutrient Requirements of Sheep.10th ed. National Academy Press. Washington. D. C. USA.
- Neri, F. O., Burriaga, V. R. y Leon, F. J. 1999. Agronegocios sostenibles. Alternativas para el Desarrollo del Sector Rural y pesquero. FIRA BOLETIN INFORMATIVO. No. 311. Vol. XXXII. Año XXIX. Fideicomisos Instituidos con la Agricultura en el Banco de México. México.
- Salazar, G. G., Gomez, R. S., Espinoza, G. J. A y Gonzalez, O. A. T. 2005. Manejo y uso de excretas porcinas. I. Ensilado de cerdaza. Ingrediente en la alimentación de rumiantes. Desplegable para productores. No. 5. INIFAP-GGAVATT. Campo Experimental Bajío. México.
- SAS. 2000. Statistical Analysis System. Version 9.0-Windows. Institute Inc. N.C. USA.

ÍNDICE DE MASA CORPORAL Y SU RELACIÓN CON LAS RESERVAS CORPORALES DE GRASA EN BORREGAS PELIBUEY

L.M. Chavarría-Aguilar¹, E. Bautista-Díaz¹, V. Meza-Villalvazo², A. Piñeiro-Vázquez³, JC Ku-Vera³, A. Lizarazo Chaparro⁴, A. J. Chay-Canul^{1*}

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2ª Sección, CP 86280, Villahermosa, Tabasco, México.

²Universidad del Papaloapan. Instituto de Biotecnología. Circuito Central No. 200, Col. Parque Industrial. CP. 68301. Tuxtepec, Oaxaca, México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carr. Mérida-Xmatkuil km 15.5, Apdo. 4-116 Itzimná, CP 97100, Mérida, Yucatán, México. ⁴Centro de Enseñanza Práctica en Producción y Salud Animal (CEPIPSA). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Av Cruz Blanca No 486, San Miguel Topilejo, México DF. CP14500. *Email: aljuch@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave: índice de masa corporal, mediciones corporales, grasa corporal, reservas energéticas

El objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre el índice de masa corporal (IMC) con la condición corporal (CC) y los depósitos grasos en borregas Pelibuey. Veinticuatro horas antes del sacrificio se registró a la altura y la longitud del cuerpo de 28 borregas. El índice de masa corporal (IMC) se calculó como: $IMC = (PV \text{ (kg)} / \text{altura a la cruz (m)} / \text{largo del cuerpo (m)}) \times 10$. Las correlaciones de Pearson entre las variables fueron evaluadas utilizando el PROC CORR del SAS. Las relaciones fueron estimadas por medio de modelos de regresión utilizando el PROC REG del SAS. El IMC y la CC presentaron un coeficientes de correlación (r) de 0.80 ($P < 0.05$). Para el peso del músculo (MUS), grasa interna (IF), de la canal (CF) y grasa total (TBF), r varió entre 0.73 a 0.81 ($P < 0.05$). El coeficiente de determinación (r^2) para la ecuación que involucró al IMC y a la CC, fue de 0.75 (DER: 0.75). En las ecuaciones de regresión entre el peso de depósitos grasos y el IMC presentaron un r^2 que varió de 0.54 para IF (DER: 1.98 kg) a 0.60 para CF (DER: 1.81 kg). El índice de masa corporal (IMC) y las reservas energéticas corporales presentaron buena relación. El IMC podría ser utilizado como predictor de las reservas energéticas corporales en borregas Pelibuey adultas, no gestantes y no lactantes.

INTRODUCCIÓN

Estudio previos realizados en borregas Pelibuey, han desmostado que el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) pueden ser buenos estimadores de las reservas energéticas corporales, especialmente las reservas en forma de grasa (Chay-Canul et al. 2011; Antonio-Molina et al. 2015).

Por otro lado, el índice de masa corporal (IMC) es ampliamente utilizado como indicador del estado energético en humanos y está asociado con el grado de obesidad (Tanaka et al. 2002; Fernández et al. 2005). En los animales domésticos, el PV y la CC se utilizan para evaluar el estado de la energía. La CC también se utiliza como un indicador subjetivo del estado nutricional y la cantidad de las reservas energéticas corporales, sin embargo, se considera un parámetro subjetivo (Mendizabal et al., 2011; Kenyon et al., 2014). Tanaka et al. (2002) reportaron que el IMC nunca se había informado en animales domésticos, y no existe ninguna información sobre si un IMC para animales domésticos

reflejaría su estado energético (Vilar-Martínez et al., 2009). Vilar-Martínez et al. (2009) reportaron que el IMC fue un mejor indicador de los efectos de la abstinencia de energía a corto plazo sobre la secreción pulsátil de LH comparado con el PV en cabras. En borregas Pelibuey, no existe información respecto a la relación entre el IMC y las reservas energéticas corporales. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio, fue determinar la relación del IMC y las reservas energéticas corporales para desarrollar ecuaciones de predicción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales, manejo y alimentación

El experimento se llevó a cabo en el rancho El Rodeo, ubicado a 14 km del entronque de la carretera Villahermosa-Jalapa en la ranchería Víctor Manuel Fernández Manero, Jalapa, Tabasco. Se utilizaron 28 borregas Pelibuey, adultas, no gestantes y no lactantes (2-3 años de edad) fueron seleccionadas con diferente condición corporal (CC) en la escala de 1 a 5, donde 1 era muy delgada y 5 obesa (Russell *et al.*, 1969). La CC fue evaluada por dos personas. Veinticuatro horas antes al sacrificio, a las borregas se les registraron la altura y el largo del cuerpo de acuerdo a lo sugerido por Fernandes *et al.*, (2010). El índice de masa corporal (IMC) se calculó de acuerdo a Tanaka et al. (2002): $IMC = (PV \text{ (kg)} / \text{altura a la cruz (m)} / \text{largo del cuerpo (m)}) \times 10$.

Sacrificio de los animales

Previo al sacrificio, los animales fueron dietados (sólidos y líquidos) por un periodo de 24 horas y se registró el peso vivo (PV). Los animales fueron sacrificados de acuerdo a la norma Oficial Mexicana, NOM-033-ZOO-1995, para el sacrificio humanitario de los animales. Después del sacrificio, la canal fue pesada (peso canal caliente, PCC) y dividida por la línea media dorsal en dos partes y enfriada por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente, la canal fue pesada de nuevo (PC fría, PCF) y la media canal izquierda fue dividida en cinco cortes comerciales, que incluyeron: pierna, costillar, lomo, brazo y cuello; cada corte fue disecado en musculo, grasa y hueso y cada tejido fue pesado por separado. Los pesos de los tejidos disecados en la canal izquierda (grasa, musculo y hueso) fueron ajustados al peso total de la canal. Las vísceras y órganos (hígado, corazón, riñones, pulmones, rumen e intestinos vacíos, vesícula biliar, lengua, útero y bazo) se separaron y pesaron. La grasa interna (IF) fue agrupada como, grasa pélvica (alrededor de los riñones y región pélvica), y alrededor del tracto gastrointestinal (omental y mesentérica). El tracto gastrointestinal (TGI), se pesó lleno y vacío. El PV vacío (PVV) fue calculado como el PV al sacrificio menos el contenido del TGI. Se registró el peso de los desperdicios (piel, cabeza, patas, cola, grasa interna, ubre y sangre). La grasa corporal total (TBF) fue considerada como la suma de la grasa en canal (CFAT) más la IF.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de estadística descriptiva utilizando el PROC MEANS (SAS, 2002). Las correlaciones de Pearson entre variables fueron evaluadas utilizando el PROC CORR del SAS. Las relaciones fueron estimadas por medio de modelos de regresión utilizando el PROC REG del SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios, máximos y mínimos de las variables se presentan en la Tabla 1. Se observó que el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) presentaron una alta variación en entre los valores mínimos y máximos. También se observó que los pesos de los distintos depósitos grasos (TBF, IF, CF) fue el componente corporal que más variación presentó, esto concuerda con otros autores (Fernandes *et al.*, 2010), y se ha reportado que esta variación se debe a factores que incluyen la

raza, sexo, edad y estado de madurez. Esta variación permitió correlacionar las variables en animales con marcadas diferencias en el mismo experimento. El IMC y la CC presentaron un coeficiente de correlación (r) de 0.80 ($P < 0.05$). Además para el MUS, IF, CF y TBF el r varió entre 0.73 a 0.81 ($P < 0.05$); sin embargo, con el peso del hueso (BON) no se encontró relación ($P = 0.09$).

Tabla 1. Análisis descriptivo de los datos (n=28)

Variable	Descripción	Media \pm DE	Máximo	Mínimo
CC	Condición Corporal	2.82 \pm 1.29	5.00	1.00
PV	Peso vivo (kg)	41.01 \pm 8.43	59.80	29.80
ACR	Altura de la cruz (cm)	65 \pm 3.18	72	57
LCD	Largo del cuerpo (cm)	58.26 \pm 4.45	66	46
IMC	Índice de masa corporal	10.84 \pm 1.98	14.91	8.18
MUS	Musculo (kg)	10.82 \pm 2.04	15.45	8.33
CFAT	Grasa en canal (kg)	4.26 \pm 2.82	10.62	0.68
BON	Hueso (kg)	3.83 \pm 0.46	5.27	3.19
TBF	Total de la grasa corporal (kg)	9.24 \pm 5.57	20.91	1.39
IF	Grasa interna (kg)	4.98 \pm 2.85	10.28	0.71

En la Tabla 2 se presentan las ecuaciones de regresión entre el IMC, la CC y las reservas energéticas corporales en borregas Pelibuey. Se encontró que el coeficiente de determinación (r^2) para la ecuación 1, que involucró al IMC y a la CC, fue de 0.75 (DER: 0.75). Para la predicción de MUS la r^2 fue de 0.66 (DER: 1.21 kg). Las ecuaciones de regresión entre el peso de depósitos grasos y el IMC tuvieron un r^2 que varió de 0.54 para IF (DER: 1.98 kg) a 0.60 para CF (DER: 1.81 kg). Para BON (kg) no se ajustó ninguna ecuación. En cabras adultas, Vilar et al. (2009) reportaron r^2 de 0.68, 0.87, 0.88 y 0.76 para IF, CF, TBF y MUS, cuando el IMC fue utilizado como predictor.

Tabla 2. Ecuaciones de regresión desarrolladas para la relación del IMC con la condición corporal y las reservas corporales de grasa en borregas Pelibuey

Ecuación	n	CME	DER	r^2	P
1 CC = -2.47 ($\pm 0.78^{***}$) + 0.48 ($\pm 0.07^{***}$) \times IMC	28	0.56	0.75	0.64	<.0001
2 MUS (kg) = 1.90 ($\pm 1.27^*$) + 0.82 ($\pm 0.12^{***}$) \times IMC	28	1.47	1.21	0.66	<.0001
3 IF (kg) = -6.23 ($\pm 2.07^{**}$) + 1.03 ($\pm 0.19^{***}$) \times IMC	28	3.90	1.98	0.54	<.0001
4 CF (kg) = -7.49 ($\pm 1.91^{***}$) + 1.08 ($\pm 0.17^{***}$) \times IMC	28	3.28	1.81	0.60	<.0001
5 TBF (kg) = -13.73 ($\pm 3.83^{**}$) + 2.12 ($\pm 0.35^{***}$) \times IMC	28	13.25	3.64	0.59	<.0001

Se ha establecido que las técnicas no invasivas para predecir la composición de la canal de animales *in vivo*, son preferidas sobre las técnicas que involucran la destrucción de la canal (Scholz et al., 2015). Sin embargo en ovinos de pelo son pocos los trabajos que han utilizado este tipo de mediciones. Este es el primer trabajo realizado en borregas Pelibuey utilizando el IMC para predecir las reservas energéticas corporales; en México y la literatura consultada solo se ha reportado este índice en cabras (Tanaka et al., 2002; Vilar et al. 2009). También es importante hacer notar que la relación entre el PV y el IMC del presente estudio fue de 3.8, lo que fue cercana a la estimada en los trabajos de Tanaka et al. (2002) y Vilar-Martínez et al. (2009). Este trabajo da la pauta para seguir estudiando este índice de fácil aplicación y su relación con el balance energético y la composición corporal en los ovinos tropicales. Debido a la escasez de estudios que evalúen la relación entre el IMC y las reservas energéticas corporales en ovinos, fue difícil realizar más comparaciones al respecto.

CONCLUSIÓN

El índice de masa corporal (IMC) y las reservas energéticas corporales presentaron buena relación. El IMC podría ser utilizado como predictor de las reservas energéticas corporales en borregas Pelibuey adultas, no gestantes y no lactantes.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el financiamiento del proyecto con clave UJAT- PTC-110: Composición corporal y reservas energéticas en borregas de pelo y su relación con su actividad reproductiva.

REFERENCIAS

- AFRC. 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants. Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK, 159 pp.
- Antonio-Molina, G., A. J. Chay-Canul, J. C. Ku-Vera., A. Gomez-Vazquez., A. Cruz-Hernández. 2015. Relationship between body condition score and body fat depots in Pelibuey ewes. IV Congreso Nacional en Modelos y Métodos en Ciencia Animal Aplicada (m2ca2). Del 22 al 24 de abril. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Chay-Canul A. J., A. J. Ayala-Burgos, J. C. Kú-Vera, J. G. Magaña-Monforte, Tedeschi, L. O. 2011. The effects of metabolizable energy intake on body fat depots of adult Pelibuey ewes fed roughage diets under tropical conditions. *Trop. Anim. Health. Prod.* 43: 929-936.
- Fernandes, H. J., L.O. Tedeschi., M. F. Paulino., L. M Paiva .2010. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbred bulls using body measurements. *J. Anim. Sci.* 88:1442-1453.
- Fernández López, J., X, Remesar., M. Alemany. 2005. Ventajas teóricas del índice de Rohrer (P/A3) sobre el índice de masa corporal (P/A2) para la estimación de la adiposidad en humanos. *Rev Esp. Obes.* 3: 47-55.
- Russell, A. J. F., J. M. Doney., R. G. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agr. Sci. (Cambridge.)*. 72: 451-454.
- SAS. 2002. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00, Cary, NC27512-8000. USA.
- Scholz, A. M., L. Bünger., J. Kongsro., U. Baulain., A. D. Mitchell. 2015. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review. *Animal*. doi:10.1017/S1751731115000336.
- Tanaka, T., N. Akaboshi., Y. Inoue., H. Kamomae., Y. Kaneda. 2002. Fasting-induced suppression of pulsatile luteinizing hormone secretion is related to body energy status in ovariectomized goats. *Anim. Reprod. Sci.* 72:185-196.
- Vilar-Martinez, H., H. R. Vera-Avila., E. Gonzalez-Padilla., R. Lopez-Ordaz., G. Dominguez-Araujo., H. Jimenez-Severiano., C. Mejia-Guadarrama. 2009. Comparisson of different in vivo estimators of body fat and muscle content in adult creole goats. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 11: 95-97.

RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO Y LA CONDICIÓN CORPORAL EN BORREGAS PELIBUEY

A. Jiménez de Dios¹, J.R. Velázquez Martínez¹, A. Piñeiro Vázquez², A. C. Lizarazo-Chaparro³,
A. J. Chay-Canul^{1*}

¹Division Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carr. Villahermosa-Teapa, km 25, CP 86280. Villahermosa, Tabasco, México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carr. Mérida-Xmatkuil km 15.5, Apdo. 4-116 Itzimmá, CP 97100, Mérida, Yucatán, México. ³Centro de Enseñanza Práctica en Producción y Salud Animal (CEIPSA). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Av Cruz Blanca No 486, San Miguel Topilejo, México DF. CP14500.
*Email: aljuch@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave: ovejas de pelo, cambios de peso, reservas energéticas

Con el objetivo de estudiar la relación entre el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) en borregas Pelibuey, se utilizaron dos bases de datos y ecuaciones generadas en experimentos previos realizados con borregas Pelibuey adultas, no gestantes no lactantes. En el Experimento I, se utilizaron 54 registros de del PV y la CC de borregas Pelibuey adultas, alimentadas por 65 días en jaulas individuales. En el Experimento II, se utilizaron los registros de 28 borregas Pelibuey adultas, no gestantes y no lactantes de diferente CC, alojadas por un periodo de 45 días en jaulas individuales. El PV y la CC se registraron previo ayuno de 24 h. La CC se determinó de acuerdo a la escala de 1 a 5, donde 1 muy delgada y 5 obesa. Las relaciones entre el PV y la CC fueron estimadas por medio de modelos de regresión utilizando el PROC REG del SAS. Los datos del presente estudio indicaron que una unidad de cambio en la CC correspondió a 5.84 y 6.34 kg de PV en experimento I y II respectivamente. No obstante, las pendientes de estas ecuaciones fueron similares ($P>0.05$); por lo que se construyó otra ecuación que indicó que por cada cambio en la CC se requiere un aumento de 6.60 kg aproximadamente; en una escala del 1 al 5 en borregas Pelibuey lo que equivale al 14.6 % del peso vivo maduro reportado para la raza.

INTRODUCCIÓN

Algunos autores han reportado que para el uso de la condición corporal (CC) como herramienta para el monitoreo de las reservas corporales, es necesario conocer la relación entre la CC y el peso vivo (PV) (Cannas y Boe 2003; Chay-Canul et al 2011a). Los incrementos en la CC, están altamente correlacionados con aumentos en los depósitos de grasa omental, mesentérica, pélvica y riñones, y en la grasa lumbar (Russel et al., 1969; Caldeira y Portugal, 2007; Kenyon et al., 2014). Sin embargo, de la raza Pelibuey (y en general en las razas de ovinos de pelo) se conoce poco sobre la relación que existe entre la CC y el PV, así como su relación con los depósitos de grasa en la canal y los depósitos internos (Chay-Canul et al., 2011b). Chay-Canul et al. (2011a) evaluaron esta relación, no obstante, en este trabajo solo incluyeron animales con CC de 1 a 3.5; por lo que se requiere aumentar la base de datos y realizar análisis con el enfoque de “meta análisis” que permitan aumentar la precisión de los modelos. El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre el peso vivo y condición corporal en borregas Pelibuey, no gestantes y no lactantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos bases de datos y ecuaciones generadas de la relación entre el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) de experimentos realizados con borregas Pelibuey adultas, no gestantes no lactantes de 2 a 3 años de edad.

Animales, dietas y manejo

Experimento I

Se utilizaron 54 registros del PV y la CC de borregas Pelibuey, alimentadas por 65 días en jaulas individuales, con diferentes niveles de consumo de energía metabolizable, con el fin de propiciar cambios en el PV y CC (Chay-Canul et al., 2011a); con estos registros, se obtuvo la Ecuación 1.

Experimento II

Se utilizaron 28 borregas Pelibuey que fueron alojadas por un periodo de 45 días en jaulas individuales de 1.5 × 1.2 m, con comedero y bebedero individual. La alimentación fue ofrecida en dos partes iguales a las 8:00 y a las 15:00 horas. La naturaleza de la dieta fue de 66% de forraje y 34% concentrado, con un estimado de energía de 12 MJ/kg MS y 10% de PC, con el fin de aportar 1.5 veces el requerimiento de energía para mantenimiento de acuerdo al AFRC (1993). Los ingredientes de la dieta fueron granos de cereales molidos (maíz o sorgo), pasta de soya, heno de gramíneas tropicales, vitaminas y minerales.

Peso vivo y condición corporal

El PV y CC se registraron previo ayuno de 24 h. La CC se determinó de acuerdo a la escala de 1 a 5, donde 1 es muy delgada y 5 es obesa (Russell et al., 1969). La CC fue evaluada por dos personas, tal como lo describen Caldeira y Portugal (2007).

Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de estadística descriptiva utilizando el PROC MEANS (SAS, 2002). Las relaciones entre el PV y la CC fueron estimadas por medio de modelos de regresión utilizando el PROC REG y la comparación de las pendientes se realizó con el PROC GLM del SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Lo valores promedio (\pm DE), máximos y mínimos del peso vivo y la condición corporal, se presenta en la Tabla 1. Los coeficientes de correlación (r) entre el PV y la CC fueron de 0.56 y 0.92 en experimento 1 y 2 respectivamente. Las ecuaciones de regresión presentaron un coeficiente de determinación (r^2) de 0.31 y 0.84 en el experimento 1 y 2 respectivamente. Los datos del presente estudio indican que una unidad de cambio en la CC correspondió a 5.84 y 6.34 kg en experimento 1 y 2 respectivamente (ecuaciones 1 y 2). No obstante, al comparar las pendientes de estas ecuaciones, encontramos que estas fueron similares ($P > 0.05$); por lo que se construyó la Ecuación 3, la r de los valores fue de 0.80, e indicó que por cada cambio en la CC se requiere un aumento de 6.60 kg aproximadamente (Tabla 2).

En este sentido, algunos autores han reportado la relación PV/CC o el cambio de peso vivo que se requiere para cambiar un punto en la CC; con rangos entre 2.4 a 16 kg (Canas y Boe, 2007; Chay-Canul et al., 2011; Kenyon et al., 2014); también, se ha reportado que la raza y el llenado del tracto gastrointestinal pueden influir en esta relación (Caldeira y Portugal, 2007).

Tabla 1. Valores promedio, mínimos y máximos del peso y condiciones corporales de borregas Pelibuey, no gestantes y no lactantes

Variable	N	Media± DE	Máximo	Mínimo
<i>Exp. I</i>				
PV	54	36.37±4.55	48.80	29.00
CC	54	2.53±0.41	3.50	1.50
<i>Exp. II</i>				
PV	28	41.01±8.43	59.80	29.80
CC	28	2.82±1.29	5.00	1.00

PV: peso vivo; CC: condición corporal; DE: desviación estándar

La relación PV/CC encontrada en el presente estudio, es menor a la reportada en borregas Rasa Aragonesa por Teixeira et al. (1989), así como los reportes de Russell et al. (1969) en borregas Scottish Blackface (11.3 y 10.6 kg respectivamente). Sanson et al. (1993) reportaron que el PV y CC presentaron un $r=0.89$ y encontraron que la relación PV/CC fue de 5.1 kg PV en una escala de CC de 1-9. Por otro lado, Chay-Canul et al. (2011a) estimaron que la relación entre el PV/CC en borregas Pelibuey (5.8 kg) correspondió al 13% del PV maduro (45 kg) de borregas Pelibuey reportado por Duarte et al (2012). Este porcentaje de la PV/CC con relación al PV maduro coincidió con los reportado por Zygoiannis et al. (1997) para razas de borregas Griegas de diferente PV maduro (13%) y para otras razas de ovinos e inclusive de bovinos reportados por Cannas et al. (2004) y el CSIRO (2007). En el presente trabajo la relación PV/CC fue de 6.60 kg, lo que representa el 14.6 % el peso maduro para la raza; por lo que este porcentaje es próximo al utilizado por el CSIRO (2007), que reporta el PV/CC puede ser calculado como 15 % PV maduro (0.15PVM) de la raza. Esta información es importante ya que en los ovinos de pelo y en particular en borregas Pelibuey, se ha evaluado el efecto de la CC o cambios en la CC sobre parámetros en la reproducción. Sin embargo, debido a la subjetividad de la CC, los resultados encontrados en algunos casos no han sido concluyentes. La relación PV/CC podría considerar a la CC como un parámetro "objetivo", ya que se podría evaluar el cambio de peso para poder determinar si en realidad los efectos observados en este tipo de trabajos están relacionados directamente con la CC.

Tabla 2. Ecuaciones de regresión para estimar el peso vivo por medio de la condición corporal de borregas Pelibuey, no gestantes y no lactantes

N	Ec. ^c	X	a ± EE	b ± EE	r ²	CME	DER	Valor de P
<i>Exp. I</i>								
54	1	CC	21.67(±3.09 ^{***})	5.84 ^a (±1.21 ^{***})	0.31	14.59	3.82	<0.0001
<i>Exp. II</i>								
28	2	CC	23.46(±1.62 ^{***})	6.34 ^a (±0.54 ^{***})	0.84	11.66	3.41	<0.0001
<i>Estudio actual</i>								
82	3	CC	20.74(±1.51 ^{***})	6.60(±0.55 ^{***})	0.64	15.39	3.92	<.0001

r²: coeficiente de determinación; CME: cuadrado medio del error; DER: Desviación estándar residual; EE: Error estándar. ^a ^b superíndices similares en las pendientes (b) de las ecuaciones indican que son similares. ^c número de ecuación. ** P < 0.001; *** P < 0.0001

CONCLUSIÓN

El presente estudio indica que el cambio de peso requerido para cambiar un punto en la condición corporal (escala del 1 al 5) en borregas Pelibuey es de 6.60 kg, lo que equivale al 14.6 % del peso vivo maduro reportado para la raza.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el financiamiento del proyecto con clave UJAT- PTC-110: Composición corporal y reservas energéticas en borregas de pelo y su relación con su actividad reproductiva.

REFERENCIAS

- AFRC. 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants, Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK, 159 pp.
- Caldeira, R. M., and A.V. Portugal. 2007. Relationships of body composition and fat partition with body condition score in Serra da Estrela ewes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20: 1108-1114.
- Cannas, A., and F. Boe. 2003. Prediction of the relationship between body weight and body condition score in sheep. *Ital. J. Anim. Sci.* 2: 527-529.
- Cannas, A., L. O. Tedeschi, D. G. Fox, A. N. Pell, P. J. Van Soest. 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J Anim. Sci.* 82: 149-169.
- Chay-Canul., A. J., A. J. Ayala-Burgos, J. C. Kú-Vera, J. G. Magaña-Monforte, C. L. Ferrell. 2011a. Metabolizable energy intake and changes in body weight and body condition of Pelibuey ewes fed three levels of roughage diets under tropical conditions. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14: 777-786.
- Chay-Canul A. J., A. J. Ayala-Burgos, J. C. Kú-Vera, J. G. Magaña-Monforte, Tedeschi, L. O. 2011b. The effects of metabolizable energy intake on body fat depots of adult Pelibuey ewes fed roughage diets under tropical conditions. *Trop. Anim. Health. Prod.* 43: 929-936.
- CSIRO, 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Collingwood, VIC, 270 pp.
- Duarte-Vera., F, C. A. Sandoval-Castro, L. A. Sarmiento-Franco, L. O. Tedeschi, R. Santos-Ricalde. 2012. Energy and protein requirements of growing Pelibuey sheep under tropical conditions estimated from a literature database analyses. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 15: 97-103.
- Kenyon, P.R., S.K., Maloney, D. Blache. 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New. Zeal. J. Agr. Res.* 57:1, 38-64, DOI: 10.1080/00288233.2013.857698.
- Russell, A.J.F., J. M. Doney, and R. G. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agr. Sci. (Cambridge).* 72: 451-454.
- Sanson, D., T. R. West, W. R. Tatman, M. L. Riley, B. M. Judkins, G. E. Moss. 1993. Relationship of body composition of mature ewes with condition score and body weight. *J Anim Sci.* 71: 1112-1116.
- SAS. 2002. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00, Cary, NC27512-8000. USA.
- Teixeira, A., R. Delfa, and F. Colomer-Roche. 1989. Relationships between fat depots and body condition score or tail fatness in the Rasa Aragonesa breed. *Anim. Prod.* 49: 275-280.
- Zygoyiannis, D., C. Stamataris, N.G. Friggens, J. M. Doney, G. C. Emmans. 1997. Estimation of the mature weight of three breeds of Greek sheep using condition scoring corrected for the age. *Anim. Sci.* 64: 147-153.

VALOR NUTRITIVO DE LA CARNE DE CORDEROS CRUZADOS KATAHDÍN CON PELIBUEY ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE FORRAJE DE ALFALFA

J. G. Cantón Castillo*¹, R.D. Sainz², Y. Moguel Ordoñez¹, A. Alcaraz Romero¹, A. Domínguez Rebolledo¹, D. Betancourt Ancona³, B.A. Piña Cárdenas¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Mocochoá. Km 25 antigua carr. Mérida-Motul. Mérida Yuc., México. ²University of California Davis. Department of Animal Science. One Shields Avenue. 95616. ³Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería Química. Periférico Norte Km 33.5, Chuburna de Hidalgo Inn. Mérida Yuc., México.

*Email: gcanton.javier@inifap.gob.mx

RESUMEN

Palabras clave: Corderos, Canal, Composición, Química, Alfalfa

Se evaluó el efecto del forraje de Alfalfa (FA) en la dieta y el sexo sobre la calidad y valor nutritivo de la carne de corderos cruzados (F1) Katahdín con Pelibuey. Treinta y cuatro corderos machos enteros y veintiún hembras fueron distribuidos mediante un diseño al azar con un arreglo factorial 2 × 2: dos dietas (0 y 23% de FA) y dos sexos (Machos y Hembras). Los corderos se alimentaron en forma *ad libitum* y se sacrificaron cuando alcanzaron un peso vivo (PV) promedio de 39.0 kg. Los corderos machos registraron un mayor PV al sacrificio (40.2a vs 37.8b kg), peso de la canal caliente (CC) (20.0a vs 18.8b kg) y temperatura (19.6 vs 15.9 °C) en el músculo *Longissimus dorsi* (MLD) (P<0.01). Asimismo, registraron una mayor pérdida de agua (17.0%) en la carne a las 48 h después de sacrificados (P<0.05). No se detectó un efecto debido al tipo de dieta y el sexo sobre el pH y la composición química de la carne (P>0.05). Los rangos de pH en el MLD fueron de 5.1 a 6.0, en tanto los valores promedios de, proteína, lípidos totales y minerales encontrados fueron de 19.2, 5.1, 1.1%, respectivamente. Los corderos alimentados con dietas a base forraje de Alfalfa tuvieron una composición química de la carne similar a los que consumieron la dieta con sorgo y oleaginosas, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades nutritivas utilizando dietas con forrajes de buena calidad. Los corderos machos registraron una mayor pérdida de agua en la canal, lo cual indica que la carne de éstos animales empieza a perder sus propiedades físico-químicas a partir de las 48 h de almacenamiento.

INTRODUCCIÓN

México ha sido deficitario en carne de ovino, recurriendo a las importaciones para complementar el abasto, las cuales para el año 2000 ascendieron 44, 666 toneladas sin embargo, con el incremento de la producción nacional en los últimos años, la entrada de carne se ha estado reduciendo paulatinamente, de tal manera que para el año el 2011 se introdujeron solamente 10,613 toneladas (FAOSTAT, 2015).

Las demandas de los consumidores de cortes de carne de cordero se centran más en los rasgos de calidad que en los detalles de cantidad. Sin embargo, no existe una definición exacta de las características de calidad que deben reunir las canales para su comercialización. Para poder cumplir con los estándares de calidad que exige el mercado, es necesario realizar evaluaciones de calidad de la carne, comparar entre razas y sistemas de alimentación para conocer cual fenotipo produce la mejor carne. La alimentación es uno de los principales factores que afectan las características y calidad de la carne (Bilatu et al., 2012), por lo que es indispensable establecer estrategias de alimentación que permitan mejorar estos atributos. Lo anterior, es de gran relevancia, debido a que al mejorar las características de la carne, se beneficia su consumo por el humano. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del forraje de alfalfa en la dieta y el sexo sobre algunas características físicas y químicas de la carne de corderos cruzados (F1) Katahdín × Pelibuey.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 34 corderos machos enteros y 21 hembras Katahdín × Pelibuey, con un peso vivo inicial promedio \pm desviación estándar (DE) de 14.9 ± 2.9 y 13.4 ± 3.2 kg, respectivamente. Los animales se distribuyeron con base a su peso vivo y sexo, utilizando un diseño totalmente al azar, con un arreglo factorial 2×2 , (Montgomery, 2004). Los factores a estudiar fueron: dos dietas, con 0 y 23% de FA (Tabla 1); dos sexos, machos y hembras. Cada repetición consistió en un animal instalado en una corraleta, provista de área de sombra, bebedero y comedero. Los animales se alimentaron a libertad y recibieron una mezcla de minerales traza a libre consumo, asimismo, tuvieron un período de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días y, se pesaron previo ayuno de 16 h cada 14 días hasta el final del período de mediciones, el cual tuvo una duración de 90 días. Al finalizar la prueba todos los corderos se sacrificaron, previo ayuno de 16 h, de acuerdo a la norma oficial mexicana establecida para el sacrificio humanitario de animales (NOM-033-ZOO-1995). Se les cortó la cabeza a la altura de la articulación occisito-atloidea y la piel, las patas, partes de la cavidad torácica (órganos y glándulas) y contenido de la cavidad abdominal y pélvica (contenido gastrointestinal) fueron removidos para dejar libre a la canal. Se registró el peso de la canal caliente (CC) y se mantuvo en refrigeración a 4 °C durante 24 horas. Posteriormente, se realizó un corte acanalado entre la 12^a y 13^a costilla para determinar en el músculo *longissimus dorsi* (MLD) el pH y temperatura, empleando un pH-metro multifuncional HANNA (HI99163N). Se removió de la columna vertebral (vértebras lumbares) el MLD y se tomaron dos muestras de aproximadamente 2.5 cm de grosor cada una, para determinar en las primeras la pérdida de agua, mediante la técnica de goteo descrita por Braña et al. (2011). Las otras muestras se mantuvieron en congelación a menos 20 °C hasta realizar sus análisis bromatológicos. Previo a sus análisis, las muestras se descongelaron durante 24 h a una temperatura de 4 °C para determinar su contenido de humedad, materia seca, grasa, proteína y minerales, de acuerdo a los procedimientos descritos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). Los resultados se analizaron usando un modelo lineal (GLM) de efectos fijos, que incluyeron el efecto de la dieta y sexo, a través de los procedimientos del SAS (SAS Inst. Inc., 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 presenta los resultados del efecto del forraje de alfalfa en la dieta sobre las características de la canal y propiedades físico-químicas de la carne de corderos. No se observaron diferencias significativas atribuible a la dieta para ninguna de las variables evaluadas ($P > 0.05$). Los animales de ambos tratamientos registraron en promedio \pm Error Estándar de la Media (EEM) valores de pH y temperatura en el MLD de 5.5 ± 0.33 y 18.0 ± 0.67 °C, respectivamente, los cuales

se encuentran dentro de los rangos normales para la carne fresca, lo que indica que existió suficiente reserva de energía (glucógeno) en músculo para el proceso de maduración de la carne (Aberle et al., 2001). En cuanto a la composición química de la carne, los valores promedios de proteína, lípidos totales y minerales encontrados fueron de 19.2, 5.1, 1.1%, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los reportados por Díaz et al. (2002), quienes, no observaron diferencias significativas en la composición química de la carne de corderos alimentados a base concentrado y/o pastura. Otros autores (Bonanno et al., 2012) reportan también que el nivel de forraje de la dieta tiene efectos mínimos sobre características de la canal de corderos, lo cual concuerda con lo observado en este trabajo y lo reportado por Díaz et al. (2002) en corderos alimentados a base de concentrado o forraje.

Tabla 1. Composición de las dietas (% BS).

Ingredientes	Dieta	
	Forraje Alfalfa (0%)	Forraje Alfalfa (23%)
Heno de Alfalfa	---	23.000
Sorgo molido	48.240	46.620
Canola	11.000	10.115
Salvado de trigo	12.000	5.000
Cascarilla de soya	14.000	5.000
Melaza de caña	5.000	5.000
Pasta de soya	3.850	---
Carbonato de Calcio	2.800	1.925
Aditivos nutricionales	0.840	0.840
Sal común	0.800	0.800
Urea	0.800	0.800
Bicarbonato de sodio	0.400	0.400
Sulfato de amonio	0.150	0.150
Minerales traza	0.437	0.284
Vitaminas ADE	0.060	0.066
Composición química		
Materia Seca (%)	89.84	90.40
Proteína Cruda (%)	16.00	16.00
EM (Mcal/kg DM) ^a	2.700	2.700

^a Estimado con base al NRC (1985).

Se observó un efecto significativo debido al sexo sobre las características de la canal y las propiedades físicas de la carne (Tabla 3). Los machos registraron un mayor PV al sacrificio, peso de la CC, una mayor temperatura en el MLD, así como una mayor pérdida de agua en el MLD a las 48 h posteriores al sacrificio en comparación con las hembras ($P < 0.01$). Al respecto, se ha reportado, que los componentes de canal están directamente relacionados con el grado de madurez y el peso al sacrificio, en donde los animales más pesados registran una mayor conformación de la canal (Salgueiro et al., 2009; Jacques et al., 2011.), tal y como se evidenció en este trabajo con los corderos machos. La mayor pérdida de agua (17%) registrada en la carne de los corderos machos indica que la carne de éstos animales empezó a perder sus propiedades físico-químicas a partir de las 48 h posteriores a su almacenamiento. No se observó un efecto atribuible al sexo sobre la composición química de la carne ($P > 0.05$). El efecto de la dieta se mostró independiente del tipo de sexo de los corderos en todas las variables evaluadas ($P > 0.05$).

Tabla 2. Efecto del forraje de Alfalfa en la dieta sobre las características físico-químicas de la carne de corderos (músculo *Longissimus dorsi*)

	Dietas		Valor P	EEM
	Forraje Alfalfa (0%)	Forraje Alfalfa (23%)		
Peso vivo al sacrificio (kg)	38.80	39.67	0.808	0.342
Peso canal caliente (kg)	19.42	19.73	0.871	0.206
Temperatura (°C)	18.56	17.53	0.421	0.678
pH	5.47	5.54	0.337	0.032
Pérdida de agua 24 h (%)	0.512	0.523	0.842	0.027
Pérdida de agua 48 h (%)	0.886	0.904	0.808	0.038
Humedad (%)	72.26	72.25	0.991	0.294
Materia Seca (%)	27.74	27.75	0.990	0.293
Proteína cruda (%)	19.20	19.23	0.974	1.683
Lípidos totales (%)	5.52	4.76	0.469	1.848
Minerales (%)	1.09	1.07	0.739	0.071

E.E.M. = error estándar de la media.

Tabla 3. Efecto del sexo sobre las características físico-químicas de la carne de corderos (músculo *Longissimus dorsi*).

	Sexo		Valor P	EEM
	Machos	Hembras		
Peso vivo al sacrificio (kg)	40.25a	37.76b	0.002	0.304
Peso canal caliente (kg)	20.05a	18.88b	0.004	0.206
Temperatura (°C)	19.57a	15.98b	0.007	0.678
pH	5.55	5.45	0.133	0.032
Pérdida de agua 24 h (%)	0.535	0.491	0.449	0.027
Pérdida de agua 48 h (%)	0.964	0.800	0.038	0.038
Humedad (%)	72.61	71.88	0.227	0.294
Materia Seca (%)	27.37	28.11	0.228	0.293
Proteína cruda (%)	19.41	19.04	0.348	1.683
Grasa cruda (%)	4.72	5.57	0.498	1.848
Minerales (%)	1.08	1.09	0.765	0.071

Literales distintas en el mismo renglón indican diferencia estadística (P<0.05; P<0.01)

E.E.M. = error estándar de la media.

CONCLUSIÓN

Los corderos alimentados con dietas a base de forraje de Alfalfa tuvieron características físicas y químicas de la carne similar a los que recibieron la dieta con sorgo y oleaginosas, lo que indica que es posible producir carne de corderos con excelentes propiedades nutritivas, utilizando dietas con forrajes de buena calidad. Los corderos machos registraron una mayor pérdida de agua en la canal, lo cual indica que la carne de éstos animales empieza a perder sus propiedades físico-químicas a partir de las 48 h de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a UC MEXUS-CONACYT por el financiamiento parcial otorgado para la realización de este trabajo.

Referencias

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrad, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Merkel, R.A. 2001. Principles of Meat Science. 4th Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, USA. 354 p.
- Bilatu, A.G., Zelealem, T.G., Anil, K.A. 2012. Effect of metabolic modifiers on meat quantity and Quality. African Journal of Food Science 6(11):294-301,
- Bonanno, A., Tornambè, G., Di Grigoli, A., Genna, V., Bellina, V., Di Miceli, G., Giambalvo, D. 2012. Effect of legume grains as a source of dietary protein on the quality of organic lamb meat. J. Sci. Food Agric.. doi: 10.1002/jsfa.5616.
- Braña VD., Ramírez RE., De la Salud RM., Sánchez EA., Torrescano UG., Arenas MM., Partida PA., Ponce AE., Ríos RF. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. SAGARPA. INIFAP. CONACYT. COFUPRO. México D.F. 89 p.
- C.I.E. 1986. Commission Internationale de l'Éclairage. Colorimetry publication. 2nd ed. CIE Publ. No. 15.2. Bureau Central de la CIE. Vienna, Austria.
- Diaz, M.T., Velasco, S., Cañeque, V., Lauzirica, S., Ruiz, F., Pérez, C., González, J., Manzanares, C. 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. Small Rum Res 43:257-268.
- F.A.O. 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Databases 2004. Fao-Faostat. <http://www.fao.org.mx>. (6 de Abril de 2014).
- Jacques, J.; Berthiaume, R.; Cinq-Mars, D., 2011: Growth performance and carcass characteristics of Dorset lambs fed different concentrates: Forage ratios or fresh grass. Small Rumin Res 95: 113-119.
- Montgomery DC. 2004. Diseños y Análisis de Experimentos. 2ª ed. Edit. Limusa, México. 686 p.
- Salgueiro, Z., Díaz, M.D., Carballo, S.J. 2009. Efecto del acabado sobre la calidad de la canal de terneros y terneras alimentados con ensilados. Arch. Zoot. 58, 11-22.
- S.A.S. Institute Inc. 2003. SAS/STAT user's Guide. Version 6. Fourth Edition. Vol. 1. Cary, NC. SAS Institute Inc. 943 p

DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA Y CRECIMIENTO DE CORDEROS PELIBUEY ALIMENTADOS CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ

R. Alcaraz Romero^{1*}; J. G. Cantón Castillo¹; A. Domínguez Rebolledo; A. Maya Martínez¹; M. Hernández Pérez¹, R. Chiquíni Medina²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CIR-Sureste. ²Instituto Tecnológico de Chiná.

*Email: alcaraz.alberto@inifap.gob.mx

RESUMEN

Palabras clave: Se evaluó la digestibilidad de la dieta y el crecimiento de corderos Pelibuey alimentados con diferentes niveles de inclusión de Forraje Verde Hidropónico de Maíz (FVHM) en su dieta constituida a base de alimento comercial (16% de proteína cruda). Para determinar la digestibilidad aparente de la dieta, se utilizaron 16 ovejas adultas con peso vivo promedio de 35.2±3.4 kg, que fueron distribuidas mediante un diseño al azar a cuatro tratamientos (n= 4/ovejas/tratamiento): 0, 20, 40 y 60% de FVHM en base seca (BS) en la ración. Cada repetición, consistió en un animal instalado en una jaula metabólica de madera y provista de comedero, bebedero y recolectores para heces. Las borregas tuvieron un periodo de mediciones de 6 días, y se determinó la cantidad total de heces producidas por día, así como el consumo y rechazo del FVHM y alimento. Para la prueba de crecimiento, se utilizaron 20 corderos destetados con peso vivo promedio de 20.0±2.18 kg, los cuales se distribuyeron mediante un diseño al azar a los tratamientos descritos anteriormente (n= 5/corderos/tratamiento). Cada repetición consistió en un animal instalado en corraleta, durante 84 días. Se detectó mayor digestibilidad de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) en las dietas con 40% y 60% de FVHM (P<0.05; P<0.01), contrariamente, las dietas con 0% y 20% de FVHM tuvieron una mayor digestibilidad de cenizas (P<0.05). Los corderos que recibieron la ración con 0 y 20% de FVHM, registraron mayor ganancia diaria de peso (255^a y 246^{ab} g/animal/d) y peso total con 16.6^a y 16.1^a kg/animal, en comparación con los que recibieron la ración con 40 y 60% de FVHM (P<0.01). El FVHM es un alimento de con un alto contenido de PC y elevada digestibilidad, por lo que es posible obtener ganancias de peso aceptables en corderos alimentados con raciones que incluyan hasta un 60%.

INTRODUCCIÓN

En las zonas tropicales, la disponibilidad y la calidad del forraje está caracterizada por ser marcadamente estacional, de tal manera que tanto la mayor producción como la mejor calidad del forraje se obtiene durante la estación de lluvias. Esta situación hace que en la época de sequía, los forrajes y demás insumos alimenticios, sean más demandados, se encuentren a precios elevados y sean más escasos, que por ende, pone en riesgo la productividad y rentabilidad de las explotaciones ovinas. En vista de lo anterior, es indispensable buscar nuevas tecnologías que permitan la generación de recursos forrajeros cuando los animales lo necesiten en acorde a la naturaleza y que permitirá reducir el impacto ambiental, debido a la utilización de grandes superficies de terreno que han sido artificialmente modificadas. En este sentido, el Forraje Verde Hidropónico de maíz (FVHM)

representa una alternativa muy valiosa para la producción rápida y constante de forraje verde, de alto valor nutritivo para el ganado en zonas ganaderas extensivas, donde la época de sequía es prolongada (FAO, 2002). Con el FVHM se puede obtener de un 50% a 70% de inclusión en la dieta, una excelente ración alimenticia para el ganado, sin embargo, para fines de mantenimiento de peso o en caso de sequía, el FVHM puede representar hasta el 100% de la ración alimenticia de los animales (Herrera et al., 2007). El objetivo del presente trabajo fue determinar la digestibilidad aparente de la proteína cruda (PC), materia seca (MS), materia mineral (MM), Calcio (Ca), Fósforo (P), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de la ración de borregos Pelibuey, alimentadas con diferentes niveles de inclusión de FVHM, así como medir el efecto de utilización del FVHM en la dieta sobre el consumo de MS y la ganancia de peso de corderos Pelibuey en crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación área de estudio. El ensayo se realizó en Chiná, Campeche, México, localizado a 19° 44' de latitud norte y 90°26' de longitud oeste, a 15 msnm., con clima tropical subhúmedo AW (Duch, 2002).

En la prueba de digestibilidad, se utilizaron 16 ovejas Pelibuey adultas con un peso vivo promedio de 35.2 kg \pm 3.4 kg, DE. Se distribuyeron en un diseño completamente al azar (Montgomery, 2004) en cuatro tratamientos; 0, 20, 40 y 60% de FVHM en base seca (BS) en la ración, constituida a base de alimento comercial con 14% de proteína cruda. Cada repetición (n=4) consistió en una oveja instalada en una jaula metabólica de madera y provista de comedero, bebedero y recolectores para heces y orina. Previo al inicio de la prueba, las ovejas se desparasitaron internamente (ivermectina) y tuvieron un periodo de adaptación a las dietas y jaulas de 8 días. Se proporcionó primero por las mañanas el alimento comercial y el FVHM se suministró después de las 12:00 am. Las ovejas tuvieron un periodo de mediciones de 6 días, en el cual se determinó la cantidad total de heces producidas por día, así como el consumo de alimento, pesando diariamente la cantidad de alimento y FVHM ofrecido y rechazado. Una vez determinada la cantidad de heces producidas, se tomaron muestras de heces (10%), alimento y FVHM ofrecido y rechazado diariamente para determinar en laboratorio su contenido de PC, MS, MM, Ca, P, FDN, FDA, de acuerdo a los procedimientos descritos por la AOAC (AOAC, 2000).

Para la evaluación de crecimiento, se utilizaron 20 corderos machos de raza Pelibuey, destetados, con un peso vivo promedio de 20.0 kg \pm 2.18 kg, DE. Se distribuyeron en un diseño completamente al azar (Montgomery, 2004) en cuatro tratamientos descritos; 0, 20, 40 y 60% de FVHM en base seca (BS) en la ración, constituida a base de alimento comercial con 14% de proteína cruda. Cada repetición (n=5), consistió en un animal instalado en una corraleta provista de comedero, bebedero, con piso de cemento y área de sombra. Previo al inicio de la prueba, los corderos se desparasitaron internamente (ivermectina) y se vacunaron contra *Pasteurella multocida*. Asimismo, tuvieron un periodo de adaptación a las dietas y corraletas de 14 días. Se proporcionó primero por las mañanas el alimento balanceado, posteriormente se suministró el FVHM. Se registró cada dos días el consumo de alimento, pesando la cantidad ofrecida y rechazada de cada uno los ingredientes de la ración. Los consumos de alimento se ajustaron cada 14 días con base al peso vivo de los animales. Se determinó la ganancia diaria de peso (GDP) de los corderos pesándolos al inicio, cada 14 días y al final del periodo de mediciones, el cual tuvo una duración de 84 días.

Análisis estadístico. Los resultados de la prueba de digestibilidad, se analizaron mediante un modelo lineal para efectos fijos, que consideraron el efecto del nivel de inclusión del FVHM en la dieta. Para en análisis estadístico del crecimiento de los corderos, las ganancias de peso fueron analizadas mediante el modelo de medidas repetidas, en tanto que las demás variables se analizaron empleando un modelo lineal (GLM) para efectos fijos, que consideraron el efecto del nivel de inclusión del FVHM en la dieta, usando los procedimientos Proc Mixed y Proc GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSION

En los resultados de la Tabla 1, se muestra un alto contenido de PC (18:3%) y alto contenido de fósforo (0.44%) en el FVHM, siendo estos de mayor importancia, debido a que representan aproximadamente el doble del valor reportado para otros forrajes tropicales (Vargas, 2008 y Juárez, 2013), por lo que puede ser considerado como un forraje de alto valor nutritivo para el ganado. Los demás componentes químicos hallados en el FVHM fueron: 23.0% MS, 3.7% C y se puede apreciar en el FVHM, las bajas concentraciones de las fracciones de fibra encontrada (55.3% FDN, 20.5% FDA), lo que indica, que puede ser un forraje muy apetecible para el ganado.

Tabla 1. Composición química del Forraje Verde Hidropónico de maíz*

Componente	% Base seca
Humedad	76.97
Materia Seca	23.03
Proteína cruda	18.30
Cenizas	3.80
Fósforo	0.44
Calcio	1.20
Fibra Detergente Neutra	36.92
Fibra Detergente Ácida	15.05

*Análisis realizados en el laboratorio de Agua-Suelo-Planta del ITA Conkal

En cuanto a la digestibilidad de la dieta, se observó una mayor digestibilidad de la MS y PC, en las ovejas que consumieron las dietas a los niveles de inclusión al 40% y 60% de FVHM ($P < 0.05$; $P < 0.01$), contrariamente, los animales que recibieron 0% y 20% de FVHM tuvieron una mayor digestibilidad de las cenizas en comparación con los demás tratamientos ($P < 0.05$) (Tabla 2). No se observaron diferencias significativas atribuibles a los tratamientos sobre la digestibilidad de la FDN y FDA en la dieta ($P > 0.05$). Es probable que al incluir el FVHM en la dieta mejore la función ruminal de las borregas y junto con los granos de cereales y oleaginosas del alimento constituyan un complemento adecuado para una utilización más eficientemente de los componentes de la ración, lo cual, les permita tener valores de digestibilidad similares y/o superiores a los de un alimento comercial.

En lo que respecta al crecimiento de los corderos, los que recibieron el 60% de FVHM registraron un menor consumo de MS en comparación con los demás tratamientos ($P < 0.05$), lo cual puede ser atribuible al mayor contenido de humedad del forraje. No se encontraron diferencias significativas entre los animales que recibieron las dietas con 20 y 40% de FVHM ($P > 0.05$). Los valores de consumo de MS obtenidos se encuentran dentro los rangos establecidos para los ovinos de pelo (Huerta, 2001). Los corderos del tratamiento con 0% de FVHM tuvieron una mayor ganancia diaria de peso y peso total en comparación con los que recibieron el 40 y 60% de FVHM ($P < 0.01$). No se registraron diferencias

significativas entre los corderos del tratamiento con 0 y 20% FVHM, ni entre los que consumieron las dietas con 40 y 60% de FVHM ($P>0.05$) (Tabla 3). Otros autores (Juárez *et al.*, 2013) reportan ganancias diarias de peso de 240 g en corderos alimentados con concentrado ad libitum más 300 g de materia seca de FVHM, la cual es similar a la obtenida en este estudio con animales que recibieron 20% de FVHM en su dieta base. Este autor concluye que la inclusión del Forraje verde hidropónico en la dieta de los corderos permitió mejorar la asimilación del concentrado y disminuir el tiempo de engorda de los corderos. A pesar, de que los animales del tratamiento con 60% de FVHM registraron las menores GDP, los valores obtenidos son muy superiores a los encontrados en otros estudios con animales alimentados a base de forraje y algún suplemento proteico, en el cual se reportan GDP de 60 a 80 g/animal (González *et al.* 2011). Lo anterior puede ser atribuido al mayor valor nutricional que tiene el FVHM. Herrera *et al.* (2007), observaron una mayor GDP en ovinos que recibieron como suplemento afrechillo de trigo en comparación con FVHM en su dieta base constituida con pasto *Panicum maximum* (41 vs 12 g/anim), representando el FVHM de la dieta total de 19%. A diferencia de este trabajo, estos autores no utilizaron alimento concentrado, lo cual explica las bajas GDP obtenidas.

Tabla 2. Digestibilidad de la dieta de borregas Pelibuey alimentadas a base de Forraje verde hidropónico de maíz (FVHM)

Variables	Nivel de inclusión del FVHM				Valor P	E.E.M.
	0%	20%	40 %	60%		
Digestibilidad de MS	89.74 ^b	90.17 ^{ab}	91.38 ^a	90.98 ^{ab}	0.0228	0.23
Digestibilidad de Cenizas	79.75 ^{ab}	81.67 ^a	71.92 ^{ab}	74.19 ^b	0.0254	1.41
Digestibilidad de Proteína	75.58 ^b	79.13 ^{ab}	81.04 ^a	80.04 ^a	0.0103	0.69
Digestibilidad de FDN	79.60	78.61	82.63	90.40	0.5892	3.20
Digestibilidad de FDA	71.00	77.22	69.20	76.08	0.2378	1.62

Letras diferentes en la misma fila denota diferencias significativas al ($P<0.05$; $P<0.01$);

MS = Materia Seca; FDN= Fibra Detergente Neutro; Fibra Detergente Acida; E.E.M. = error estándar de la media

Tabla 3. Efecto del nivel de inclusión de Forraje verde hidropónico de maíz (FVHM) sobre el consumo de alimento y ganancia de peso de corderos Pelibuey en crecimiento.

Variables	Nivel de inclusión del FVHM				E.E.M.
	0%	20%	40 %	60%	
Consumo de MS (g/d)	954 ^b	1124 ^a	1112 ^{ab}	928 ^c	117
Peso Inicial (kg)	21.44	23.48	21.26	19.00	3.11
Peso Final (kg)	39.00 ^a	38.60 ^a	35.00 ^a	27.13 ^b	3.63
Ganancia Diaria de peso(g)	255 ^a	246 ^{ab}	202 ^{bc}	170 ^c	6
Ganancia Total de peso (kg)	17.60 ^a	16.11 ^a	16.11 ^{ab}	9.53 ^b	3.30

Letras diferentes en la misma fila denota diferencias significativas al ($P<0.05$);

E.E.M. = error estándar de la media

CONCLUSIONES

El forraje verde hidropónico de maíz representa un alimento con un elevado contenido de proteína cruda y de alta digestibilidad, por lo que puede ser utilizado en la alimentación de ovinos como una excelente fuente de forraje en sustitución del alimento comercial. Debido a lo anterior, es posible obtener ganancias diarias de peso altas de 250 a 300 g/día en corderos de pelo alimentados con raciones que incluyan hasta un 40% del forraje.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Produce Campeche A.C por el financiamiento parcial, otorgado para la realización del estudio.

REFERENCIAS

- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 999.11.
- Duch GJ. 2002. Los regímenes climáticos en la conformación territorial del Estado de Yucatán. México. pp: 107-231.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2002. Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago de Chile, Chile.
- González GR, Torres HG, Arece GJ. 2011. Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína Avances en Investigación Agropecuaria 13(3): 3-20.
- Herrera AAM.; Depablos ALA.; López MR.; Benezra SMA.; Leyla R. 2007. Degradabilidad y Digestibilidad de la Materia Seca del Forraje Hidropónico de Maíz (*Zea mays*). Respuesta Animal en Términos de Consumo y Ganancia de Peso. FCV-LUZ / Vol. XVII, N° 4, pp. 372 - 379, 2007. Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela.
- Huerta BM. 2001. Requerimientos nutricionales de ovinos Pelibuey y de lana. II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mérida, Yucatán. pp:1-16.
- Juárez PL, MoralesRH, Sandoval VM, Gómez DA, Cruz CE, Juárez RC, Aguirre OJ, Alejo SG, Ortiz CM. 2013. Producción de forraje verde hidropónico. Revista Fuente nueva época. Año 4, No. 13: pp: 16-26.
- Montgomery DC. 2004. Diseños y Análisis de Experimentos. Edit. Limusa. Mex. 686 p.
- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT user's Guide. Versión 6. Fourth Edition. Vol. 1. Carry, NC. SAS Institute Inc. 943 p.
- Morales, A. 1987. Forraje hidropónico y su utilización en la alimentación de corderos precozmente destetados. Tesis. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán, Chile. 64 p.
- Vargas RC. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía Mesoamericana 19(2): 233-240.

SANIDAD Y BIENESTAR ANIMAL

COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA EN OVINOS DE PELO BAJO CONDICIONES DE PASTOREO SEMIEXTENSIVO

A. Palacios Fránquez*, G. Martínez Velázquez, A. Cárdenas Sánchez

CIR-Pacífico Centro-INIFAP.

*Email: palacios.antonio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Palabras clave: Tratamientos, Nematodos Gastroentéricos, Pelibuey, Blackbelly

Para determinar los porcentajes de infestación mediante la aplicación de diferentes antihelmínticos en ovejas bajo dos sistemas de pastoreo semiextensivo en trópico subhúmedo se realizó un experimento, en “El Verdineño”, Nayarit; México. Cuatro grupos de ovinos se asignaron a cuatro tratamientos: T₁ (n=15), ivermectina, T₂ (n=15), albendazol, T₃ (n=15), closantel y T₄ (n=15), tetramisol fosfato. Cada grupo se dividió en dos grupos de siete y ocho borregas. El grupo de 28 borregas fue introducido a pastoreo en una área de riego con pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) y el grupo de 32 borregas fue introducido en una área de temporal con pasto Llanero (*Andropogon gayanus*). Se recolectaron muestras de heces (Día 8, 22, 42 y 62) y se analizaron por la Técnica McMaster, para cuantificar huevos eliminados por gramo de heces. La variable de respuesta fue porcentaje de infestación y se considero como animal positivo aquel que presentó al menos un huevo por gramo de heces. El modelo incluyo los efectos fijos de antihelmínticos (Ivermectina, albendazol, closantel y levamisol), raza (Pelibuey y Blackbelly), tipo de pasto (Pangola y Llanero). A los ocho días postratamiento no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. A los 22 días, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) del closantel, con ivermectina y levamisol. A los 42 días mostro diferencias estadística ($P<0.05$), la ivermectina, con closantel y levamisol. A los 62 días, mostró diferencias estadística ($P<0.05$), la ivermectina, con albendazol, closantel y levamisol. La raza en el día ocho no mostraron diferencia estadística ($P>0.05$). El día 22, 42 y 62 la raza blackbelly presentó mayor protección contra parásitos. El tipo de pasto; en el día ocho no mostraron diferencia estadística ($P>0.05$), pero el día 22, 42 y 62, hubo diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$). La aplicación de ivermectina cada 62 días o de albendazol y tetramisol fosfato cada 42 días permite reducir las cargas parasitarias de nematodos gastroentéricos en ovejas. La raza blackbelly, ofrece mayor resistencia a sufrir de parasitosis y el pasto llanero es una alternativa para evitar continuas reinfestaciones por parásitos.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades parasitarias, representan un grave problema de salud que afecta considerablemente a los ovinos, sobre todo en las zonas tropicales, subtropicales y templadas del mundo (Holmes y Coop, 1994). En México las enfermedades parasitarias ocasionadas por los

nematodos gastroentéricos, ocupan uno de los primeros lugares dentro de las causas que ocasionan efectos detrimentales en la producción pecuaria a nivel Nacional (Vázquez y López, 1999). Los parásitos muestran una amplia distribución en los borregos que se mantienen bajo condiciones de pastoreo y se ha determinado que existe susceptibilidad de raza y edad, siendo los ovinos jóvenes las víctimas más comunes y se considera a los borregos adultos como los portadores de parásitos, lo cual se favorece la transmisión cuando los animales pastorean juntos (Morteo *et al.*, 2004). Las investigaciones en el desarrollo de medicamentos antihelmínticos, es una actividad muy dinámica y ha estado orientada en los últimos años a obtener, productos con buena efectividad y que produzcan la menor resistencia posible en futuras generaciones de parásitos tratados periódicamente con ciertos productos químicos, como es el caso la familia de las avermectinas, imidazotiazoles, bencimidazoles y salicilanilidas (Sumano y Ocampo, 1998). Nayarit; posee una amplia extensión de áreas de pastoreo naturales e inducidas que favorecen la proliferación e infestación de parásitos en los ovinos. El objetivo fue determinar los porcentajes de infestación mediante la aplicación de diferentes antihelmínticos en ovejas pelibuey y blackbelly, bajo dos sistemas de pastoreo semiextensivo en trópico subhúmedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Sitio Experimental “El Verdineño”, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Sauta, Municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit; entre los 21° 33' de latitud norte y los 105° 11' de longitud oeste y una altitud promedio de 40 msnm. Tiene un clima tropical subhúmedo (Aw_2), una precipitación pluvial de 1,200 mm., y la temperatura media anual es de 24° C, con una época de secas que fluctúa de siete a ocho meses al año. Antes de iniciar el experimento se procedió a realizar un muestreo de heces en el rebaño compuesto por 160 hembras, de la raza Pelibuey y Blackbelly mediante la técnica coproparasitoscópica de McMaster (Nemeseri, 1961). Fueron escogidas al azar 60 borregas, de las cuales se formaron cuatro grupos de ovinos que se asignaron a cuatro tratamientos. T₁ (n=15), ivermectina, 5mg/25 kg de p.v., vía subcutánea. T₂ (n=15), albendazol 100 mg/20 kg de p.v. oral. T₃ (n=15), closantel 50 mg/10 kg de p.v. y T₄ (n=15), Tetramisol fosfato 223 mg/50 kg de p.v. subcutánea. Cada grupo se subdividió en dos grupos de siete y ocho borregas. El primer grupo formado por 28 borregas fue introducido al pastoreo en una área de riego cubierto de pasto Pangola (*Digitaria decumbens*). El segundo grupo formado por 32 borregas fueron introducidas en una área de temporal cubierto de pasto Llanero (*Andropogon gayanus*). Después del tratamiento se realizaron muestreos de heces el día 8, 22, 42 y 62. La información se analizó con el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS. La variable de respuesta fue porcentajes de infestación y se consideró como animal positivo aquel que presentó al menos un huevo por gramo de heces. El modelo incluyó los efectos fijos de antihelmínticos (Ivermectina, albendazol, closantel, y levamisol), la raza (Pelibuey y blackbelly), el tipo de pastoreo (Pangola y llanero), más las interacciones del tratamiento de raza y tipo de pasto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios de huevos eliminados por gramo de heces en el día 0 fueron de 1756, 1697, 1683 y 1287 para T₁, T₂, T₃ y T₄, respectivamente. Los análisis preliminares mostraron no haber encontrado diferencias entre dichas interacciones del tratamiento de raza y tipo de pasto ($P>0.25$). Los porcentajes de efectividad contra nematodos gastroentéricos, se pueden observar en la Tabla 1. A los ocho días después de haber aplicado los tratamientos se demostró que el porcentaje de efectividad de los antihelmínticos fue del 100% para levamisol y 99% para Ivermectina, albendazol y closantel; por lo que no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre

tratamientos. A los 22 días, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) del closantel con ivermectina y levamisol. Pero no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre ivermectina, albendazol y closantel. A los 42 días postratamiento, mostró diferencias estadísticas ($P < 0.05$), la ivermectina con closantel y levamisol. Pero no hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre ivermectina y albendazol. A los 62 días, mostró diferencias estadísticas ($P < 0.05$), la ivermectina con albendazol, closantel y levamisol. La efectividad antihelmíntica de acuerdo a la raza; podemos observar en la Figura 1, que el día ocho no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$), la efectividad para ambas razas fue del 100%. En el día 22, 42 y 62, la raza blackbelly presentó mayor protección con 71%, 62% y 15%, respectivamente. Mientras que la raza Pelibuey fue de 44%, 20% y 11%, respectivamente. Los efectos sobre el tipo de pasto; podemos observarlos en la gráfica número 2. En el día ocho no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$), la efectividad para ambos pastos fue del 100%. En el día 22, 42 y 62 el pasto llanero presentó un mejor control en los parásitos con 73%, 57% y 30%, respectivamente. Mientras que el pasto pangola fue de 41%, 23% y 5% respectivamente. Los resultados de ivermectina anteriormente descritos en la Tabla 1, son similares a lo reportado por Cervantes *et al.*, 1997. Estos autores reportan un 98% de efectividad el día 21 y la eficacia del tratamiento fue disminuyendo paulatinamente hasta llegar al 26.8% y 0% en el día 70 y 84. Figueroa *et al.*, 2002, aplicaron ivermectina (0.2 mg/kg de p. c.) por vía subcutánea a un grupo de ovinos y reportan un 97% de efectividad hasta el día 14. Cuellar *et al.*, 2002, reportan un 87.5% de efectividad de la ivermectina. Campos *et al.*, 1997, utilizó 40 ovinos Pelibuey bajo pastoreo semiextensivo, reporta una efectividad de la ivermectina de 91.6%. Cuellar *et al.*, 2002, reportan el 35.4% de efectividad del albendazo. Vázquez *et al.*, 1986, reportan a albendazol como el de mayor efectividad (100%). Cervantes *et al.*, 1997, mencionan al closantel como el de menor efectividad antiparasitario. Además reportan una eficacia máxima de 35.7% en el día 8 y para el día 49 y 70 fue de 0%. Con respecto a levamisol; los resultados del trabajo se relacionan con lo publicado por Rodríguez *et al.*, 1981, concluyen que éste tratamiento tuvo una efectividad del 100%. De La Cruz *et al.*, 1997, al evaluar el levamisol en 50 borregas reportan una efectividad del 100% después de los siete días de la aplicación del tratamiento y las cargas parasitarias se empezaron a observar hasta el día 67. Cuellar *et al.*, 2002, reportan un 50% de efectividad para el levamisol. Vázquez *et al.*, 1986., cuando evaluaron varios antihelmínticos, reportan al levamisol como uno de los más efectivos (99%). Gutiérrez *et al.*, 1975. Concluyen que el levamisol fue efectivo (100%). Se menciona a la raza, como un factor determinante en la resistencia de parásitos gastrointestinales ya que generalmente los animales nativos o “criollos” son considerados más resistentes a las parasitosis en relación a las razas europeas puras (Cuellar, 2000). Aunque estadísticamente no se pudo demostrar diferencias significativas entre razas podemos afirmar numéricamente que los porcentajes de efectividad en el día 22, 42, y 62, mostró una mejor protección contra nemátodos gastroentéricos la raza Blackbelly.

Tabla 1. Porcentajes de efectividad antihelmíntica en base a diferentes intervalos de muestreos en ovinos

Intervalos de muestreos	Tratamientos			
	Ivermectina	Albendazol	Closantel	Levamisol
Días postratamiento				
8	99 ^a	99 ^a	99 ^a	100 ^a
22	69 ^a	62 ^{ac}	25 ^{bc}	75 ^a
42	76 ^a	39 ^{abc}	16 ^{bc}	29 ^c
62	66 ^a	16 ^b	11 ^b	4 ^b

^{a, b, c, d} Letras diferentes dentro de renglón indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

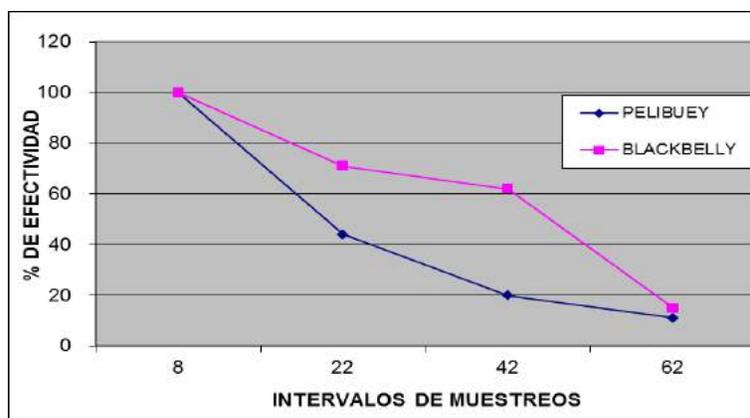


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre la raza

El resultado es similar a lo reportado por González *et al.*, 2003. El tipo o variedad de pasto relacionado con el pastoreo es otro factor desencadenante en las infestaciones por parásitos en borregos. Cuando las ovejas se mantienen en pastoreo semiextensivo en praderas irrigadas, la humedad junto con la cantidad de luz solar y el tipo de pasto son factores determinantes para el desarrollo ideal del ciclo biológico de los parásitos ya que entre mayor humedad y menos luz solar exista en la pradera el parásito acelera su ciclo biológico (Campos, 1990 y Castells, 2000). Lo antes descrito por éstos autores queda demostrado en este estudio, ya que los resultados mostrados en la Figura 2, demuestran que la efectividad del tratamiento está influenciado por el sistema de pastoreo. Durán, 1992 y Palacios *et al.*, 1991, reportan en el área de riego, un mayor número de animales infestados por parásitos y un menor porcentaje de ovinos infestado en el área de temporal con pasto llanero.

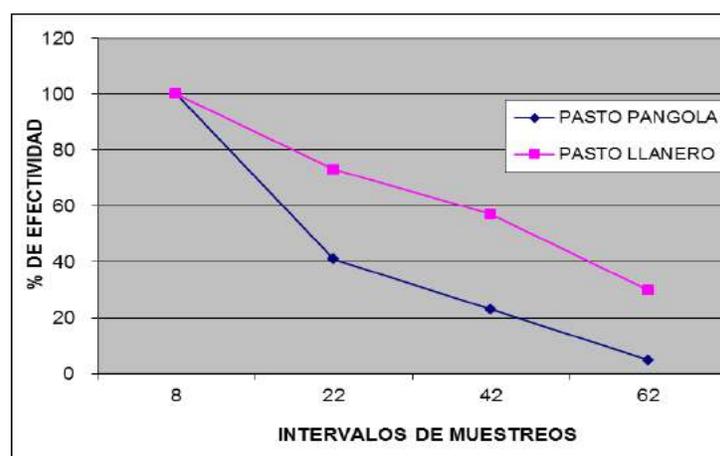


Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre el tipo de pasto

CONCLUSIONES

La ivermectina ofrece mejores resultados para ser utilizada en los programas de desparasitación cada 62 días. Albendazol y levamisol, pueden ser considerados como una alternativa más aunque con periodos de efectividad más cortos. La blackbelly mostró ser una raza alterna para evadir los parásitos internos. El Pasto Llanero (*Andropogon gayanus*) en condiciones de temporal, mostró ser

una buena alternativa para pastoreo y evitar continuas reinfestaciones por nematodos gastroentericos.

REFERENCIAS

- Campos, R. R. Limón, N. E. Saénz, F. M. A. 1997. Efectividad en ovinos del albendazol y Oxfendazol administrados solos o combinados contra nematodos resistentes y susceptibles al tiabendazol. *Téc. Pecu. Méx.* Vol. 35. No.1. p.47-51.
- Cervantes, R. M. A., Cuéllar, O. J. A., Silva, M. R. 1997. Evaluación del periodo de reinfestación por nemátodos gastroentéricos en ovinos tratados con closantel, ivermectina o moxidectina. *Memorias. IX Congreso Nacional Producción Ovina.* p. 150-155.
- Cuellar, O. J. A. López, T. V. Cuandón, M. R. Silva, M. R. Cervantes, R. M. T. 2002. Hallazgo de nematodos gastroentéricos con resistencia a antihelmínticos en ovinos del centro de México. *Memorias XXXVIII reunión de Investigación Pecuaria.* Puebla. p. 350.
- Durán, A. M. J. 1992. Determinación del incremento de Huevecillos de Nemátodos Gastrointestinales bajo condiciones de Temporal en Ovejas Pelibuey durante el Posparto. Tesis licenciatura. Compostela, Nayarit. Universidad Autónoma de Nayarit; México.
- Figuroa, C. J. A. Negrete, T. M. P. Méndez, M. R. D. Quiroz, R. H. 2002. Eficacia de la ivermectina y moxidectina contra una población de *Haemonchus contortus* resistente al Fenbendazol. *Memorias XXXVIII reunión de Investigación Pecuaria.* Puebla. p. 341.
- González, G. R. Torres, H. G. 2003. Estimación del índice de repetición de las cargas de nemátodos gastrointestinales en ovinos tropicales. Universidad Autónoma de Chapingo. *Livestock Research for Rural Development* 15 (14). Retrieved June 14, 2007.
- Holmes, P. and R. Coop. 1994. Workshop summary: Pathophysiology of gastrointestinal parasites. *Veterinary Parasitology* 54:299-303.
- Becerril C. M. Sánchez, G.S. J. y Ibáñez, A. E. (2004). Efecto de la variación fenotípica en la resistencia de corderos Pelibuey a las infestaciones con nemátodos gastrointestinales. *Agrociencia* 38:395-404.
- Palacios, F. A. Villar, R. C. y Vázquez, P. V. Determinación del incremento de huevos de nemátodos gastroentéricos en ovejas después del parto. *Memoria de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria.* Tamaulipas 1991. p. 182 México, 1991.
- Vázquez, P. V.; y Nájera, F. R. 1986. Determinación de Estadios Infecciosos de Nemátodos Gastroentéricos en Ovinos en un Clima Subtropical Húmedo. *Téc. Pec. En México. México, D. F.* 25:1. p. 25-31.

EVALUACIÓN DE CESTODOSIS EN OVINOS COMERCIALES DURANTE LA ÉPOCA DE LLUVIAS EN SUCHIAPA, CHIAPAS

N. Celaya Arteaga, M.E. Reyes García, H. Sánchez Pineda, M. Peralta Lailson

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Autónoma de Chiapas.

*Email: prodovinos09@gmail.com

RESUMEN

Palabras clave: La ovinocultura en el país se ve afectada por el problema más común y costoso, parasitosis gastrointestinales. En particular la cestodosis es considerada como causal de efectos nocivos en los animales jóvenes provocando pérdidas en la producción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la cestodosis ovina en animales de pastoreo y confinamiento en la época de lluvias en un rebaño comercial del municipio de Suchiapa, Chiapas, ubicado entre las coordenadas 16°40'00" latitud norte y 93°04'53" longitud oeste, a 695 msnm (Google Earth, 2013) con un rango de temperatura que oscila entre los 20 y 26°C, precipitación de 800 a 1,500 mm. Se muestrearon inicialmente 173 ovinos divididos en 3 grupos; Grupo A: hembras mayores de un año en pastoreo (74), Grupo B: hembras de reemplazo en confinamiento (44) y Grupo C: machos en confinamiento de engorda (55). Se colectaron heces para determinar la presencia de huevos de *Moniezia expansa*, utilizando la técnica de McMaster y se tomaron muestras de sangre a los animales con resultados positivos a ésta parasitosis para evaluar el grado de anemia en caso de presentarse, del mismo modo fueron desparasitaron con Albendazol (5 mg/KG/PV) evaluando la reincidencia de casos en éstos grupos como la efectividad del tratamiento. El valor general de prevalencia de cestodosis fue de 4.58% mostrando un porcentaje similar entre las hembras en pastoreo y los corderos. Cabe mencionar que de los 6 animales positivos 3 (50%) presentaron bajos niveles de hematocrito.

INTRODUCCIÓN

Los ovinos son afectados por varios tipos de enfermedades. Se considera que las pérdidas más serias provienen de las parasitosis gastrointestinales ya que cuando las infestaciones son de magnitud elevada pueden ocasionar la muerte del animal. La mayor repercusión de las pérdidas económicas son las resultantes de la debilidad, enflaquecimiento, retardo del crecimiento y la anemia que se presentan en las parasitosis subclínicas. Ciertas condiciones ambientales aunadas al sistema de producción extensivo basado en pastoreo de praderas nativas favorecen la presentación de parasitosis gastrointestinales, lo que ocurre frecuentemente en las áreas tropicales y subtropicales de México. Es reconocido el papel que juegan los nematodos gastroentéricos en la producción ovina nacional, sin embargo la frecuencia y efectos ocasionados por los cestodos, específicamente por *Moniezia expansa* en el país, poco han sido valorados bajo los diversos sistemas. Se menciona que provocan bajos rendimientos productivos; bajo rendimiento de peso en la etapa de crecimiento y engorda, vellón deficiente en cantidad y calidad, aunado a las pérdidas por mortalidad. No obstante lo anterior la infestación es diagnosticada a la necropsia o al sacrificio, lo cual se traduce en pérdidas de tiempo y dinero para el productor. En algunos países la cestodosis no representa problemas de producción ya que los animales cuentan con la calidad nutricional de los

pastos o de dietas aportadas en sus sistemas productivos lo que permite que los animales desarrollen su sistema inmune ayudando a minimizar el efecto de la presencia de céstodos en estos animales. En el país la calidad de los pastos en muchas regiones como en Chiapas, es baja aportando entre 8-11% de proteína lo cual no cubre los requerimientos de mantenimiento de los animales, y muchas ocasiones las hembras en pastoreo no cubren el aporte de calostro en calidad y cantidad lo cual deja a los corderos expuestos a los efectos de los agentes patógenos entre ellos a los parásitos gastroentéricos como *Moniezia expansa*. Se menciona que es difícil de controlar y no ha sido valorada su resistencia principalmente a albendazol, fármaco utilizado para tal efecto. En la región se manifiesta como una parasitosis continua y difícil de controlar generando alta mortalidad de corderos, sin embargo pocos estudios han sido desarrollados. Es por eso que el objetivo del presente estudio es evaluar el comportamiento de la cestodosis ovina en animales que se encuentran en pastoreo y confinamiento en la época de lluvias en un rebaño del municipio de Suchiapa, Chiapas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en un rebaño comercial ubicado en el municipio de Suchiapa, Chiapas, ubicado entre las coordenadas 16°40'00" latitud norte y 93°04'53" longitud oeste, a 695 msnm con un rango de temperatura que oscila entre los 20 y 26°C, precipitación de 800 a 1,500 mm (Google Earth, 2013). Se evaluaron inicialmente 173 ovinos (hembras y machos) de edades diferentes, tomando en cuenta los indicadores fisiológicos de FAMACHA© (Van Wyk, y Bath, 2002) y condición corporal al inicio del estudio y mensualmente se tomó una muestra de heces para determinar la prevalencia inicial de la monieziosis en los animales a evaluar por medio de la Técnica de McMaster (Rodríguez *et al.*, 1994; Liébano 2010), aplicando la siguiente metodología a los grupos.

Grupo A: Hembras mayores de 1 año en pastoreo, en este grupo se tomaron muestras mensuales de heces directamente del recto, utilizando una bolsa de polietileno etiquetada y conservada en refrigeración para su análisis posterior en el Laboratorio de Biotecnología de Pequeños Rumiantes, mediante la Técnica de McMaster (Rodríguez *et al.*, 1994; Liébano 2010), determinando la presencia de huevos de céstodos y fueron desparasitados con albendazol (5mg/Kg/PV) los animales que mostraron al menos un huevo en la evaluación y se evaluó su reincidencia muestreando y realizando McMaster un mes posterior a la desparasitación.

Grupo B: Hembras de reemplazo en confinamiento, el manejo fue el siguiente: se tomaron 50 muestras de heces mensualmente, directamente del recto, utilizando una bolsa de polietileno etiquetada y conservada en refrigeración para su análisis en el Laboratorio de Biotecnología de Pequeños Rumiantes, mediante la Técnica de McMaster, determinando la presencia de huevos de céstodos desparasitando con albendazol (5mg/Kg/PV) los animales que mostraron al menos un huevo en la evaluación, y se evaluó su reincidencia muestreando y realizando McMaster un mes posterior a la desparasitación.

Grupo C: Machos en confinamiento de engorda, los cuales se desparasitaron solamente una vez al entrar a la engorda con Levamisol (7.5 mg/kg de peso vivo) como parte del programa de desparasitación selectiva dirigida que se realiza en el rebaño y fueron muestreados inicialmente 55 animales, y el número se redujo conforme alcanzaron su peso de venta (en promedio 3 meses). Se tomó una muestra de sangre a los animales que resultaron positivos a *Moniezia expansa*, utilizando tubos con anticoagulante para determinar el microhematocrito de los mismos. Las variables a determinar fueron prevalencia de monieziosis de forma general y en corderos por sexo (San Martín,

1977), el valor de hematocrito asociado con la presencia del parásito y la eficacia de la desparasitación determinando la reincidencia de huevos presentes en heces en la evaluación mensual posterior a la misma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto de la presencia de huevos de *Moniezia expansa*. El valor general de prevalencia fue de 4.58%, siendo éste un bajo porcentaje a lo que se esperaba por antecedentes del rebaño. Esto coincide con lo reportado por Oviedo (1969) mencionado por Quiroz (2007) para el estado de Veracruz en donde obtuvo una prevalencia de 3.5%, este mismo autor encontró trabajando con ovinos que la frecuencia de *Moniezia expansa*, en algunos estados fue variable por ejemplo; en el Estado de México de 40%, en el de Guerrero 15%, en el estado de Morelos, 15.5%, en el de Veracruz 3.5% y en San Luis Potosí 1.9%.

En la presente investigación se observó que los animales más afectados por la monieziosis fueron el grupo de las hembras adultas en pastoreo, esto es relevante desde el punto de vista que estas hembras son diseminadoras de la parasitosis y son fuente de contaminación para los corderos que son los más afectados por los efectos patogénicos de *Moniezia expansa*, como lo mencionan Pijoan y Tórtora, (1986) y Quiroz, (2007) quienes reportan que los corderos son los que más severamente se pueden ver afectados por la monieziosis, aunque los adultos estén parasitados con *Moniezia expansa*, sufren menos daños. Loyola, 2010, reporta en Chile para corderos destetados y llevados al rastro entre los 4 y 6 meses un 58.4% de animales afectados por éste parásito.

En cuanto a la distribución por mes de los animales positivos a monieziosis se observa en la Tabla 1, en donde septiembre y octubre son los meses en que las hembras adultas pastoreando arrojaron resultados positivos, se sabe que en éstas la patología o signología clínica no es relevante, no obstante funcionan como diseminadores de la parasitosis contaminando las praderas y corrales. Los machos en confinamiento fueron los que manifestaron la presencia de huevos de éste parásito, mientras que las hembras no presentaron huevos en ningún muestreo. Se piensa que el resultado positivo en corderos puede estar influido por el manejo ya que algunos de los corrales de confinamiento quedan colindantes con terrenos de tierra o pasto y a que algunos se alimentan con pastura de corte en el comedero, por lo que se deberá controlar éstos aspectos en futuras evaluaciones.

Tabla 1. Distribución de muestras positivas a huevos de *Moniezia expansa* en ovinos del rancho San Rafael.

	Hembras en pastoreo	Hembras confinadas	Machos confinados
Agosto	0	0	3
Septiembre	2	0	0
Octubre	2	0	0
Noviembre	0	0	0
Diciembre	0	0	0
Total	4 (74)	0(44)	3 (55)
%	5.41%	0%	5.45%

Al analizar los valores hemáticos de los animales que resultaron positivos a la presencia de huevos de *Moniezia expansa*, se observa que existió un grado de anemia en los animales 2, 4 y 5 conforme a los valores reportados para la especie por Coffin, (1986) (Tabla 2). Maza *et al.*, reportan valores

para ovejas gestantes valores de hematocrito de 19.0 – 39.0%, mencionando que son considerados dentro de rangos reportados por la literatura. Cabe mencionar que son pocos los trabajos que reportan los valores de hematocrito (HCT) para la especie y mucho menos separados por edad o condición fisiológica y los reportes marcan un rango amplio de valor de hematocrito para ésta especie (19-46%), por lo que deberán valorarse otros aspectos en cuanto a la condición de los animales y la presencia de otras especies parásitas que puedan influir en éste indicador. Morales *et al.*, reportan un efecto sobre los valores de hematocrito y hemoglobina en ovinos alimentados con pasto de corte que presentaron rangos altos de parasitosis (nematodos) encontrando un promedio de 24.5% con una eliminación de huevos en heces mayor a 800.

Tabla 2. Valores hemáticos de los animales que resultaron positivos a huevos de *Moniezia expansa*.

Animales	Agosto	Septiembre	Octubre	Agosto	Septiembre	Octubre
	HCT (%)	HCT (%)	HCT (%)	Hgh	Hgh	Hgh
1	33			200		
2	21			50		
3	35			0		
4		30	24		3,150	900
5		25			50	
6			31			550

CONCLUSIONES

La prevalencia de la enfermedad en éste rebaño se considera baja. Los animales que resultaron positivos a huevos de *Moniezia expansa* fueron las hembras adultas en pastoreo y machos en confinamiento. Agosto, septiembre y octubre fueron los meses en que se observaron huevos de *Moniezia expansa*. 50% de animales positivos (3/6) presentaron bajos niveles de hematocrito, conforme a lo reportado por la literatura y solo uno de ellos tuvo niveles altos de NGI durante el estudio. Se presentó reincidencia de parasitosis en un animal después de ser desparasitado con albendazol.

REFERENCIAS

- Bowman, D.D., Lynn R. Carl y Eberhard M L. 2011. Parasitología para Veterinarios. Novena edición Ed. Elsevier. Madrid, España.
- Coffin L. David, V.M. D., 1986 Laboratorio clínico en Medicina Veterinaria 1ra. Edición.
- Cuellar O.J.A. Fortalecimiento del Sistema Producto Ovinos. Tecnologías para Ovinocultores. Serie: SANIDAD. El control, medicación antiparasitaria y resistencia de parásitos a los tratamientos. Consultado el 4 de marzo del 2014, en: <http://www.asmcriadoresdeovinos.org/sistema/pdf/sanidad/elcontrolmedicacionantiparasitaria.pdf>
- Liébano, H.E. 2010. Cultivo e identificación larvaria de nematodos del tracto gastroentérico. Diagnóstico de enfermedades parasitarias selectas de rumiantes. Libro técnico 2. Editado por Bautista Garfias Carlos Ramón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D.F. Diciembre 2010. Capítulo 4, pp. 43-85.
- Loyola L.B. 2010. Estudio del parasitismo interno en corderos del sector secano de la región del libertador Bernardo O'Higgins, beneficiados en planta faenadora de carnes de Chillán. Memoria de Título Presentada a la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción.

- Maza A. L., Cardona Á. J. y Vergara G. O. 2011. Análisis del perfil metabólico de hembras ovinas criollas gestantes en condiciones de pastoreo extensivo. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI, N° 4, 335 – 339.*
- Morales, G. Pino, Luz A. León E., Rondón, Z., Guillén, A., Balestrini, C., y Silva, M. 2002. Relación entre los parámetros hematológicos y el nivel de infestación parasitaria en ovinos de reemplazo. *Veterinaria Trop. 27(2): 87-98.*
- Piñón A. P. y Tórtora P. J. L. 1986. Principales enfermedades de los ovinos y caprinos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Autónoma de México.
- Quiroz, R.H. 2007. Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos. Ed. Limusa. México, D.F.
- Rodríguez Vivas, R. I.; Domínguez Alpizar, J. L. y Cob Galera, L. A. 1994 Técnicas diagnósticas de parasitología veterinaria. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán Mexico.
- San Martín H., 1981. Salud y enfermedad. La prensa médica, México. Pág; 86.
- Van Wyk, J.A., Bath, G.F. 2002. The FAMACHA© system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Vet. Res. 33, 509–529.*

SELECCIÓN DE MIMÓTOPOS INMUNODOMINANTES DE *Haemonchus contortus* EMPLEANDO BIBLIOTECAS COMBINATORIAS DE DESPLIEGUE EN BACTERIÓFAGOS

J Vázquez Bucheli, A Gayosso Vázquez, R Alonso Morales.

Laboratorio de genética molecular. FMVZ-UNAM.

*Email: Jorge_jbv@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave: *Haemonchus contortus* es un parásito de gran importancia en México y el mundo debido a su virulencia e impacto económico. El uso indiscriminado de Vacuna, antihelmínticos ha provocado la selección de cepas resistentes, haciendo mimótomo, ovino, necesarios métodos alternativos para su control. Utilizar antígenos nematodo. inmunodominantes obtenidos del parásito reduce significativamente la carga parasitaria en animales infectados, dirigiendo las líneas de investigación a la búsqueda de antígenos con capacidad inmunoprotectora. Un método para seleccionar mimótopos inmunodominantes es el despliegue en fagos. El antígeno de larva 3 (L3) fue obtenido de 2 ovinos infectados con *H. contortus*, el suero hiperinmune contra L3 se obtuvo de 2 conejos libres de patógenos específicos. El antígeno se caracterizó mediante ELISA observando reactividad con el suero y por electrotransferencia, encontrando antígenos de diferente peso molecular. Se utilizó la metodología del despliegue en fagos usando bibliotecas combinatorias de 7 y 12 aminoácidos para identificar mimótopos contra L3. Se seleccionaron y secuenciaron 20 clonas por biblioteca. Las clonas se evaluaron por ELISA, observando diferentes niveles de afinidad a anticuerpos contra L3. Se seleccionaron las clonas más reactivas para inocular conejos y obtener anticuerpos utilizados para evaluar su capacidad protectora mediante ELISA y electrotransferencia. El suero anti-L3 detectó al antígeno de la fase L3 y de la fase adulta, indicando que ambas fases poseen antígenos en común. Con éste método se seleccionaron 40 clonas expresando 18 secuencias de aa diferentes. En cada tamizado algunas clonas se seleccionaron repetidamente, identificando 7 diferentes motivos de aminoácidos inmunodominantes sugiriendo una alta probabilidad seleccionar clonas con alta afinidad a anticuerpos contra L3. Los anticuerpos en conejos contra las clonas candidatas reaccionaron con antígenos de L3, indicando que los péptidos seleccionados corresponden a mimótopos naturales del parásito. Aún falta identificar a que proteínas pertenece esta secuencia de aminoácidos y probar su capacidad protectora en un modelo ovino.

INTRODUCCIÓN

En la ovinocultura los parásitos gastrointestinales causan grandes pérdidas económicas a nivel mundial, Australia y Pakistán registran pérdidas de hasta \$369 millones de dólares (MDD) y el costo por tratamiento anual alcanza los \$130 MDD. *H. contortus* tiene una alta virulencia y distribución, provoca anemia, reduce la eficiencia de los parámetros productivos en un 30%, por lo que se considera el nemátodo gastrointestinal más importante en México y en otras partes del mundo. El uso continuo de antiparasitarios comerciales ha ocasionado la generación de cepas resistentes de *H. contortus*. En México se reporta una resistencia de hasta 33.7%. Una estrategia para el control de

la enfermedad puede ser el empleo de vacunas, una de las más promisorias es el emplear vacunas subunitarias recombinantes. Una problemática es identificar los antígenos inmunoprotectores. Los antígenos (Ag) candidatos pueden ser ocultos, y corresponden a aquellos no expuestos normalmente al sistema inmune del huésped. Este enfoque ha sido empleado con éxito utilizando vacunas con Ag Bm86 contra las garrapatas del ganado, reduciendo la prevalencia de *Rhipicephalus microplus* del 80% al 6% en dos años en Centroamérica (Botello, 2011). En el caso de *H. contortus* existen trabajos que han identificado Ag ocultos con potencial protector, como los Ag H11, CBL, SC y H-gal-GP que participan en la cascada de degradación de la hemoglobina, reduciendo la población parasitaria hasta un 78% en ovinos y una respuesta inmune eficiente contra el parásito de hasta 126 días (Knox, 2003). Un método empleado con éxito para la selección de péptidos inmunodominantes de interés, es el sistema de despliegue en fagos (Ph.D.), basado en el tamizaje de bibliotecas combinatorias de péptidos expresados en la superficie del fago filamentoso M13 empleando anticuerpos específicos. Este método ha sido utilizado para la búsqueda de inmunógenos potenciales para diferentes parásitos, como el Ag SPI en *Plasmodium* spp, que forma parte de la isla de patogenicidad y el Ag SAG2A en *Toxoplasma* spp, localizado en la superficie de los taquizoitos. El objetivo de este proyecto es identificar y caracterizar epítomos inmunodominantes de la fase infectiva L3 de *H. contortus* mediante la tecnología de despliegue de fagos con potencial vacunal para ovinos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la propagación de L3 se inocularon 10 ovinos criollos de 5 meses con 6,300 L3, a partir del día 14 se recolectaron heces para el cultivo de L3 y suero durante 42 días. Para la obtención de Ag de *H. contortus* se resuspendieron larvas L3 (~200,000) y adultos (~2,000) en 500 µL de PBS + 1% Tritón+ inhibidor de proteasas. Los parásitos fueron homogenizados, centrifugados a 12,000 rpm y se cuantificó la concentración de proteínas en el sobrenadante por el ensayo de Bradford. Se inocularon 2 conejos con 4 inmunizaciones de 100 ug de Ag de L3, con un intervalo de 14 días y se sangraron a blanco al día 42. El suero fue caracterizado por ELISA indirecto y electrotransferencia de proteínas contra el antígeno de L3 y adulto de *H. contortus*. Posteriormente, se purificó a las IgG del suero por cromatografía de afinidad, se cuantificó por la técnica de Bradford y se caracterizó por ELISA indirecto contra L3 y adulto de *H. contortus*. Se tamizaron (3 rondas) 1×10^9 fagos a partir de bibliotecas de Ph.D. (Ph.D. C7C y Ph.D.12) sensibilizando 2 pozos de placas de ELISA con 10µg de IgG contra L3 del conejo 6, lavando en 5 ocasiones con PBS-Tween 0.1% y los fagos afines fueron eluidos con glicina (0.2 M pH 2.2), recolectados y amplificados en células ER2738. Se seleccionaron 20 clonas de cada biblioteca. Cada clona se amplificó, se purificó el ADN, se obtuvo la secuencia de nucleótidos y se evaluaron por ELISA indirecto para determinar su reactividad al suero anti-L3 de conejo. Se seleccionaron 4 clonas candidatas por su reactividad y número de repeticiones en el proceso de tamizaje (1 de PhDC7C y 3 de PhD 12). Cada una de estas clonas fueron inoculadas a 2 conejos con 4 inmunizaciones de 1×10^{11} fagos (100 ug de Ag), las inmunizaciones se realizaron al día 0, 14, 28, 32 y los animales se sangraron a blanco al día 42. El suero obtenido fue caracterizado por ELISA indirecto y Electrotransferencia contra L3 y adulto de *Haemonchus contortus*.

RESULTADOS

Caracterización del Ag de L3 y adulto de *H. contortus* por ELISA indirecta e inmunoblot

En la Figura 1a se muestra la reactividad de diferentes cantidades de los Ag de L3 y adulto contra antisueros de 2 conejos (5 y 6) contra L3 de *H. contortus*. Se observa reactividad cruzada entre L3 y adulto, reaccionando más vs L3.

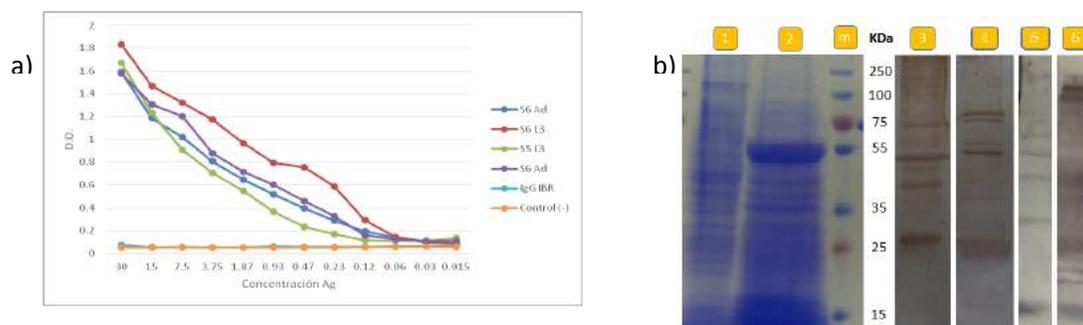


Figura 1. a) Reactividad de antisueros de conejo 5 y 6 vs antígenos de L3 y adulto. Diluciones dobles seriadas del antígeno de adulto y L3 a partir de 30 µg reaccionaron contra diluciones 1:100 de los sueros hiperinmunes contra *H. contortus* del conejo 5 y conejo 6. **b)** Gel de acrilamida al 12% y reactividad por electrotransferencia de los sueros hiperinmunes del conejo 5 y 6 vs 30 µg de antígeno de L3 y adulto (1) Ag L3 30 µg, (2) Ag Adulto 30 µg. (3) Suero hiperinmune conejo 5 contra 30 µg de Ag de L3, (4) Suero hiperinmune conejo 6 contra 30 µg de Ag de L3, (5) Suero hiperinmune conejo 5 contra 30 µg de Ag de Adulto, (6) Suero hiperinmune conejo 6 contra 30 µg de Ag de Adulto.

En la Figura 1b se muestran la separación de 30 µg de proteína de L3 y adultos en un gel de poliácridamida al 12%. Es notable en las proteínas del adulto de *H. contortus* una banda muy prominente como de 55-60 KDa. En la Figura 2b se observa el inmunoblot de anti suero vs L3 que identifica antígenos de la fase adulta y L3 de *H. contortus*. Aunque los sueros se generaron vs L3 reaccionan de también con los antígenos adulto. Los sueros del conejo 5 y 6 aunque reconocen algunos antígenos similares, detectan a su vez antígenos diferentes. El número de proteínas reconocidas son solo de 4 a 6, con un peso aproximado entre 25 a 50 KDa.

Selección y caracterización de clones de bibliotecas combinatorias de despliegue en fagos

Con las IgG del conejo 6 se seleccionaron 20 clones de cada biblioteca y fueron caracterizadas por secuenciación de nucleótidos y ELISA indirecta. En la figura 2 se presenta ELISA que muestra diferentes niveles de reactividad de las clonas de la biblioteca Ph.D.C7C y Ph.D.12. La secuencia de nucleótidos de las clonas mostró que varias fueron seleccionadas repetidamente. En la Figura 2 se muestra las secuencias de aminoácidos y la frecuencia de repetición de las clonas seleccionadas. En el ELISA indirecto de la biblioteca Ph.D. C7C se identificó que los 3 motivos repetidos en las clonas obtenidas fue reactivo a los Ac contra L3 de *H. contortus* de los cuales CTNANHYFC fue la secuencia más reactiva y con más repeticiones. En el ELISA indirecto de la biblioteca Ph.D. 12, se observó un motivo muy reactivo (EPNNGDGSWRWL) con varias repeticiones y se encontró 1 familia de motivos muy parecidas y abundantes (LFAYWWNGGRGP, HFAYWWNGVRGP, HFAYWWNGGRGP) las cuales son 91.6% y 83.6% idénticas respectivamente. Para verificar que los péptidos codificados en las clonas seleccionadas corresponden a antígenos del parásito, se generaron anticuerpos en conejos y se evaluó su reactividad contra antígenos de L3 y parásito adulto por ELISA e inmunoblot. Se seleccionaron 4 clonas: 1 de la biblioteca PhDC7C (clona 14), y 3 de la biblioteca PhD12 (clonas 7,8 y 13).

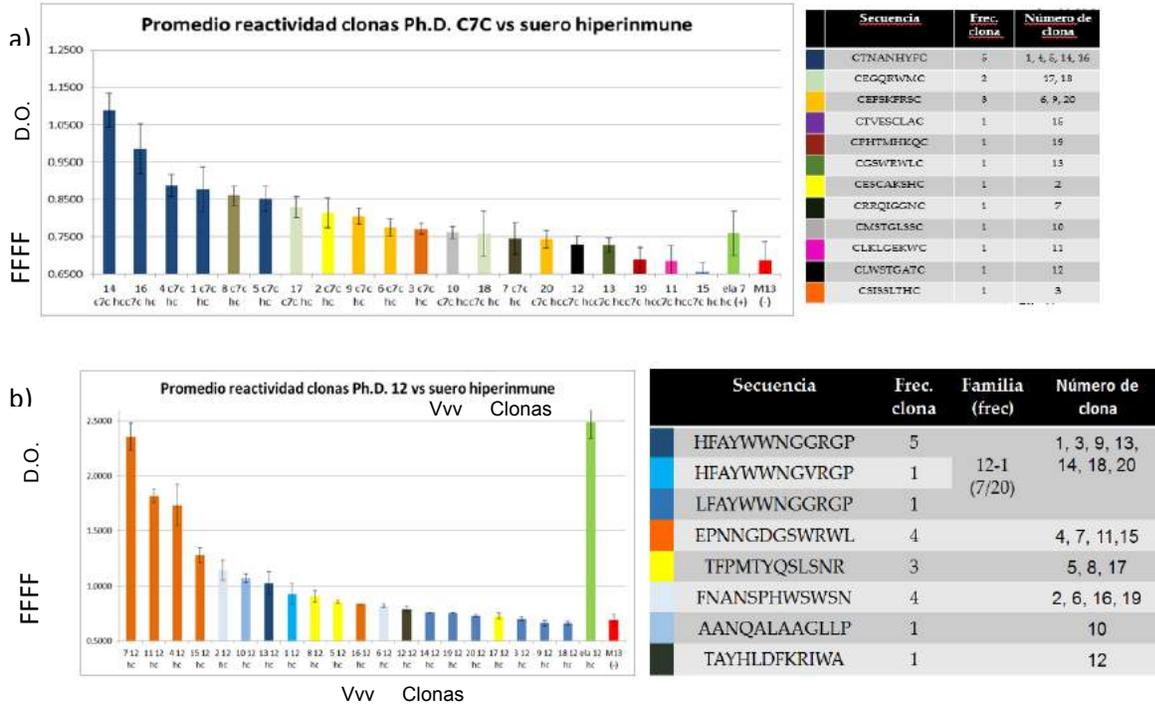


Figura 2. Reactividad por ELISA indirecto de 20 clonas seleccionadas en el 3° tamizaje (a) PH.D.C7C y (b) Ph.d.12. Se colocaron 1×10^9 fagos de cada clona y se reaccionaron contra el suero del conejo 6 diluido 1:100. Control positivo eluido amplificado de la 3° ronda (Verde) y control negativo fagos M13 (Rojo). Ensayo revelado con anti IgG de conejo acoplado con peroxidasa (1:1700) empelando TMB, leído a 450nm. También se muestra la secuencia de aminoácidos y frecuencia en el tamizado de cada clona.

Antisueros de conejo contra las clonas candidatas reconocen antígenos en L3 y parásitos adultos.

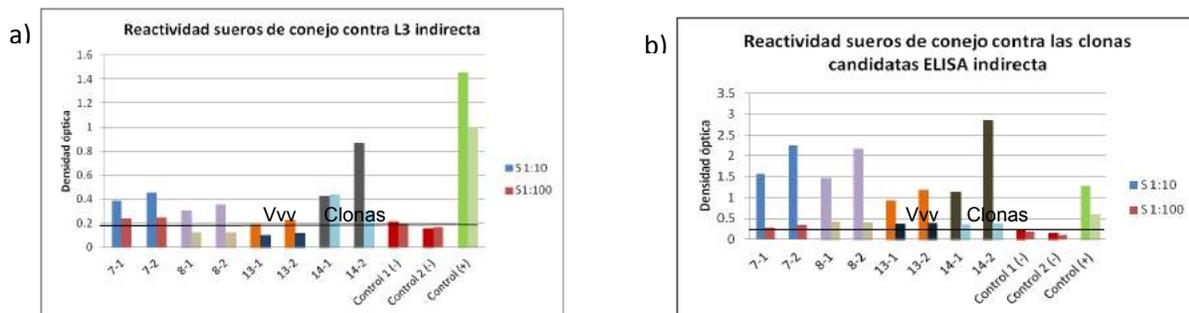


Figura 3. Se muestran ELISAs indirectos en donde se empleo antisuero vs las clonas candidatas reaccionando contra antígeno de L3 y adulto (a). En (b) se muestra la reactividad de los sueros de conejos vs las clona candidatas, se utilizó 1×10^9 fagos del eluido amplificado de la tercer ronda de selección como control positivo (Verde) y 1×10^9 fagos M13 como control negativo (Rojo). Suero 1:100, revelado con OPD.

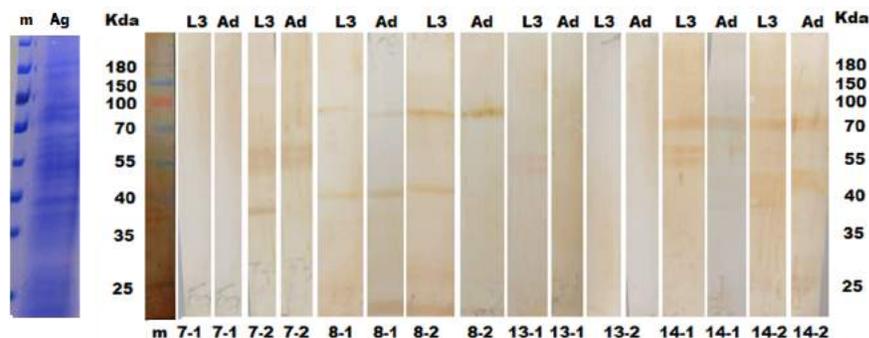


Figura 4.) Inmunoblot donde se evaluó la reactividad de antisuero dirigido contra las clonas candidatas contra antígeno de L3 y adulto. 30 ug de las proteínas fueron separadas en Geles de acrilamida al 12% (Ag) y teñidos con el colorante de azul de coumassi.

DISCUSIÓN

El suero de conejo anti-L3 detecta tanto Ag de la fase L3 como de la fase adulta, implicando que ambas fases poseen antígenos inmunodominantes en común. Coincidiendo con los resultados de Laing (2013) que demuestra que hay proteínas en común que se expresan en las diferentes etapas del ciclo de vida del parásito. Este hecho puede ser de utilidad para desarrollar una vacuna que sea eficiente para todas las fases del ciclo de vida del parásito. A partir de las bibliotecas de despliegue en fagos se seleccionaron 40 clonas que mostraron 18 secuencias de aa diferentes (10 de Ph.D. C7C y 8 de Ph.D.12). En el tamizado algunas clonas se seleccionaron repetidamente. Se identificaron 7 diferentes clonas con secuencias independientes: 3 de la biblioteca C7C y 4 a la biblioteca de 12 aa. Estas clonas representan mimótopos inmunodominantes presentes no solo contra L3, sino contra la fase adulta. Esto se comprobó mediante ELISA e inmunoblot. Igualmente, el reconocimiento de los anticuerpos de conejos contra 4 clonas seleccionadas detectaron antígenos de larva L3 y adulto, indicando que los péptidos corresponden a epítomos naturales del parásito.

CONCLUSIÓN

El empleo de anticuerpos vs L3 de *H. contortus* en el tamizado de bibliotecas combinatorias de despliegue en fagos, fue posible seleccionar 4 mimótopos inmunodominantes presentes en L3 y el adulto del parásito. Estos mimótopos son candidatos a ser evaluados en su capacidad de inducir una respuesta inmune protectora en experimentos de inmunización - desafío en ovinos.

REFERENCIAS

- Botello A. et al. Control de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en bovinos con el inmunógeno Herber biogar. *Rev. Red Vet.* 2011; 12(5): 1-10.
- Knox D. The nature and prospects for gut membrane proteins as vaccine candidates for *Haemonchus contortus* and other ruminant trichostrongyloids. *International Journal for Parasitology.* 2003; 33(11):1129-1137.
- Laing R. Et al. The genome and transcriptome of *Haemonchus contortus*, a key model parasite for drug and vaccine discovery. *Rev. Genome Biology.* 2013; 14(8):r88
- Tonelli R., Colli W. y Alves M. Selection of binding targets in parasites using phage display and aptamer libraries in vivo and in vitro. *Rev. Microbial Immunology.* 2013; 3: 419-423.

EFFECTO A CORTO PLAZO DE LA DESPARASITACIÓN SELECTIVA DE OVINOS

P. Medina-Pérez¹, N. Ojeda-Robertos¹, J.F.J. Torres-Acosta², M. Alegría-López¹

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Ranchería La Huasteca segunda sección, kilómetro 25, carretera Villahermosa-Teapa, Villahermosa, Tabasco C.P.86298, México. ²Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil, Km. 15.5, Mérida, Yucatán C.P. 97100, México

*Email: pmedper@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave: Se realizó la comparación de la dinámica de excreción de huevos de nematodos gastrointestinales (HPG) en ovejas de las razas Black belly y Pelibuey, al inicio y seis meses después de la implementación de una estrategia de desparasitación selectiva. Se utilizó la presencia de anemia, baja condición corporal y excreciones >750 HPG, como criterios de desparasitación. Inicialmente, la frecuencia de animales positivos fue del 53.11%, con un promedio de excreción de 300 HPG y el 15.05% presentó excreciones superiores a 750 HPG. Después de seis meses de desparasitación selectiva se realizó el muestreo de todas las ovejas y se determinó que el 66.80% fueron positivos a la excreción de huevos de nematodos, con un promedio de excreción de 928 HPG y el 25.98% de los animales presentaron excreciones superiores a los 750 HPG. Se concluye que la excreción de huevos de nematodos gastrointestinales aumentó significativamente seis meses después de desparasitar selectivamente a las ovejas evaluadas.

INTRODUCCIÓN

En los rebaños de ovinos ubicados en regiones tropicales, las enfermedades causadas por nematodos gastrointestinales (NGI) suelen alcanzar prevalencias de 86-90% (Herrera *et al.*, 2013; Torres-Acosta *et al.*, 2014). Se espera que al realizar un tratamiento AH, esta frecuencia y dinámica de excreción de huevos de NGI se modifique variablemente de acuerdo a la efectividad de los fármacos, reportándose en algunos casos baja o nula efectividad de los tratamientos, debido a la presencia de resistencia antihelmíntica (RA) (Medina-Pérez *et al.*, 2011; Herrera-Manzanilla *et al.*, 2013). En consecuencia, se ha propuesto el establecimiento de estrategias de control alternativo de NGI, entre ellas, la desparasitación selectiva (DS). Las estrategias de DS, han demostrado reducir significativamente la dependencia a los fármacos y reducir el número de tratamientos antihelmínticos (AH), de un 57.4% (Torres-Acosta *et al.*, 2014) a un 65.5% (Medina-Pérez *et al.*, 2015). Así mismo, se ha reportado que el realizar tratamientos AH de forma selectiva, permite mantener poblaciones de parásitos en refugio, sin contacto con los fármacos. Al mantener este refugio, se logra un retraso de la aparición o aumento del fenómeno de RA (Amarente, 2013; Kenyon *et al.*, 2009). Hasta la fecha se desconoce el efecto de la DS de ovinos sobre la frecuencia y dinámica de excreción de huevos de NGI, por lo cual el objetivo del presente trabajo fue identificar a corto plazo diferencias sobre la frecuencia y dinámica de excreción de huevos de NGI, en rebaños de ovinos del estado de Tabasco, México desparasitados selectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en cuatro explotaciones de ovinos de pelo del estado de Tabasco, durante la época de lluvias (junio-noviembre) del 2013. En un total de 946 animales, se procedió a muestrear al azar por lo menos a 100 ovejas de cada explotación, los muestreos se realizaron al inicio y seis meses después de desparasitar de forma selectiva a los animales según Medina-Pérez *et al.* (2015). En cada muestreo se obtuvieron heces directamente del recto de las ovejas. Las muestras fueron procesadas por medio de la técnica de McMaster modificada por Rodríguez y Cob (2005), para obtener el número de huevos por gramo de heces (HPG) de cada individuo.

Los datos del HPG, fueron analizados con estadística descriptiva obteniendo los promedios, desviación estándar, rango, mediana, valores intercuartiles y asimetría de distribución, así mismo, se realizó una transformación logarítmica (log 10) para obtener la normalización de la distribución de los datos de HPG y por medio de análisis de varianza y prueba de Tukey se realizó la comparación de medias y se determinaron diferencias en la distribución y dispersión de los valores de HPG antes y después del establecimiento de la estrategia de DS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer muestreo, el 53.11% de los animales presentaron excreción de huevos de NGI. La distribución de los valores obtenidos de la excreción de HPG, mostró características de sobre dispersión lo cual fue indicado por el rango (0-7500) y el valor de asimetría (4.93), es decir, la mayoría de los animales fueron positivos a la excreción de HPG (53.11%), pero también una proporción considerable de animales son negativos a la excreción de HPG (46.89%). Así mismo, es evidente que la mayoría de los animales positivos mantenían eliminaciones bajas como lo indica el valor de la mediana (0), y únicamente una proporción baja de individuos (15.05%) se encontraban altamente parasitados con valores superiores a 750 HPG. (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de ovejas con excreción de huevos de NGI, distribución y dispersión de la eliminación de HPG antes de implementar la DS.

Rancho	N	Animales positivos a NGI (%)	Excreción promedio \pm EEM	Mediana	Rango de HPG	Sesgo	% HPG > 750
R1	107	67.29	690.2 \pm 127.08	100	0-7000	2.92	25.00
R2	100	39.00	246.5 \pm 39.42	100	0-2000	2.32	11.00
R3	119	52.10	230.7 \pm 38.32	50	0-2100	2.71	9.20
R4	75	54.05	401.4 \pm 112.95	50	0-7500	5.67	14.90
Total	401	53.11	300.4 \pm 724.71	0	0-7500	4.93	15.05

Como puede observarse en la Tabla 2, los datos de la distribución del HPG de todos los animales después de seis meses de DS, muestran que los cuatro ranchos evaluados mantuvieron una excreción de HPG con las características de sobre dispersión, muchos animales aún mantenían niveles bajos de HPG y pocos animales excretan cantidades superiores a los 750 (25.98%), es evidente observar un aumento de la proporción de animales positivos a la excreción de HPG (66.5%) y aumento del rango de eliminación de 0-20900 HPG, de forma similar, el valor de la mediana aumenta de 0 a 100.

Tabla 1. Porcentaje de ovejas con excreción de huevos de NGI, descripción estadística de la distribución y dispersión de la eliminación de HPG seis meses después de implementar DSD.

Rancho	N	Animales positivos a NGI (%)	Excreción promedio (\pm EEM)	Mediana	Rango de HPG	Sesgo	% HPG > 750
R1	107	85.04	1343.5 \pm 204.25	350	0-9400	2.3	36.45
R2	151	53.64	344.03 \pm 81.41	50	0-8400	5.12	11.26
R3	108	55.55	628.24 \pm 122	50	0-7300	3.05	21.30
R4	65	84.61	2104.6 \pm 419.4	700	0-20900	3.39	49.23
Total	431	66.58	928.88 \pm 95.68	100	0-20900	4.36	25.98

La comparación de los datos obtenidos previamente y seis meses después de implementar la estrategia de DS en los cuatro rebaños evaluados, muestra que la distribución del HPG presenta características de sobre dispersión en ambos casos, sin embargo, existen diferencias significativas en el promedio de excreción, y se presentó un aumento en la frecuencia, grado de excreción, rango y el porcentaje de animales con excreción >750 HPG después de implementar la estrategia de DS, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación de la dinámica de excreción de huevos de nematodos gastrointestinales, antes y después de utilizar desparasitación selectiva.

Muestreo	N	Animales positivos a NGI (%)	Excreción promedio \pm EEM	Cuartil 1	Mediana	Cuartil 3	Rango de HPG	Sesgo	% HPG >750
Antes de la DS	401	53.11	300.49 \pm 724.71 ^b	0	0	250	0-7000	4.93	15.05%
Después de seis meses de DS	431	66.58	928.88 \pm 95.68 ^a	0	100	950	0-20900	4.36	25.98%

*Medias con literales diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$)

Los resultados encontrados en este trabajo, indican que la distribución, dispersión y frecuencias de eliminación de HPG de los ovinos de Tabasco, son semejantes a las reportadas en otras regiones geográficas. En Colombia se ha reportado frecuencias de 86.3% de animales con excreción de HPG y un 15.7% de animales con cuentas superiores a los 700 HPG (Herrera *et al.*, 2013). En Yucatán, México, se han reportado para rebaños de cabras frecuencias de excreción de HPG del 90% y un 19.5% de las cabras con excreciones superiores a 500 HPG (Torres-Acosta *et al.*, 2014).

Las características epidemiológicas de las nematodiasis, ha permitido establecer las estrategias de DS, que permiten reducir el número de tratamientos hasta en un 57.4% (Torres-Acosta *et al.*, 2014). Particularmente en los mismos animales y rebaños evaluados en este trabajo, se reportan reducciones de los tratamientos AH hasta en un 65.5% en seis meses de estudio (Medina-Pérez *et al.*, 2015). Sin embargo, además de la disminución de los tratamientos AH, es importante conocer el efecto de la DS sobre la frecuencia y dinámica de excreción de huevos de NGI en los animales. En este trabajo se pudo comprobar que desparasitar selectivamente a las ovejas, aumenta significativamente la frecuencia de animales positivos, así como el promedio y rango de excreción de huevos. A pesar de que el grado de infección con NGI aumenta y pudiera ser una situación que alarme a los productores de ovinos, es importante señalar que se espera que al mantener una

población de NGI en refugio, sin contacto con los AH y sin presión de selección; se conserve la efectividad de los fármacos, se retarde la aparición de RA y se ha llegado a proponer la posibilidad de la reversión a la susceptibilidad en rebaños donde se ha diagnosticado la presencia de NGI resistentes a los antihelmínticos (Kenyon *et al.*, 2009).

CONCLUSIÓN

El efecto a corto plazo de la desparasitación selectiva de ovinos, modifica la dinámica de distribución y dispersión de la excreción de huevos de nematodos gastrointestinales, el efecto se registró con el aumento significativo de la frecuencia, el promedio y el rango de excreción de huevos.

REFERENCIAS

- Amarante, A. F. 2013. Sustainable worm control practices in South America. *Small Ruminant Research, In Press*.
- Herrera-Manzanilla F., N. F. Ojeda-Robertos, J. F. J. Torres-Acosta, R. González-Garduño, A. C. Berumen-Alatorre, R. Cámara-Sarmiento y A. Chay-Canul. 2013. Nematodos gastrointestinales resistentes a tres clases de antihelmínticos en granjas ovinas de Tabasco. Memorias del XVII Congreso Internacional de Ovinocultura. Acapulco, Guerrero, México.
- Herrera, O.L., R. L. O. Microb, y S. R. Zapata. 2013. Frecuencia de la infección por nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos de cinco municipios de Antioquia. *Rev. M.V.Z., Córdoba* 18(3):3851-3860.
- Kenyon, F., A. Geer, G. Coles, G. Cringoli, E. Papadopoulos, J. Cabaret, y F. Jackson. 2009. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Veterinary Parasitology*, 164:3-11.
- Medina-Pérez, P., A. C. Berumen-Alatorre, R. I. Rodríguez-Vivas, J. F. J. Torres-Acosta, N. F. Ojeda-Robertos. 2011. Reporte de resistencia a tres clases de antihelmínticos en un rebaño ovino de Villahermosa, Tabasco. Memorias XVI Congreso Nacional de Producción ovina y VIII Seminario Internacional de Producción de Ovinos en el Trópico., Villahermosa, Tabasco, México, septiembre del 2011.
- Medina-Pérez, P., Ojeda-Robertos, N., Reyes-García, M.E., Cámara-Sarmiento, R., Torres-Acosta, J.F.J. 2015. Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Ruminant Research, (In Press)*.
- Rodríguez-Vivas, R. I., y L. Cob-Galera. 2005. Técnicas Diagnósticas en Parasitología Veterinaria. Universidad Autónoma de Yucatán. México, pp. 41 -71.
- Torres-Acosta, J. F. J., M. Pérez-Cruz, H. Canul-Ku, N. Soto-Barrientos, R. Cámara-Sarmiento, A. Aguilar-Caballero, y H. Hoste. 2014. Building a combined targeted selective treatment scheme against gastrointestinal nematodes in tropical goats. *Small Ruminant Research, (in press)*.

EFFECTO ANTIHELMÍNTICO *In Vitro* DE EXTRACTOS ACETONA-AGUA DE *Theobroma cacao* SOBRE HUEVOS DE *Haemonchus contortus*

A. De la Cruz-Cortazar^{1*}, C.A. Sandoval-Castro², J.I. Chan-Pérez², J.F.J. Torres Acosta²

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias- UJAT. ²Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5, Carretera Mérida-Xmatkuil, A.P., 4-116 Itzimná, C.P. 97315, Mérida, Yucatán, México.

*Email: mvz.alvaro.cortazar@gmail.com

RESUMEN

Palabras clave: El presente estudio evaluó el efecto antihelmíntico (AH) *in vitro* de cultivares de cacao, PVPP, inhibición de la eclosión, metabolitos secundarios

El presente estudio evaluó el efecto antihelmíntico (AH) *in vitro* de extractos acetona-agua (70:30 v/v) de la cáscara de los frutos y las hojas de tres cultivares de *Theobroma cacao*: Azteca (CAZT y HAZT), Calabacillo (CCAL y HCAL) y Ceylán (CCEY y HCEY) sobre la eclosión de huevos de dos aislados de *Haemonchus contortus* de diferentes regiones de México (CENID-PAVET-INIFAP y FMVZ-UADY) mediante el ensayo de inhibición de la eclosión de huevos (EIEH). Los huevos del nematodo se obtuvieron de caprinos donadores infectados artificialmente y fueron incubados en buffer fosfato salino (PBS) a diferentes concentraciones del extracto (0, 600, 1200, 2400 y 3600 µg/ml PBS). Se empleó modelo lineal generalizado el análisis de los datos colectados. La concentración eficaz 50 (CE₅₀) fue determinada. El papel de los taninos en el efecto AH de los extractos fue evaluado usando polivinilpirrolidona (PVPP). Los extractos bloquearon la eclosión en ambos aislados a 1200 µg/ml PBS. El papel de los taninos en el efecto AH observado sólo se comprobó para el extracto de HCEY en ambos aislados. Se concluye que los subproductos evaluados representan una opción nutracéutica para la alimentación de pequeños rumiantes y que dichas fuentes son diferentes en cuanto a la acción AH mostrada sobre huevos de *H. contortus*.

INTRODUCCIÓN

A raíz de la resistencia antihelmíntica (RA) se han explorado alternativas para el control de los NGI. El uso de plantas o partes de estas como frutos, hojas y tallos como AH no convencionales ha demostrado ser una alternativa debido a su eficacia sobre las diferentes etapas del ciclo biológico de estos parásitos (Torres-Acosta *et al.*, 2008). Dentro de estas plantas y como fuente no convencional de alimento se encuentra el cacao (*Theobroma cacao*). Se presenta la hipótesis que los metabolitos secundarios en los extractos acetona-agua (70:30 v/v) de *T. cacao* tendrán una elevada actividad AH. La presente investigación tuvo como objetivo comparar el efecto AH *in vitro* de extractos acetónicos obtenidos de la cáscara y de la hoja de tres cultivares de *Theobroma cacao*: cacao Azteca (Criollo); cacao Ceylán blanco (Forastero) y cacao Calabacillo (Trinitario), sobre el proceso de eclosión en huevos de *Haemonchus contortus* provenientes de dos regiones de México (CENID-PAVET-INIFAP y FMVZ-UADY). Dichos materiales evaluados fueron elegidos debido a que son productos de desecho en el cultivo de *T. cacao*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de colección de muestras vegetales

Las cáscaras y las hojas de tres cultivares de *T. cacao*: Trinitario (Azt), Forastero (Cal) y Criollo (Cey) en una plantación en el municipio del Centro, Tabasco (17°59'21"N 92°55'41"O).

Preparación de extractos de los materiales colectados

Se usaron 500 g en base fresca de cada materia recolectada (cáscara y hojas de cacao) y se mezclaron con acetona: agua (70/30 v/v) conteniendo ácido ascórbico (3g L⁻¹). La mezcla fue filtrada y, posteriormente; lavada dos veces con diclorometano (relación 1:1). La acetona se removió del extracto (<60 °C; Buchi modelo B-480). La fracción acuosa fue liofilizada con un equipo UL Standard 61010^a, labconco ® y almacenada en frascos de vidrio sellados a 4 °C hasta su uso. Se obtuvieron seis extractos: cáscara Ceylán (CCEY), cáscara Azteca (CAZT), cáscara Calabacillo (CCAL), hoja Ceylán (HCEY), hoja Azteca (HAZT) y hoja Calabacillo (HCAL).

Infeción de animales donadores

Se emplearon dos aislados de *H. contortus*; uno proveniente de ovinos en pastoreo de la región centro de México (CENID-PAVET-INIFAP) y otro proveniente de caprinos en pastoreo de vegetación nativa de la región sureste de México (FMVZ-UADY); ambos aislados susceptibles a bencimidazoles.

Ensayo de inhibición en la eclosión de huevos (EIEH)

Se evaluó el efecto antihelmíntico de los seis extractos acetona-agua (70:30) de las cáscaras y de las hojas de *T. cacao* sobre la eclosión de los huevos mediante el EIEH (Hoste et al., 2006). Para cada extracto se evaluaron las concentraciones de 300 µg, 600 µg, 1200 µg, 2400 µg, 3600 µg y 4800 µg de extracto por ml de PBS. Se empleó PBS sin extracto como control negativo. Para determinar la influencia de los taninos sobre el proceso de eclosión de los huevos, los extractos fueron incubados con un secuestrante de taninos (polivinilpolipirrolidone, PVPP) empleando una concentración de 0.05 g de PVPP por cada ml de solución de extracto. Se realizaron 6 réplicas de cada concentración y se determinó en porcentaje de eclosión. (%Eclosión = (número de huevos / Total de huevos + larvas) x 100)

Análisis de datos

La dosis-efecto de los extractos sobre el proceso de eclosión y los datos obtenidos de la prueba de PVPP fueron analizados mediante Modelos Lineales Generalizados (MLG) determinando diferencias significativas entre el control negativo (PBS) y las diferentes concentraciones evaluadas. Mediante el programa estadístico Statgraphics 5.1 (Statgraphics, 2001). Adicionalmente se determinaron las concentraciones eficaces al 50% (CE₅₀) y sus intervalos de confianza al 95% mediante un análisis PROBIT empleando el programa PoloPlus (LeOra software, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo de inhibición en la eclosión de huevos (EIEH) y efecto antihelmíntico

En la evaluación de los extractos contra el aislamiento del centro del país CENID-PAVET-INIFAP los extractos más eficaces a concentración de 3600 µg/ml de PBS contra el aislado CENID-PAVET-INIFAP y FMVZ se muestran en la Tabla 1. La técnica utilizada (EIEH) presenta una sensibilidad media para determinar el efecto AH de extractos acetónicos sobre NGL en comparación con la

técnica de inhibición del desenvaine que es altamente sensible (Vargas-Magaña *et al.*, 2013). Sin embargo fue seleccionada debido a que las muestras estudiadas corresponden a fuentes no convencionales de AH.

Los resultados de la evaluación *in vitro* confirmaron la diferencia en el efecto AH entre los extractos acetona-agua (70:30 v/v) de las hojas y la cáscara entre los cultivares de *T. cacao* evaluados sobre la eclosión de los huevos de *H. contortus*. Vargas-Magaña *et al.* (2013) evaluaron la eclosión de *H. contortus* del aislamiento CENID-INIFAP expuesto a extractos acetona-agua obtenidos de diferentes follajes ricos en taninos (*Lysiloma latisiliquum*, *Laguncularia racemosa*, *Rizophora mangle* y *Acicennia germinans*) y subproductos agroindustriales (semilla y cáscara de *T. cacao* y *Coffea arabica*) en concentraciones similares a las evaluadas en esta investigación; y descubrieron que los extractos de *R. mangle* y de la cascara de *T. cacao* bloquearon la eclosión a iguales o superiores a 1200 µg/ml de PBS.

Tabla 1. Efecto *in vitro* de las dosis de los extractos de *Theobroma cacao* sobre el porcentaje de eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* aislamiento CENID-PAVET-INIFAP y FMVZ.

Dosis (µg/ml de PBS: Phosphate Buffered Saline) CENID-PAVET-INIFAP							
Extracto	PBS	300	600	1200	2400	3600	EE
HAZT	96.64	94.08	94.45	73.75*	16.08*	3.63*	3.19
HCEY	95.55	93.17	90.79	70.30*	59.68*	49.64*	2.31
HCAL	94.88	93.66	91.81	79.35*	60.85*	29.46*	3.70
CAZT	88.88	93.39	92.29	80.95	65.04*	53.70*	3.01
CCEY	96.93	96.62	87.92	49.46*	34.14*	13.57*	8.09
CCAL	96.36	96.10	86.31	76.27*	54.59*	45.23*	3.61
Dosis (µg/ml de PBS: Phosphate Buffered Saline) FMVZ							
Extracto	PBS	300	600	1200	2400	3600	EE
HAZT	83.79	85.12	82.30	69.22*	48.12*	5.53*	2.28
HCEY	97.50	96.36	94.27	81.05*	58.84*	41.57*	1.67
HCAL	87.40	91.16	94.42	70.81*	61.61*	21.52*	5.66
CAZT	97.30	94.86	87.94	60.85*	31.05*	8.04*	3.74
CCEY	94.07	96.15	86.16	49.36*	38.51*	12.29*	4.72
CCAL	92.33	92.91	72.49*	43.10*	24.49*	9.42*	3.85

HAZT (hoja de cacao Azteca), HCEY (hoja de cacao Ceylán), HCAL (hoja de cacao Calabacillo), CAZT (cáscara de cacao Azteca), CCEY (cáscara de cacao Ceylán), CCAL (cáscara de cacao Calabacillo) y EE (error estándar de la media). (*) Indica la diferencia estadística significativa entre la dosis con respecto al control (PBS).

La diferencia entre el efecto de las dosis entre cultivares puede deberse a que la naturaleza de los compuestos presentes no siempre es conocida. Es sabido que para plantas de la misma especie, el contenido de metabolitos secundarios de las plantas (MSP) es altamente variable en calidad y cantidad, debido a la genética y/o los efectos del ambiente (Makkar *et al.*, 2006). Ejemplos de los efectos del ambiente son las condiciones del suelo, el agua y la luz, condiciones ambientales adversas y aumento de la depredación por la herbivoría (Hoste *et al.*, 2008). No obstante, la inconsistencia en la actividad AH entre los extractos de las diferentes variedades de cacao, puede sugerir que existe variabilidad de las estructuras químicas de los taninos condensados y otros compuestos contenidos en los extractos evaluados tal como se ha detectado al evaluar diversas variedades de mangle (Molan *et al.*, 2003; Hoste *et al.*, 2006).

Resultados de la prueba de PVPP y el papel de los TC en la actividad AH

La segunda serie de EIEH, con y sin la adición de PVPP, se realizó para confirmar el papel de los polifenoles en la actividad AH observada en los extractos a la concentración de 3600 µg/ml de PBS (Tabla 2). Las plantas ricas en taninos han sido evaluadas por su efecto sobre los NGI de los rumiantes (Hoste *et al.*, 2006). Se ha reportado que los taninos pueden mejorar la resiliencia y la resistencia de los ovinos y caprinos infectados con NGI (Paolini y Hoste, 2006). La prueba EIEH con y sin PVPP demostró que los compuestos polifenólicos no siempre son los responsables de la acción AH, en los extractos evaluados. Esto debido a que la acción AH observada solo puede ser atribuida a este tipo de MSP, en unos de los extractos (HZAI) para ambos aislamientos. La actividad antihelmíntica de los extractos de plantas se puede deber a los metabolitos secundarios, que pueden extraer de la materia cruda de las mismas (Domínguez, 1979). Otra explicación es que en las plantas pueden contener, además de taninos, diversos compuestos secundarios, algunos de los cuales podrían ser extraídos conjuntamente con los compuestos fenólicos y que también pueden tener un efecto AH (Barrau *et al.*, 2005).

Tabla 2. Porcentaje de eclosión de huevos de *H. contortus* (CENID-PAVET-INIFAP y FMVZ) expuestos a extractos de hoja y cáscara de *T. cacao* con y sin PVPP.

Extracto	CENID-PAVET-INIFAP				FMVZ			
	PBS	3600	PVPP	EE	PBS	3600	PVPP	EE
HAZT	97.86	0.36*	0*	0.32	74.83	3.85*	10.12*	2.19
HCEY	91.76	3.36*	31.20*	1.53	96.52	3.35*	29.71*	2.04
HCAL	95.90	5.95*	3.97*	1.21	74.79	0.41*	2.21*	0.95
CAZT	93.03	0.66*	0*	0.77	72.57	16.49*	7.17*	2.00
CCEY	95.86	3.77*	4.65*	2.13	71.84	5.39*	0.5*	1.34
CCAL	90.64	8.16*	0*	1.12	70.72	8.60*	0.09*	0.69

HAZT (hoja de cacao Azteca), HCEY (hoja de cacao Ceylán), HCAL (hoja de cacao Calabacillo), CAZT (cáscara de cacao Azteca), CCEY (cáscara de cacao Ceylán), CCAL (cáscara de cacao Calabacillo) y EE (error estándar de la media). (*) En la misma fila Indica diferencia significativa en comparación con su control. EE (error estándar de la media)

Concentración eficaz 50 (CE₅₀)

En la Tabla 3, se muestra la interacción de la CE₅₀ en ambos aislados estudiados (CENID-PAVET-INIFAP y FMVZ). Se indican los extractos con diferencia significativa entre ambos aislados: CAZT y CCAL.

Tabla 3. Concentración eficaz 50 (CE₅₀) e intervalos de confianza al 95%, obtenidos de los diferentes extractos evaluados de *T. cacao*, sobre la eclosión de huevos de dos aislamientos de *H. contortus*.

Extracto	Aislamiento	
	CENID-PAVET-INIFAP	FMVZ
HAZT	1618.89 ^a (1470.72 a 1767.24)	2282.89 ^a (1435.84 a 2579.49)
HCEY	3316.65 ^a (2845.56 a 3988.72)	3070.70 ^a (2826.11 a 3378.02)
HCAL	2558.73 ^a (2239.23 a 2877.60)	2801.32 ^a (2571.17 a 3100.34)
CAZT	4174.37 ^a (3529.71 a 5374.81) †	1533.53 ^b (1296.77 a 1749.42)
CCEY	1304.99 ^a (989.82 a 1655.18)	1544.39 ^a (1252.36 a 1858.95)
CCAL	3378.45 ^a (2782.37 a 4315.61)	1223.66 ^b (983.51 a 1460.37)

Diferentes literales indica diferencias significativas entre columnas (P> 0.05)

CONCLUSIÓN

La evidencia recabada en esta investigación confirma la existencia de diferencias en la acción AH de los extractos de *T. cacao*, de los cultivares evaluados, sobre la eclosión de *H. contortus*. Además, que estos cultivares representan una opción viable para la alimentación de pequeños rumiantes, lo que permite proponer el uso de cultivares específicos, como elementos nutracéuticos en la dieta de ovinos y caprinos. Sin embargo, se espera ampliar la investigación hacia los metabolitos secundarios implicados en la acción AH encontrada.

REFERENCIAS

- AOAC. 1980 Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemist, 13 ed. Washington, D.C.
- Barrau, E., Fabre, N., Fouraste, I., Hoste, H. 2005 Effect of bioactive compounds from sainfoin (*Onobrychis viciifolia scop.*) on the *in vitro* larval migration of *Haemonchus contortus*: role of tannins and flavonol glycosides. *Parasitology*. 131, 531-538.
- Dominguez, S.X.A., 1979. Métodos de investigación fitoquímica. Ed. Limusa. S.A. México, D.F. 281
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S., Hoskin, S. O. 2006. The effects of tannin rich plants on parasitic nematode in ruminants. *Trends Parasitol.* 22, 253-261.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J.F., Alonso-Diaz, M.A., Brunet, S., Sandoval-Castro, C., Houzangbe-adote, S., 2008. Identification and validation of bioactive plants for the control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. *Trop. Biomed.* 25, 56-72.
- Makkar, H.P.S. 2006. Chemical and biological assays for quantification of major plant secondary metabolites in: Sandoval-Castro, C.A., DeB Hovell, F.D., Torres-Acosta, J.F.J and Ayala-Burgos, (Eds.), *Herbivores, assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham University Press, Nottingham, 235-249.
- Molan, A.L., Meagher, L.P., Spencer, P.A., Sivakumaran, S. 2003, Effect of flavan-3-ols on *in vitro* egg hatching, larval development and viability of infective larvae of *Trichstrongylus colubriformis*. *Int. J. Parasitol.* 33, 1691- 1698.
- Paolini, V., Hoste H. 2006. Effects of tannins in goats infected with gastrointestinal nematodes. *BSAS Publication* 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. 209-220.
- Torres-Acosta, J.F.J., Hoste, H. 2008. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Res.* 77, 159–173.
- Vargas-Magaña, J.J. 2013. Respuesta fisiológica de los ovinos y sus nematodos gastrointestinales a los taninos. Tesis grado Doctorado en Ciencias Agropecuarias. UADY. Mérida, Yucatán, México. 63-84

RELACIÓN ENTRE LOS ALGUNOS PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y LA CONDICIÓN CORPORAL EN BORREGAS PELIBUEY

JC Mayo Vidal, NF Ojeda Robertos, C Luna Palomera, OM Torres Chable, MA Alegría Lopez, AJ Chay Canul*

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A. La Huasteca 2ª Sección, CP 86280, Villahermosa, Tabasco, México. Tel. (993) 358-1585, 142-9151, Fax: (993) 142-9150.

*Email: aljuch@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave: Con el objetivo de determinar la relación entre los parámetros hematológicos (PHM) en y la condición corporal en borregas Pelibuey, se obtuvieron muestras de sangre de veintisiete borregas clínicamente sanas con peso vivo (PV) de 41.93 ± 9.15 kg, libres de nematodos gastrointestinales. Se evaluó la CC (escala del 1 al 5) de las borregas. Las relaciones entre la CC y los PHM fueron estimadas por medio de los coeficientes de correlación. El promedio de CC fue de 2.93 ± 1.20 . Los valores para el hematocrito, número de eosinófilos, neutrófilos y monocitos estuvieron dentro el rango reportado para ovinos, sin embargo, los valores de hemoglobina y volumen corpuscular medio fueron ligeramente superiores. La CC no presentó relación con ningún PHM ($P > 0.05$). Bajo las condiciones que se realizó el estudio, no se encontró relación entre la CC y los PHM en borregas Pelibuey mantenidas bajo condiciones de trópico húmedo.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de parámetros hematológicos (PHM) son una herramienta de importancia que contribuye al conocimiento de los estados de salud en los animales. No obstante, algunas variaciones en los parámetros hematológicos han sido observadas en animales sanos y se ha demostrado que dependen de factores como el sexo, la edad, la raza, factores genéticos, estado físico, estado nutricional y estadio fisiológico (Whitney et al., 2009).

Algunos autores han reportado que durante los periodos de alta demanda de nutrientes los rumiantes pueden presentar desordenes metabólicos que afectan su concentración de minerales, sus parámetros bioquímicos y hematológicos (Antunović et al., 2011a, 2011b, Yilmaz et al., 2014), sin embargo, también coinciden en que estos cambios no siempre son reflejados de manera visible en la condición de los animales. En ese sentido Mendizabal et al. (2011) mencionan que para condiciones de campo la CC y el peso vivo son parámetros de fácil determinación, sin embargo, la CC tiene el inconveniente de ser un parámetro subjetivo. A pesar de esto ha sido empleado para establecer las relaciones entre alimentación y producción, como un indicador de reservas energéticas corporales, eficiencia reproductiva, y bienestar animal (Kenyon et al., 2014). No obstante, existen pocos trabajos actualizados que determinen los PHM en ovejas de pelo y su relación con la CC. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar los valores hematológicos en ovejas Pelibuey, y evaluar su relación con la condición corporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se llevó a cabo en el rancho El Rodeo, ubicado a 14 km del entronque de la carretera Villahermosa-Jalapa en la ranchería Víctor Manuel Fernández Manero, Jalapa, Tabasco.

Animales, manejo y toma de muestras

Se utilizaron 27 borregas Pelibueyclínicamente sanas, no gestantes y no lactantes, con peso vivo (PV) de 41.9 ± 9.2 . La CC fue determinada por dos personas de acuerdo a la escala del 1 al 5 (Russell *et al.*, 1969), donde la condición 1 corresponde a animales muy delgados y 5 a animales obesos.

Los animales fueron alojados en jaulas individuales de 1.2×1.4 m (1.7 m²), con comedero y bebedero individual. Para garantizar que los animales se encontraran libres de nematodos y prevenir algún efecto confundido por parasitismo, los animales fueron desparasitados con Cydectin NF® (Pfizer, Brasil) a razón de 0.2 mg/kg pv SC. La dieta se ofreció en dos partes iguales a las 8:00 y a las 15:00 horas, la dieta consistió de 66% de heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), 19% de maíz molido, 11% de soya, 3% de melaza y 1% de minerales, con un estimado de EM de 9 MJ/kg MS y 10% de PC (AFRC, 1993). La cantidad de alimento ofrecido fue ajustado de acuerdo al PV, procurando aportar de 1 a 1.5 veces el requerimiento de EM para mantenimiento. Al día 15, antes de ofrecer el alimento, se obtuvieron muestras de sangre, por medio de punción de la vena yugular utilizando tubos Vacutainer® con EDTA, las muestras se mantuvieron por 30 minutos a temperatura ambiente y posteriormente se trasladaron al laboratorio para la determinación de los parámetros hematológicos. También se obtuvieron muestras de heces directamente del recto para confirmar la ausencia de nematodos gastrointestinales.

Análisis de las muestras

Las muestras de sangre fueron procesadas para la determinación de los valores hematológicos empleando un equipo automatizado QBC IDEXX® Vet Autoread Hematology Analyzer (IDEXX Laboratories, Inc., Westbrook, ME).

Análisis estadísticos

Los PHM fueron evaluados por medio de estadística descriptiva, se determinaron las medias, los valores mínimos y máximos así como la desviación estándar de los datos. Las relaciones entre los PHM y la CC fueron estimados por medio de los coeficientes de correlación entre las variables por medio del PROC CORR del SAS (SAS Ver. 9.00, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los animales estuvieron libres de nematodos gastrointestinales. Los valores para RBC, y HCT estuvieron dentro el rango reportado para borregos (Tabla 1). No obstante, los valores de HGB, Volumen corpuscular medio (MCV), Hemoglobina Corpuscular medio (MCH), concentración media corpuscular de hemoglobina (MCHC) fueron ligeramente superiores. La CC no estuvo relacionada con ningún PHM estudiado (Tabla 2).

El conteo total de eritrocitos de las ovejas estudiadas fue similar a lo reportado por Fazio *et al.* (2011). Los valores de hematocrito y hemoglobina fueron similares a los rangos encontrados por Antunović *et al.* (2011a) en ovejas Tsigai en Croacia. Sin embargo, el MCV, la MCH y la MCHC

fueron mayores para las ovejas estudiadas al compararse con los datos reportados por estos investigadores. Adema, el HCT y el RBC encontrados en el presente estudio fueron mayor que los reportados por Fadare et al (2012) en ovejas West African del trópico húmedo de Nigeria.

Tabla 1. Valores medios, mínimos y máximos de la condición corporal y parámetros hematológicos evaluados en borregas Pelibuey (n=27).

Variable	Media	Mínimo	Máximo	DE
CC	2.93	1.00	5.00	1.19
WBC, $\times 10^9 L^{-1}$	28.47	1.40	59.70	14.47
RBC, $\times 10^6 \mu L^{-1}$	6.72	2.22	9.54	1.611
HGB, g L ⁻¹	11.10	2.20	18.50	2.93
HCT (%)	38.45	29.50	47.40	8.37
MCV, fL	48.44	42.80	77.10	6.50
MCH, pg	16.63	9.90	27.60	3.99
MCHC (%)	35.44	23.10	59.80	8.24

CC: Condición corporal; WBC: Leucocitos; HGB: Hemoglobina; HCT: Hematocrito; MCV: Volumen corpuscular medio; MCH: Hemoglobina Corpuscular medio; MCHC: Concentración media corpuscular de hemoglobina

Al evaluar el efecto de la CC sobre algunos PHM en cabras Saanen, Yilmaz et al. (2014) encontraron valores normales en animales con CC de 3.5 y valores bajos en los animales con CC ≤ 2.5 . Además reportan que existió una relación significativa entre la CC y el HCT. Otros estudios han indicado una correlación positiva entre la CC y PCV; e indicaron que por cada cambio en la CC, PCV incrementa en 2.1% (Burke et al., 2007). No obstante, en el presente estudio, no se encontró relación entre los PHM evaluados y la CC.

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre la condición corporal y parámetros hematológicos evaluados en borregas Pelibuey (n= 27)

	CC
WBC, $\times 10^9 L^{-1}$	0.34 ^{ns}
RBC, $\times 10^6 \mu L^{-1}$	0.29 ^{ns}
Hemoglobina, g L ⁻¹	0.28 ^{ns}
HCT (%)	0.33 ^{ns}
MCV, fL	-0.09 ^{ns}
MCH, pg	0.04 ^{ns}
MCHC (%)	-0.05 ^{ns}

***P<0.0001; **p<0.001; *p<0.05; ns: no significativo

En el estudio realizado por Yilmaz et al. (2014) encontraron que al incrementar la CC, RBC, HGB, HCT también incrementaron. Además, reportaron que RBC, HCT y HGB fueron mayores en los animales con CC ≥ 3.51 y los menores valores se registraron en animales con CC ≤ 2.5 . La relación entre la CC y los PHM, ha sido poco documentada, por lo que las comparaciones con otros trabajos resultan limitadas. Se requieren más estudios en esta temática; así como la relación con otras herramientas para evaluar el estatus de salud de las ovejas de pelo.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el estudio, se concluye que no se encontró relación entre los PHM evaluados y la CC en borregas Pelibuey.

REFERENCIAS

- AFRC, 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants, Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK, 159 pp.
- Antunović Z., J Novoselec, H Sauerwein, M šperanda, M Vegara and V Pavić. 2011b. Blood metabolic profile and some of hormones concentration in ewes during different physiological status. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*.17: 687-695
- Antunović Z., J Novoselec, M šperanda, M Vegara, V Pavić, B Mioč and M Djidara. 2011a. Changes in biochemical and hematological parameters and metabolic hormones in Tsigai ewes blood in the first third of lactation. *Archiv Tierzucht*. 54: 535-545.
- Fadare OA., Peters OS., Yakubu A., Sonibare OA., Adeleke A. M., Ozoje O. M., Imumorin G. I. 2012. Physiological and haematological indices suggest superior heat tolerance of white-coloured West African Dwarf sheep in the hot humid tropics. *Tropical Animal Health and Production*. 45: 157-165
- Kenyon PR., SK Maloney and D Blache. 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57:1, 38-64.
- Mendizabal, J. A., Delfa, R., Arana, A., Purroy, A. 2011. Body condition score and fat mobilization as management tools for goats on native pastures. *Small Ruminant Research*. 98: 121-197
- Russell AJF., JM Doney and RG Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science*. 72: 451-454.
- SAS. 2002. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00, Cary, NC27512-8000. USA.
- Whitney, T. R., D. F. Waldron and T. D. Willingham, 2009. Evaluating nutritional status of Dorper and Rambouillet ewes in range sheep production. *Sheep and Goat Res. J.*, 24: 10-16.
- Yilmaz, M., Taskin, T., Bardakcioglu, H. E., Di Loria (2014). Effect of body condition score on some blood parameters for anemia level in goats. *Veterinarija ir Zootechnika*,67 (89): 41-46.

DE VALORES ELECTROCARDIOGRÁFICOS DE TRES DERIVACIONES EN BORREGOS PELIBUEY

A. Cupido Hernández¹, A. R. Reynoso Palomar²

¹Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

*Email: alberto_cupido18@hotmail.com.

RESUMEN

Palabras clave: El objetivo del presente trabajo consistió en establecer parámetros electrocardiogramas, deflexiones, intervalos. El objetivo del presente trabajo consistió en establecer parámetros electrocardiográficos confiables referentes al estado de Puebla y por consiguiente a las entidades con climas y condiciones similares a este estado. Se hicieron registros ECG (Electrocardiograficos) de tres derivaciones en borregos raza pelibuey, para compararlos con trabajos ya realizados en diversos países. Se tomo una muestra representativa de un hato de 210 ovinos, dentro de los cuales se realizaron estudios a 56 borregas vacías, 10 borregas gestantes y 10 corderitos, ya que contabamos con los resultados del estudio ECG, se procedió a realizar las medidas de las deflexiones P, QRS y T; así como también los intervalos PQ, QT y ST. Posteriormente se determino el análisis estadístico calculando la media y desviación estándar, en los resultados se observó que la morfología de los registros son similares tanto en las borregas vacías, gestantes y corderos, pero, existen diferencias en la amplitud del complejo QRS y en la onda T.

INTRODUCCIÓN

La cardiología veterinaria es un área que se encuentra en pleno desarrollo en México, siendo practicada mayormente en los animales de compañía como lo son perros y gatos, conociéndose sus valores ECG gracias a diversos estudios. Sin embargo, en especies dedicadas a la producción no se le ha dado mucha importancia, un ejemplo claro son los ovinos, aunque se han realizado registros ECG en países como India, España y Sudáfrica, estos pueden resultar poco prácticos en nuestro país, debido a que las condiciones genéticas y ambientales son diferentes, por lo que la adaptación de estos animales a su entorno puede generar variaciones en sus valores ECG (Santamarina *et al.*, 2015). Por lo que el objetivo del presente estudio fue establecer parámetros electrocardiográficos confiables referentes al estado de Puebla y por consiguiente a las entidades con climas y condiciones similares a este estado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en la posta zootécnica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en el municipio de Tecamachalco, Puebla. Tecamachalco se localiza al sureste del estado de Puebla, a 56.7 kilómetros de la capital de la entidad, se ubica en los paralelos 18° 52' 57" latitud norte y a 97° 43' 49" latitud oeste, su altitud media sobre el nivel del mar es de 2.055 metros, la zona se encuentra entre los templados de Valle de Tepeaca y Puebla. Su clima es semicálido, subhúmedo y templado con cambios térmicos en los meses de junio y enero, con una temperatura media anual, de 18° C, con una mínima de 15°C, y máxima de 21°C (INAFED, 2015).

Para este estudio se utilizó un hato de 210 animales en 9 corrales, de los cuales se tomaron muestras aleatorias de 4 corrales, 56 borregas vacías, 10 borregas gestantes y 10 corderos de raza Pelibuey. Se probaron dos métodos de contención física para realizar el registro electrocardiográfico, los cuales fueron: decúbito lateral derecha y cuadripedestación. Después de intentar con las dos posiciones se determinó que la posición en cuadripedestación se obtuvo una mejor medición de las deflexiones, debido a que los animales se mantenían más quietos sin provocar alteraciones por estrés, la colocación de los electrodos eran más sencillas y el resultado de los registros fue de mayor calidad, por lo que solo se utilizó esta posición.

Se utilizaron electrodos de pinza de cocodrilo y estos fueron colocados en los miembros anteriores, en la parte superior derecha se colocó el electrodo negro (right arm), en la superior izquierda el electrodo amarillo (left arm) a la altura del olecranon, en el xifoide el electrodo rojo (left leg) y en la parte lateral izquierda del tórax abdominal el electrodo verde (right leg), de acuerdo a las condiciones de espacio de la caja torácica en ovinos, se eligió la que mejor se adaptó al triángulo de Einthoven. Para que la conducción eléctrica llevara a cabo un registro más aceptable en el papel termo-sensible, se le untó gel de electrocardiografía, al momento de colocar cada uno de los electrodos. El registro del electrocardiograma se midió a 10 mm/mv, esto determinaría la amplitud de las deflexiones, y la velocidad con la que se registró, el papel fue de 25 mm/s. Los resultados se midieron con una lupa-regla y posteriormente se determinó la media y desviación estándar de cada registro realizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las deflexiones que se obtuvieron en este estudio fueron similares en las borregas vacías, borregas gestantes y los corderos, con la única diferencia en la amplitud del complejo QRS (mv.) y en la onda T (mv.) (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de las deflexiones en ovinos

Parámetros	Vacías (56)	Gestantes (10)	Corderos (10)
Onda P (mv.)	0.107	0.1	0.1
Onda P (seg.)	0.041	0.04	0.044
Intervalo PQ (seg.)	0.102	0.104	0.094
Complejo QRS (mv.)	0.368	0.29	0.43
Complejo QRS (seg.)	0.042	0.04	0.04
Intervalo QT (seg.)	0.266	0.28	0.246
Intervalo ST (seg.)	0.231	0.244	0.21
Onda T (mv.)	0.254	0.3	0.23
Onda T (seg.)	0.067	0.07	0.07

*milivoltios (mv.); Segundos (seg.)

Los resultados se compararon con los reportados por Torio *et al.*, 1997, quien reporta una metodología similar, observando algunas diferencias en el intervalo ST (seg.) en las borregas vacías, estos parámetros se compararon únicamente con los registros en España ya que en Sudáfrica no hay determinaciones para borregas vacías (Tabla 2). Es importante mencionar que en el estudio realizado en Sudáfrica utilizaron dos fármacos (Ketamina y Midazolán) para su contención física (Ker, 2006).

Para las borregas gestantes no hay parámetros publicados, por el cual no se pudieron realizar las comparaciones con otros autores; sin embargo esto deja la posibilidad de establecer este estudio como los primeros parámetros reportados para la especie en base a su condición fisiológica. En corderos se compararon los registros ya realizados en India, en donde se discuten grandes diferencias en la Onda P (mv.), Complejo QRS (mv.), Complejo QRS (seg.), Intervalo QT (seg.), Intervalo ST (seg.) y Onda T (mv.), como se podrán apreciar (Tabla 3). Cabe resaltar que en esa investigación estaban evaluando la efectividad del fármaco pentazocina, por lo que se infiere que los parámetros reportados pueden variar por la utilización de la pentazocina (Mir *et al.*, 2000).

Tabla 2. Comparación de parámetros de electrocardiografía en borregas vacías de Sudáfrica, España y México.

Parámetros	Sudáfrica (Ker, 2006)		España (Torio <i>et al.</i> , 1997)	México
	Ketamina	Midazolam		
Onda P (mv.)	0.09	0.07	0.118±0.041	0.107
Onda P (seg.)	0.064	0.052	0.039±0.006	0.041
Intervalo PQ (seg.)	X	X	X	0.102
Complejo QRS (mv.)	X	X	X	0.368
Complejo QRS (seg.)	0.044	0.051	0.045±0.009	0.042
Intervalo QT (seg.)	0.228	0.258	0.262±0.033	0.266
Intervalo ST (seg.)	X	X	0.144±0.031	0.231
Onda T (mv.)	X	X	0.295±0.242	0.254
Onda T (seg.)	X	X	0.075±0.022	0.067

Tabla 3. Comparación de parámetros de electrocardiografía en corderos de India y México

Parámetros	India (Mir <i>et al.</i> , 2000)	México
	Pentazocina	
Onda P (mv.)	0.05±0.007	0.1
Onda P (seg.)	0.062±0.007	0.044
Intervalo PQ (seg.)	X	0.094
Complejo QRS (mv.)	0.268±0.090	0.43
Complejo QRS (seg.)	0.11±0.09	0.04
Intervalo QT (seg.)	0.307±0.014	0.246
Intervalo ST (seg.)	0.197±0.02	0.21
Onda T (mv.)	0.058±0.012	0.23
Onda T (seg.)	0.1±0.007	0.07

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos en hembras vacías son similares a los trabajos publicados en Sudáfrica y España. En los corderos se detectaron diferencias en la amplitud y tiempos del trazado electrocardiográfico, probablemente por las diferentes condiciones de manejo, ambientales y/o genéticos. Por lo anterior, la metodología empleada y los valores electrocardiográficos obtenidos en borregos pelibuey se pueden considerar válidos para nuestro entorno.

REFERENCIAS

- INAFED. (2015). Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx>
- Ker J. (2006). The normal ovine electrocardiogram: A 12-leaded approach. University of Pretoria etd.
- Mir S.A., Nazki A.R., Raina R. (2000). Comparative electrocardiographic studies, and differing effects of pentazocine on ECG, heart and respiratory rates in young sheep and goats. Small Ruminant Research 37 13-17.
- Santamarina P.G., Torio A.R., Suárez R.M.L. (Consultado 2015). Principios básicos en electrocardiografía veterinaria. <http://es.scribd.com/doc/207606856/Consulta-de-difusion-veterinaria-Electrocardiografia#scribd>
- Torio R., Cano M., Montes A., Prieto F., Benedito J.L.(1997). Comparison of two methods for electrocardiographic analysis in Gallega sheep. Small Ruminant Research 24 239-246.

RESPUESTA HEMATOLÓGICA EN OVINOS RASTREADORES DURANTE SU PRIMERA INFECCIÓN CON NEMATODOS GASTROINTESTINALES

JM Cutiño Olán¹, G Arjona Jiménez¹, CV Zaragoza Vera¹, M Zaragoza Vera¹, RA García Herrera¹, JU Medina Reynés¹, AJ Aguilar Caballero², AC Berumen Alatorre¹, AJ Chay Canul¹, *R González Garduño³

¹DACA, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, Mexico. ²FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. ³Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria Sursureste. Teapa, Tabasco, México.

*E-mail: robgardu@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave:

hematología,
nematodos,
primoinfección

El objetivo de este estudio fue determinar el impacto de los nematodos gastrointestinales (NGI) en las condiciones de salud durante la primera infección de corderos rastreadores, medido a través de algunos valores hematológicos. El estudio se desarrolló en los municipios de Tacotalpa, Teapa y Jalapa del estado de Tabasco. De manera mensual se introdujeron seis corderos rastreadores a unidades de producción para determinar los conteos fecales de huevos como indicador de la infección en los sitios de interés. Las mayores infecciones con NGI ocurrieron durante los meses de pastoreo en octubre, noviembre y diciembre (época de nortes) lo cual se reflejó en los conteos fecales de huevos de nematodos registrados en noviembre, diciembre y enero, cuando los corderos aumentaron entre 7800 a 14000 HPG. Mientras que durante el pastoreo en la época de secas (febrero a abril) los conteos oscilaron entre 2300 a 2600 HPG y se incrementaron en junio a 4100 HPG (pastoreo de mayo). El promedio general para el VCA antes del pastoreo fue de 29.8 ± 2.7 % y a los 60 días de iniciado el pastoreo los valores se redujeron a 23.5 ± 5.8 %. Por su parte la proteína plasmática antes del pastoreo fue de 6.4 ± 0.6 y a los 60 días fue de 5.7 ± 0.9 . De manera general el volumen celular se redujo marcadamente en los corderos que pastorearon durante los meses de septiembre a noviembre. Del conteo diferencial de leucocitos se pudo notar que únicamente los eosinófilos se incrementaron ligeramente por efecto de la infección con NGI, mientras que los linfocitos y neutrófilos se redujeron. También el total de leucocitos se redujo. Se concluye que las mayores infecciones ocurren durante la época de nortes cuando se incrementan los conteos fecales de huevos, se reduce hematocrito y proteína plasmática.

INTRODUCCIÓN

El parasitismo es uno de los principales problemas que enfrentan los rumiantes en pastoreo, de éstos, los nematodos gastrointestinales (NGI) son los más importantes, ya que originan disminución en el comportamiento productivo y reproductivo, especialmente en climas cálido húmedos predominantes en la región sureste del país (Eysker *et al.*, 2005; Torres-Acosta y Hoste, 2008).

Para el diagnóstico de la parasitosis gastrointestinal se han utilizado de manera cotidiana estudios de coprología, de los cuales el más utilizado ha sido la técnica de McMaster para el conteo de

huevos por gramo de heces (hpg). Sin embargo, esta técnica presenta limitaciones importantes, ya que solamente se puede identificar familias y en algunos casos los géneros de los NGI pero no determina las especies presentes, por lo que además es necesario para un diagnóstico más preciso, la identificación de los géneros y en algunos casos las especies a partir de larvas infectantes obtenidas de cultivos larvarios (González-Garduño *et al.*, 2011). Por lo que se propuso como objetivo determinar el impacto de la parasitosis gastrointestinal en las condiciones de salud durante la primera infección de corderos rastreadores, medido a través del volumen celular aglomerado y el conteo diferencial de leucocitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en los municipios de Tacotalpa, Teapa y Jalapa del estado de Tabasco, el estado se localiza al sureste de México y se extiende por la llanura costera del golfo de México, con su porción meridional sobre la sierra del norte de Chiapas, localizada aproximadamente a 17° 15'-18°39' y 91°00'-94°17'. El clima tropical húmedo es una característica muy singular de la región, con temperaturas que van de los 15°C en los meses más fríos hasta 44°C en los más calurosos; la temperatura promedio es de 26°C. (INEGI, 2013).

Los análisis de las muestras coproparasitológicas se realizaron en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y las muestras de sangre se procesaron en el laboratorio de la Unidad Regional Universitaria Sursureste (URUSSE) de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el Municipio de Teapa, Tabasco.

Cada mes se adquirieron seis corderos de tres meses de edad aproximadamente, sin infección previa, los cuales servirían como animales rastreadores y por lo tanto no tenían infecciones parasitarias. Los corderos salieron a pastoreo durante un mes y posteriormente se estabularon durante 30 días para determinar los conteos fecales de huevos y los valores celulares periféricos. La determinación de la carga parasitaria se realizó mediante la técnica de McMaster, la cual es usada para obtener una estimación del número de huevos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces (Thienpont *et al.*, 1986). También se tomaron muestras de sangre para determinar el volumen del paquete celular aglomerado (VCA) mediante la técnica de micro-hematocrito (Benjamín, 1991), antes del pastoreo, posteriormente se hizo un muestreo intermedio y al final de la etapa de estabulación.

También se realizó la dilución de la sangre de cada animal (1:20) en líquido de Türck para realizar el conteo de los glóbulos blancos en una cámara de Neubauer y para realizar el recuento diferencial de leucocitos, se tiñeron los frotis de sangre de cada animal con hemocolorante rápido (Hycel). A continuación se procedió al recuento diferencial de 100 leucocitos en cada preparación, discriminando entre neutrófilos, basófilos, eosinófilos, linfocitos y monocitos. A partir de este dato y del número total de leucocitos/ μ l de sangre, se calculó el número de células de cada tipo. El análisis estadístico se realizó con el programa SAS (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mayores infecciones con NGI ocurrieron durante los meses de pastoreo en octubre, noviembre y diciembre (época de nortes) lo cual se reflejó en los conteos fecales de huevos de nematodos registrados en noviembre, diciembre y enero, cuando los corderos aumentaron entre 7800 a 14000 HPG. Mientras que durante el pastoreo en la época de secas (febrero a abril) los conteos oscilaron entre 2300 a 2600HPG y se incrementaron en junio a 4100 HPG (pastoreo de mayo) (Figura 1).

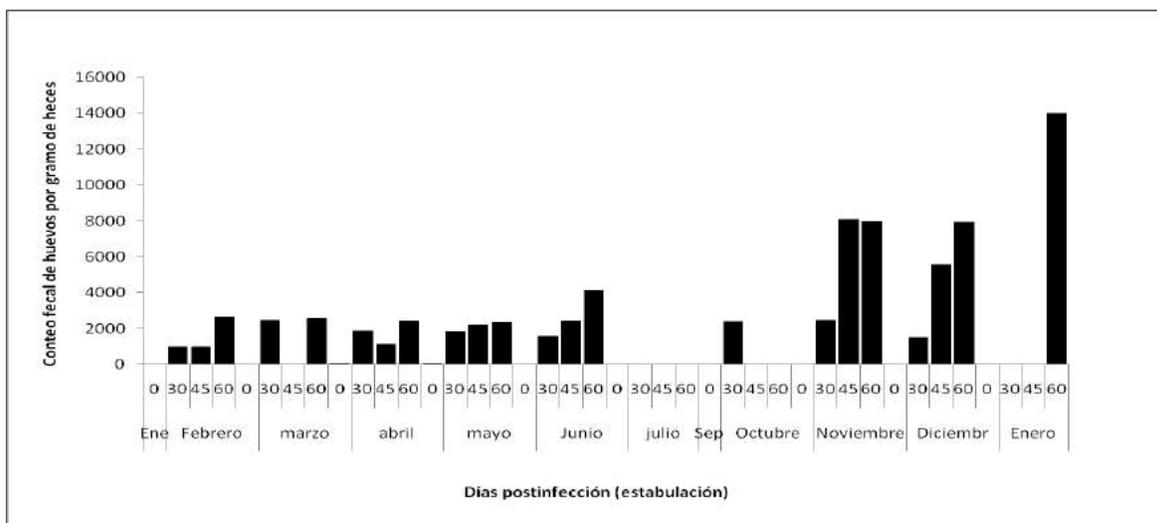


Figura 1. Conteos fecales de huevos de nematodos gastrointestinales en ovinos rastreadores en el estado de Tabasco. El día cero indica la entrada a pastoreo y el mes de pastoreo).

Las principales especies de nematodos observadas fueron: *Haemonchus contortus*, *Cooperia curticei*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Oesophagostomum colombianum*, *Trichuris ovis*. También se observó el cestodo *Moniezia expansa*.

El promedio general para el VCA antes del pastoreo fue de 29.8 ± 2.7 % y a los 60 días de iniciado el pastoreo, los valores se redujeron a 23.5 ± 5.8 %. Por su parte la proteína plasmática antes del pastoreo fue de 6.4 ± 0.6 y a los 60 días fue de 5.7 ± 0.9 . De manera general el volumen celular se redujo marcadamente en los corderos que pastorearon durante los meses de septiembre a noviembre. La misma situación se observó en la proteína plasmática, cuya reducción fue mayor en esos corderos (Tabla 1).

La reducción del VCA durante los meses de nortes se atribuyó al mayor grado de infección que ocurrió en los corderos, ya que durante esos mismos meses los conteos fecales se incrementaron sustancialmente. En este sentido se coincidió con Amarante *et al.*, (2004), Bricarello., (2004) quienes encontraron que altas cargas de nematodos y conteos elevados de HPG provocan una reducción de VCA y PP en corderos de lana.

Del conteo diferencial de leucocitos se pudo notar que únicamente los eosinófilos se incrementaron ligeramente por efecto de la infección con NGI, mientras que los linfocitos y neutrófilos se redujeron. También el total de leucocitos se redujo. Sin embargo, las diferencias no fueron significativas, debido a la alta variabilidad entre los individuos.

Tabla 1. Volumen celular aglomerado y proteína plasmática en ovinos rastreadores por mes de pastoreo en Tabasco, México.

Mes de pastoreo*	VCA					Proteína plasmática				
	Pastoreo	Estabulación			Cambio	Pastoreo	Estabulación			Cambio
		30	45	60			30	45	60	
Enero	29	27.7	24.7	28.0	-1.0	6.4	5.9	5.6	5.7	-0.7
Febrero	29.0	24.0		22.7	-6.3	6.6	6.4		5.9	-0.6
Marzo	28.0	23.8	23.0	28.0	0.0	7.3	7.2	6.5	7.1	-0.2
Abril	30.6	25.8	25.0	25.0	-5.6	7.0	6.3	6.3	6.0	-0.9
Mayo	33.8	30.7	34.3	31.5	-2.3	6.2	6.2	5.5	6.3	0.2
Junio	27.8	22.8		26.0	-1.8	5.9	5.6		6.2	0.3
Septiembre	28.0	24.0		20.3	-7.8	6.4	5.2		5.0	-1.4
Octubre	27.0	23.0	21.3	16.3	-10.7	6.4	6.2	5.2	4.9	-1.5
Noviembre	34.5	23.8	15.2	13.6	-20.9	5.4	5.0	4.1	4.0	-1.4

*Un mes de pastoreo y un mes de estabulación.

Tabla 2. Conteo total de leucocitos y conteo diferencial de células periféricas en ovinos rastreadores antes y después de la infección con nematodos gastrointestinales.

Mes	Leucocitos		Neutrófilos		Eosinófilos		Linfocitos	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Pastoreo								
Enero		14889		6064		588		8115
Febrero	12950	10088	6085	3367	995	363	5803	6358
Marzo	11850	12783	6196	5704	136	788	5438	6238
Abril	23400	14618	10176	5554	437	842	10019	8043
Mayo	14725	13678	5393	6935	116	276	8972	6344
Junio	7800	16625	3760	5322	22	377	3951	4136
Septiembre		10444		5452		221		4723
Octubre		15075		6943		113		7888
Noviembre	11708	9503	5868	4340	57	233	6075	4788
Promedio	13739	13078	6246	5520	294	422	6710	6293

CONCLUSION

Los principales parásitos encontrados son: *Haemonchus contortus*, *Cooperia curticei*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Oesophagostomum colombianum*, *Trichuris ovis*. También se observó el cestodo *Moniezia expansa*. Las mayores infecciones ocurren durante la época de nortes cuando se incrementan los conteos fecales de huevos, se reduce hematocrito y la proteína plasmática.

REFERENCIAS

- Amarante, A., Bricarello, P., Rocha, R., and Gennari. 2004. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. *Veterinary Parasitology* 120: 91–106.
- Benjamin MM. 1991. Manual de patología clínica en veterinaria. Ed. Limusa, México.
- Bricarello, P., Gennari, S., Oliveira-Sequeira, T., Goncalves de Goncalves, I., and Echeverria, F. 2004. Worm burden and immunological responses in Corriedale and Crioula Lanada sheep following natural infection with *Haemonchus contortus*. *Small Ruminant Research* 51: 75-83

- Eysker M, Bakker N, Kooman, FNJ, Plooger HW. 2005. The possibilities and limitations of evasive grazing as a control measure for parasitic gastroenteritis in small ruminants in temperate climates. *Vet. Parasitol.* 129: 95-104.
- González Garduño, R., Córdova Pérez, C., Torres Hernández, G., Mendoza de Gives, P., & Arece García, J. (2011). Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Veterinaria México*, 42(2), 125-135.
- Thienpont D., Rochette F., Vanparijs O.F.J. 1986. Diagnóstico de las helmintiasis por medio del examen coprológico. Beerse, Bélgica: Janssen Research Foundation.
- Torres-Acosta, J.F.J., H. Hoste. 2008. Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research* 77:159–173.

**CALIDAD, INOCUIDAD Y PROCESAMIENTO DE LA CARNE
OVINA**

CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE SEIS GENOTIPOS DE OVINOS EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

J. Hernández-Bautista¹, A. Palacios-Ortiz¹, T. Salinas-Ríos¹, M. I. Pérez-León², J. C. Vinay-Vadillo³

¹Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca; ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; ³CIRGOC-INIFAP, Campo Experimental La Posta. Avenida Universidad S/N, Ciudad Universitaria, Cinco Señores, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, CP 68120. *Email: jorgeherba@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave: Área del ojo del lomo, grasa dorsal, rendimiento canal, cruza con Criollo.

El objetivo de estudio fue determinar las características de la canal de seis genotipos de corderos finalizados en corral con similar régimen de alimentación en los Valles Centrales de Oaxaca. Se utilizaron 113 animales (18 Pelibuey, 20 Black belly, 15 Katahdin, 20 Pelibuey × Criollo, 20 Black belly × Criollo y 20 Dorper × Pelibuey), de cuatro meses de edad y un peso vivo promedio de 19 kg, que se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar en corraletas individuales. Durante 100 días se les proporcionó una ración integral (16.01 % PC, 2.66 Mcal de EM/kg) *ad libitum*; posteriormente los animales fueron sacrificados. La canal caliente se refrigeró a 4°C y 24 h *post-mortem* se obtuvo el peso de la canal fría (PCF, kg), en el músculo *L. dorsi* se determinaron, área del ojo del lomo (AOL, cm²) y espesor de la grasa dorsal (EGD, mm). Se realizó un análisis de varianza teniendo como efecto fijo el genotipo, para determinar diferencia entre promedios se empleó la prueba de mínimos cuadrados. El PV, PCF y AOL fueron afectados (P<0.05) por el genotipo, los mayores promedios los obtuvo la cruce Pelibuey × Dorper, los otros cinco genotipos presentaron promedios similares (P>0.05). El RC fue afectado por el genotipo los ovinos con encaste de Criollo mostraron los menores (P<0.05) promedios. El EGD medido a la altura de la doceava y treceava costilla no fue afectado (P>0.05). Se concluye que las cruza de Criollo con razas mejoradas, como la Black belly y Pelibuey, presentan características de la canal similares a las obtenidas por las razas Pelibuey, Black belly y Katahdin. La cruce Pelibuey × Dorper muestra superioridad en rendimiento cárnico pero no en deposición de grasa subcutánea. Los canales de ovinos encastados con Criollo, poseen menor rendimiento.

INTRODUCCIÓN

En los Valles centrales de Oaxaca la ovinocultura es una actividad familiar cuyo objeto es el ahorro y el autoconsumo (FAOSTAT, 2009); los ovinos son comercializados en las cabeceras distritales; un día a la semana se establece una plaza, en donde los productores e introductores, así como carniceros y restauranteros acuden a vender o comprar. Los ovinos que se comercializan, provienen de un sistema de pastoreo en agostadero; en la época de sequía la alimentación se complementa con rastrojo de maíz, en contadas ocasiones se ofrece suplemento alimenticio. En lo que se refiere a la genética, se pueden distinguir cruza de ovinos Criollos con razas de pelo mejoradas (principalmente Black Belly y Pelibuey), desconociéndose las proporciones de cada genotipo; en los

últimos dos años, la cruza de razas mejoradas como la Dorper y la Katahdin han empezado a comercializarse. En los últimos años, un número reducido de productores, comenzaron a trabajar con enfoque empresarial, llevando registros productivos y económicos que permiten evaluar su rentabilidad; han adoptado tecnologías, como la incorporación de suplementos proteicos, conservación de forrajes, introducción de pastos mejorados y elaboración de raciones balanceadas.

El principal producto que comercializan es el corderos para abasto finalizado en corral hasta alcanzar un peso de 40 kg, el genotipo de dichos animales es variado predominando animales cruzados de Pelibuey × Criollo y Black belly × Criollo; de dichas cruza, se desconoce el rendimiento cárnico y las características de la canal. El objetivo de estudio fue determinar las características de la canal de seis genotipos de corderos para abasto, finalizados en corral bajo la misma estrategia de alimentación, en los Valles Centrales de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó, de diciembre de 2012 a julio de 2013, en el taller de productos cárnicos de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (16° 06' 34" N y 95° 94' 24" O, 1,650 msnm). Se utilizaron 113 corderos de diferentes genotipos (18 Pelibuey, 20 Black belly, 15 Katahdin, 20 Pelibuey × Criollo, 20 Black belly × Criollo y 20 Dorper × Pelibuey), de cuatro meses de edad y un peso vivo promedio de 19 kg. Al inicio del estudio los corderos se pesaron y desparasitaron (ivermectina, dosis de 0.2 mg/kg de peso vivo); también se les aplicó vitamina A (500 000 UI), D (75 000 UI) y E (50 mg); fueron inmunizados con la vacuna bobact-8 vías (*Clostridium chavoei*, *C. septicum*, *C. novji*, *C. perfringens*, *Mannheimia haemolytica* – A1) por vía intramuscular. Los animales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar en corraletas individuales de 120 cm de largo x 80 cm de ancho. La adaptación alimenticia duró 8 d (forraje y alimento), posteriormente, se les proporcionó diariamente una ración integral (16.01 % de PC y 2.66 Mcal de EM/kg) elaborada con grano de sorgo, harina de alfalfa, pasta de soya, urea, melaza y premezcla de mineral (Tabla 1).

Tabla 1. Formula y composición nutrimental y de la ración utilizada durante la finalización, en corral, de seis genotipos de corderos para abasto en los Valles Centrales de Oaxaca.

Ingredientes	% en la ración	Composición nutrimental	
Sorgo, grano	42	Proteína cruda, %	16.01
Urea	1	EM, Mcal/kg	2.66
Harina de alfalfa	39	Fibra cruda, %	11.1
Pasta de soya	10	Costo/kg, \$	4.12
Melaza	6		
Sal mineral	2		
Total	100		

El periodo de estudio fue de 100 días, tiempo durante el cual se determinó el comportamiento productivo. Posteriormente, los animales fueron sacrificados con un ayuno previo de 12 h. Después de la matanza, la canal caliente fue introducida a una cámara de refrigeración a temperatura de 4 °C durante 24 h. En el periodo *post-mortem* se determinó el PCF (kg), el AOL (cm²) y el EGD (mm), estas dos últimas variables fueron medidas entre la doceava y treceava costilla (Núñez, 2009). En las medidas lineales se utilizó un vernier graduado en mm y el pesaje se realizó en una báscula electrónica con capacidad para 40 kg. El rendimiento de la canal se calculó dividiendo el peso de la

canal entre el peso del animal en ayuno; el rendimiento de los cortes se calculó en base al peso de la canal. Los datos fueron capturados en una hoja de cálculo y posteriormente se analizaron en el programa SAS (2003). Se estableció un modelo complementado al azar, en donde el efecto fijo fue el genotipo y la covariable el peso vivo al inicio del experimento. Para determinar diferencia entre grupos se utilizó un análisis de varianza y para conocer diferencias entre medias se empleó la prueba de mínimos cuadrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los promedios de las variables PV, PCF, RCF, AOL y EGD. En lo referente a las variables peso vivo y peso de la canal fría, el análisis de varianza detectó diferencia estadística ($P < 0.05$) entre genotipos; el mayor promedio lo obtuvieron los corderos cruce Pelibuey × Dorper. Los otros cinco genotipos presentaron promedios similares ($P > 0.05$). El RCF fue afectado ($P < 0.05$) por el genotipo, los menores promedios fueron observados en los animales con encaste de criollo; el mejor ($P < 0.05$) promedio lo presentaron los corderos cruzados de Dorper × Pelibuey. Los grupos raciales Katahdin y Pelibuey tuvieron un comportamiento regular, para dicha variable. El promedio de RCF obtenido por la cruce Pelibuey × Dorper, es similar al descrito por otros autores, en corderos F1 Pelibuey × Dorper (53.37 %) alimentados con un ración integral con 12 % de proteína cruda; esta superioridad de la cruce en ambos experimentos se atribuye al efecto de la heterosis; al respecto, Rocha *et al.* (2009) mencionan que el vigor híbrido tiene beneficios en el potencial productivo, rendimiento en canal y en el aspecto económico. En otro estudio realizaron cruzamiento utilizando la raza Dorper como terminal y encontraron rendimientos de la canal de 49 a 52 % (Silva, 2006).

Los resultados obtenidos en el presente estudio pueden ser considerados aceptables, incluso las cruces de razas mejoradas con razas criollas presentan rendimientos en canal adecuados, los promedios obtenidos coinciden con lo descrito por Torrescano *et al.* (2009), quienes argumentan que las características de la canal son afectadas por el genotipo. La cruce Dorper × Pelibuey demostró el mejor rendimiento cárnico, ya que alcanzó el mayor ($P < 0.05$) promedio del AOL (16.3 cm²). Los otros cinco genotipos en estudio presentaron los menores promedios, pero similares ($P > 0.05$) entre de ellos (14.14 cm²). Los valores encontrados son muy parecidos a los reportados en ovinos Pelibuey de 41 kg de PV (13.6 cm²; Silva 2006).

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) de las características de la canal de seis genotipos de corderos para abasto, finalizados en corral en los Valles Centrales de Oaxaca.

Variable	Genotipo					
	Pelibuey	Pelibuey × Criollo	Black Belly × Criollo	Black Belly	Katahdin	Dorper × Pelibuey
PV ¹ , kg	40.8±1.4b	40.7±1.3b	41.0±1.3b	39.6±1.3b	42.1±1.7b	42.5±1.5a
PC, kg	20.4±0.69b	19.3±0.66b	19.7±0.66b	19.1±0.66b	21.0±0.85b	23.1±0.88a
RC, %	49.9±0.67b	47.4±0.63c	47.9±0.63c	48.2±0.63bc	49.9±0.82b	54.2±0.89a
AOL, cm ²	14.2±1.06b	14.3±0.99b	14.1±0.99b	13.2±0.99b	14.9±1.29b	16.3±1.01a
EGD, mm	2.2±0.63	2.1±0.49	2.0±0.49	2.0±0.49	2.3±0.62	2.0 ± 0.49

¹PV: Peso vivo al momento de la matanza; PC: Peso de la canal fría; RC: Rendimiento de la canal fría; AOL: Área del ojo del lomo; EGD: Espesor de grasa dorsal.

abcLetras distintas en hileras indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

En lo que se refiere al EGD, todos los genotipos mostraron promedios similares ($P>0.05$), en promedio general corresponde a 2.1 mm. Al respecto Cervantes *et al.* (2009) obtuvieron valores de EGD de 1.24 mm y AOL de 11.57 y 12.08 cm² en machos implantados y no implantados, respectivamente. Al igual Torrescano *et al.* (2009) obtuvieron promedios de 1.2 mm de EGD y 13.6 cm² de AOL en machos enteros raza Pelibuey. Ríos *et al.* (2011) describen promedios de AOL de 12.5, 11.9, 12.3 cm² y de EGD de 1.2, 1.8, 2.1 mm para los genotipos Pelibuey, Pelibuey × Katahdin y Pelibuey × Dorper, respectivamente. Los promedios encontrados en el presente estudio, para EGD, son similares a los reportados en otras investigaciones; en lo que se refiere a los promedios de AOL, en el presente estudio, se encuentran ligeramente elevados; no obstante se consideran adecuados.

CONCLUSIÓN

Los corderos cruzados de Criollo con Black belly y criollo con Pelibuey, presentan menores rendimientos en canal y similares promedios de grasa subcutánea cuando son comparados con razas puras como Pelibuey, Black belly y Katahdin. La cruce Pelibuey × Dorper solo es superior en rendimiento cárnico.

REFERENCIAS

- FAOSTAT Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAOSTAT | © FAO Dirección de Estadística 2009 | Disponible en: faostat.fao.org accesado: 14 diciembre 2009.
- Hernández BJ, Mariscal MA, Sosa VAR, Palacios OA, Hernández RJA, Rendón ZBE, Onofre BS. Hernández LFH (2013) Caracterización y rentabilidad de las unidades de producción ovinas en el estado de Oaxaca. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Fundación Produce Oaxaca A.C. Oaxaca, Oax. pp35.
- Martínez TS (2010). Plan rector del sistema producto ovino del estado de Oaxaca. Universidad Autónoma Chapingo. Pp 21.
- Núñez GFA (2009) Fundamentos de crecimiento y evaluación animal. Ed. Trafford. Pp160.
- Ríos FG, Gómez-Vázquez A, Pinos-Rodríguez JM, García-López JC, Estrada-Angulo A, Hernández-Bautista J, Portillo JJ (2011). Effect of breed on performance and carcass characteristics of Mexican hair sheep. *South African Journal of Animal Science* 41 (3): 275:279.
- Rocha LP, Fraga AB, Araújo JT, Figueira RF, Pacheco KMG, Silva FL, Rodríguez DS (2009). Desempenho de cordeiros cruzados em alagoas, brasil. *Arch. Zootec.* 58 (221): 145-148.
- SIAP (2011) Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Número de cabezas, producción precio y valor de cabezas sacrificadas. <http://www.siap.gob.mx/>
- Silva AJ (2006). Ganancia de peso y características de la canal en ovinos de pelo. Facultad de Zootecnia. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua. Disponible: <http://eprints.uach.mx/128/1/ZOO-TP-00062.pdf>. Consultado el 12 de febrero de 2012.
- Statistical analysis system institute (SAS) (2003). User's guide statistics. SAS Institute. Cary, N.C. USA.
- Torrescano RGU, Escalante SA, Molina PFJ, Caudillo VJ, Ramiro ST (2009). Características de la canal y calidad de la carne de ovinos Pelibuey, engordados en Hermosillo Sonora. *Biotechnia* 10 (1):41-50.

COLOR Y PH DE LA CARNE DE SEIS GENOTIPOS DE OVINOS EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

J. Hernández-Bautista¹, A. Palacios-Ortiz¹, T. Salinas-Ríos¹, M. I. Pérez-León², J. C. Vinay-Vadillo³

¹Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca; ²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca; ³CIRGOC-INIFAP, Campo Experimental La Posta. Avenida Universidad S/N, Ciudad Universitaria, Cinco Señores, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, CP 68120.

*Email: jorgeherba@hotmail.com

RESUMEN

Palabras clave:

Intensidad de
brillantez, intensidad de
rojo, *Longissimus dorsi*.

El objetivo de estudio fue determinar las características físico-químicas de seis genotipos de corderos, finalizados en corral bajo similar régimen de alimentación, en los Valles Centrales de Oaxaca. Se utilizaron 113 animales (18 Pelibuey, 20 Black belly, 15 Katahdin, 20 Pelibuey × Criollo, 20 Black belly × Criollo y 20 Dorper × Pelibuey), de cuatro meses de edad y un peso vivo promedio de 19 kg, que se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar en corraletas individuales. Durante 100 días se les proporcionó una ración integral (16.01 % PC, 2.66 Mcal de EM/kg) *ad libitum*; posteriormente los animales fueron sacrificados. La canal caliente se refrigeró a 4°C y 24 h *post-mortem* se obtuvieron las siguientes variables: pH e intensidades de brillantez (L*), color rojo (a*) y color amarillo (b*). Se realizó un análisis de varianza teniendo como efecto fijo el genotipo, la covariable fue el peso vivo; para determinar diferencia entre promedios se empleó la prueba de mínimos cuadrados. El genotipo no afectó (P>0.05) el pH, la a* y la b* del músculo *L. dorsi*, obteniendo promedios de 5.6, 12.16 y 11.80, respectivamente. Se concluye que, bajo un mismo sistema de alimentación, las cruzas de Criollo con razas mejoradas como la Black belly y Pelibuey presentan características físico-químicas similares a las obtenidas por las razas Pelibuey, Black belly, Katahdin y la cruce Pelibuey × Dorper.

INTRODUCCIÓN

En Oaxaca la ovinocultura es una actividad familiar cuyo objeto es el ahorro y el autoconsumo (FAOSTAT, 2009); es por ello que el crecimiento anual es de apenas el 1.0 % (Martínez, 2010); sin embargo, del año 2005 al 2011 tuvo un incremento significativo de 530,084 a 570,423 cabezas de ovinos (SIAP, 2011). En la región de los Valles Centrales de Oaxaca los ovinos son comercializados en las cabeceras distritales; un día a la semana se establece un “baratillo” o plaza, en donde los productores e introductores de ganado, así como carniceros y restauranteros acuden a vender o comprar animales. Los ovinos que se comercializan en estos sitios, provienen de un sistema de pastoreo en agostadero, su alimentación está basada en el consumo de gramíneas y leguminosas nativas; en la época de sequía la alimentación se complementa con rastrojo de maíz, en contadas ocasiones se ofrece suplemento alimenticio. Por lo anterior, la condición corporal de los animales al momento de la venta es heterogénea. En lo que se refiere a la genética, fenotípicamente se pueden distinguir cruzas de ovinos Criollos con razas de pelo mejoradas (principalmente Black Belly y Pelibuey), desconociéndose las proporciones de cada genotipo; en los últimos dos años, la cruza de razas mejoradas como Dorper y Katahdin han empezado a comercializarse.

La mayoría de los ovinocultores, dirigen sus unidades de producción a la obtención de carne, ofreciendo corderos destetados o bien animales para el abasto (Hernández *et al.*, 2013); la producción de pie de cría y de lana es poco practicada y nula la producción de leche. La producción se realiza con poca o nula aplicación de tecnologías, escasa asesoría técnica, deficiente sanidad y prevención de enfermedades. A pesar de la problemática planteada, en los últimos años, un número reducido de productores, comenzaron a trabajar con enfoque empresarial, llevando registros productivos y económicos que permiten evaluar su rentabilidad; han adoptado tecnologías, como la incorporación de suplementos proteicos, conservación de forrajes, introducción de pastos mejorados y elaboración de raciones balanceadas.

El principal producto que comercializan es el corderos para abasto finalizado en corral hasta alcanzar un peso de 40 kg, el genotipo de dichos animales es variado predominando animales cruzados de Pelibuey × Criollo y Black belly × Criollo; de dichas cruza, se desconocen las características físico-químicas de la carne de ovino. El objetivo de estudio fue determinar las el color y pH de seis genotipos de corderos para abasto, finalizados en corral bajo similar régimen de alimentación, en los Valles Centrales de Oaxaca.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó, de diciembre de 2012 a julio de 2013, en el taller de productos cárnicos de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (16° 06' 34" N y 95° 94' 24" O, 1,650 msnm). Se utilizaron 113 corderos de diferentes genotipos (18 Pelibuey, 20 Black belly, 15 Katahdin, 20 Pelibuey × Criollo, 20 Black belly × Criollo y 20 Dorper × Pelibuey), de cuatro meses de edad y un peso vivo promedio de 19 kg. Al inicio del estudio los corderos se pesaron y desparasitaron (ivermectina, dosis de 0.2 mg/kg de peso vivo); también se les aplicó vitamina A (500 000 UI), D (75 000 UI) y E (50 mg); fueron inmunizados con la vacuna bobact-8 vías (*Clostridium chavoei*, *C. septicum*, *C. novji*, *C. perfringrns*, *Mannheimia haemolytica* – A1) por vía intramuscular. Los animales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar en corraletas individuales de 120 cm de largo × 80 cm de ancho. La adaptación alimenticia duró 8 d (forraje y alimento), posteriormente, se les proporcionó diariamente una ración integral (16.01 % de PC y 2.66 Mcal de EM/kg) elaborada con grano de sorgo, harina de alfalfa, pasta de soya, urea, melaza y premezcla de mineral (Tabla 1). El periodo de estudio fue de 100 días, tiempo durante el cual se determinó el comportamiento productivo. Posteriormente, los animales fueron sacrificados con un ayuno previo de 12 h. Después de la matanza la canal caliente fue introducida inmediatamente a una cámara de refrigeración a temperatura de 4 °C durante 24 h.

Tabla 1. Formula y composición nutrimental y de la ración utilizada durante la finalización, en corral, de seis genotipos de corderos para abasto en los Valles Centrales de Oaxaca.

Ingredientes	% en la ración	Composición nutrimental	
Sorgo, grano	42	Proteína cruda, %	16.01
Urea	1	EM, Mcal/kg	2.66
Harina de alfalfa	39	Fibra cruda, %	11.1
Pasta de soya	10	Costo/kg, \$	4.12
Melaza	6		
Sal mineral	2		
Total	100		

En el periodo *post-mortem* se determinó el pH que se midió con un potenciómetro marca Hanna modelo HI 99163 calibrado previamente con soluciones buffer con pH de 4 y 7. El electrodo se introdujo en el músculo *L. dorsi*, entre la doceava y treceava costilla, hasta que la lectura quedó fija. De cada muestra se obtuvieron tres repeticiones. Para medir las intensidades de brillantez (L^*), de color rojo (a^*) y de color amarillo (b^*) las muestras de músculo *L. dorsi* fueron expuestas a oxigenación durante 5 minutos, inmediatamente después se colocó el espectrofotómetro marca Konica Minolta modelo 508d, la medición fue por triplicado (Hui *et al.*, 2006). Los datos fueron capturados en una hoja de cálculo y posteriormente se analizaron en el programa SAS (2003). Se estableció un modelo complementado al azar, en donde el efecto fijo fue el genotipo y la covariable el peso vivo. Para determinar diferencia entre grupos se utilizó un análisis de varianza y para conocer diferencias entre medias se empleó la prueba de mínimos cuadrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El genotipo no afectó ($P>0.05$) el pH del músculo *L. dorsi*, obteniendo un promedio general de 5.6, dicho valor puede ser considerado como normal (Tabla 2); En un estudio realizado por Torrescano *et al.* (2009) se determinó la calidad de la carne de ovinos Pelibuey, obteniendo a las 24 h un pH que osciló entre 5.7 y 5.8, a pesar que los promedios obtenidos son mayores a los del presente estudio, se pueden considerar adecuados para una carne normal, ya que el rango de aceptación va de 5.6 a 5.8 (Hui *et al.*, 2006).

La intensidad de rojo y amarillo de la carne no variaron ($P>0.05$) por efecto del genotipo, los promedios generales obtenidos fueron de 12.16 y 11.80, respectivamente (Tabla 2). Por el contrario, la intensidad de brillantez fue afectada ($P<0.05$) por el genotipo. Los genotipos de Black belly fueron los que presentaron carne más oscura, seguidos de las cruces de Pelibuey. La carne de la raza Katahdin fue la que presentó mayor brillantez. Torrescano *et al.* (2009) encontraron, en corderos Pelibuey de 42.2 kg de peso vivo, promedios de 45.7, 18.9 y 16.4 para las variables L^* , a^* y b^* , respectivamente. Dichos valores son mayores a los observados en el presente estudio; es posible que el tipo de alimentación tenga mayor efecto, en las características de color, que el genotipo, sobre todo cuando la comparación se realiza entre razas de pelo; Burke y Apple (2007) describen promedios de brillantez menores ($L^*33.6$) a los obtenidos en el presente; es posible que el método de matanza y el manejo *post-mortem* de la canal tengan un efecto negativo en el color final de la carne (Hui *et al.*, 2006).

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados (\pm error estándar) de las características físico-químicas del músculo *Longissimus dorsi* de seis genotipos de corderos para abasto, finalizados en corral en los Valles Centrales de Oaxaca.

Genotipo	Variables medidas a las 24 horas <i>post-mortem</i>			
	pH	L^*	a^*	b^*
Pelibuey	5.60 \pm 0.068	37.05 \pm 0.96 ^{bc}	11.73 \pm 0.69	11.03 \pm 0.91
Pelibuey x Criollo	5.62 \pm 0.068	37.41 \pm 0.96 ^{bc}	13.48 \pm 0.69	11.02 \pm 0.91
Black Belly x Criollo	5.71 \pm 0.068	35.95 \pm 0.96 ^{ab}	12.09 \pm 0.69	12.55 \pm 0.91
Black Belly	5.56 \pm 0.068	33.60 \pm 0.96 ^a	12.76 \pm 0.69	11.09 \pm 0.91
Katahdin	5.52 \pm 0.079	39.17 \pm 1.11 ^c	11.43 \pm 0.80	13.33 \pm 1.05
Dorper x Pelibuey	5.59 \pm 0.075	36.15 \pm 1.04 ^{ab}	11.47 \pm 0.77	11.81 \pm 0.98

L^* : Intensidad de brillantez; a^* : Intensidad de rojo; b^* : Intensidad de amarillo.

^{abc}Letras distintas en columnas indican diferencia estadística ($P<0.05$).

CONCLUSIÓN

Las cruzas de Criollo con razas mejoradas, como la Black belly y Pelibuey, presentan carne con características físico-químicas similares a las obtenidas por las razas Pelibuey, Black belly y Katahdin y cruce Pelibuey × Dorper, a excepción de la intensidad de brillantez la cual es menor en la raza Black Belly y sus cruzas.

REFERENCIAS

- Burke JM, Apple JK (2007) Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep weathers. *Small Ruminant Research* 67: (2): 264-270.
- FAOSTAT Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAOSTAT | © FAO Dirección de Estadística 2009 | Disponible en: faostat.fao.org accesado: 14 diciembre 2009.
- Hernández BJ, Mariscal MA, Sosa VAR, Palacios OA, Hernández RJA, Rendón ZBE, Onofre BS. Hernández LFH (2013) Caracterización y rentabilidad de las unidades de producción ovinas en el estado de Oaxaca. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Fundación Produce Oaxaca A.C. Oaxaca, Oax. pp35.
- Hui YH, Guerrero LI, Rosmini RM (2006) Ciencia y Tecnología de carnes. Ed. Limusa. México D. F. pp 23, 129.
- Martínez TS (2010). Plan rector del sistema producto ovino del estado de Oaxaca. Universidad Autónoma Chapingo. Pp 21.
- SIAP (2011) Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Número de cabezas, producción precio y valor de cabezas sacrificadas. <http://www.siap.gob.mx/>
- Statistical analysis system institute (SAS) (2003). User's guide statistics. SAS Institute. Cary, N.C. USA.
- Torrescano RGU, Escalante SA, Molina PFJ, Caudillo VJ, Ramiro ST (2009). Características de la canal y calidad de la carne de ovinos Peli buey, engordados en Hermosillo Sonora. *Biotecnia* 10 (1):41-50.

COMPOSICIÓN DE LA CANAL DE CORDEROS LACTANTES BLACKBELLY × PELIBUEY

I del C. García-Osorio^{1*}, J Oliva-Hernández², JA Hinojosa-Cuéllar³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, * garcia_osic@hotmail.com; ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; ³Universidad Popular de la Chontalpa.

RESUMEN

Palabras clave: *Crecimiento, lactancia, húmedo.* *carne, trópico* El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del tipo de nacimiento (TN), número de parto (NP) y la interacción TN × NP sobre la composición de la canal de corderos lactantes. Se utilizaron 28 corderos Blackbelly × Pelibuey. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, los factores de estudio fueron TN (único y gemelo), NP de las ovejas (primíparas y múltiparas) y la interacción TN × NP. Los corderos se sacrificaron a los 56 días de edad. Las variables evaluadas fueron: peso de la canal caliente (PCC), peso y rendimiento del tejido blando y hueso en la canal completa, peso del tracto gastrointestinal (TGI) vacío, rumen-retículo-omaso-abomaso (RROA) vacío, hígado, sangre y riñones. El NP y la interacción TN × NP no afectaron ($p > 0.05$) ninguna de las variables estudiadas. Sin embargo, el TN influyó ($p < 0.05$) sobre el PCC de los corderos, los corderos únicos mostraron un mayor peso de la canal que los gemelos. Con excepción del peso de los riñones, el peso del TGI vacío, RROA vacío, hígado y sangre, no resultaron afectados ($p > 0.05$) por el TN. El peso y rendimiento del tejido blando y huesos en la canal no fueron influidos ($p > 0.05$) por el TN. En conclusión, el peso de la canal caliente de corderos únicos Blackbelly x Pelibuey es mayor al de corderos gemelos. Sin embargo, esa ventaja no se logró detectar en el peso y rendimiento de tejido blando de la canal.

INTRODUCCIÓN

En México la comercialización de cortes primarios y/o canales provenientes de corderos jóvenes (menores a tres meses) de razas de pelo no es usual. Sin embargo, este tipo de productos cárnicos representan una opción para diversificar los productos de ovinos factibles de comercializar. Aunque en ovinos de lana, se ha estudiado la influencia del peso y sexo sobre la composición tisular de la canal y de diversos cortes primarios en corderos lechales (Pérez *et al.* 2002; Díaz *et al.* 2005; Peña *et al.* 2005; Luaces *et al.* 2008), no se ha considerado la influencia del tipo de nacimiento debido fundamentalmente a que se han utilizado corderos provenientes de un parto simple.

El estudio de los factores que afectan el rendimiento y composición de la canal resulta importante debido a que el peso vivo en un animal no siempre muestra alta correlación con la cantidad de productos vendibles (Owens *et al.* 1993). En el caso de corderos jóvenes de razas de pelo, existe limitada información sobre la composición tisular de la canal (Combellas 1977) en la cual no se ha considerado la participación del tipo de nacimiento del cordero, factor que pudiera ser importante debido a que las ovejas de pelo muestran una alta prolificidad (Rodríguez *et al.* 1998; Macedo y Arredondo 2008). Por otra parte, el sacrificio de corderos al destete pudiera ser un momento adecuado para generar un producto cárnico diferenciado del ovino al abasto. En este sentido, en fincas comerciales de corderos en Tabasco es frecuente que la edad destete de los corderos se

encuentre entre 60 y 90 días (Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2011, 2012). Con base en estos antecedentes, el objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia del tipo de nacimiento de los corderos sobre la composición de la canal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la unidad ovina experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, la cual se localiza en Huimanguillo, Tabasco, México (17° 50' N, 93° 23' O), en donde el clima es cálido húmedo con lluvias todo el año (Af) y una temperatura ambiente media anual de 27.8 °C (INEGI 2007).

Se utilizaron 28 corderos Blackbelly × Pelibuey de un grupo de 39 corderos estudiados previamente en su comportamiento productivo predestete (García 2014). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial con dos factores. Los factores fueron tipo de nacimiento (TN) de los corderos (único y gemelo), número de parto (NP) de las ovejas (primípara y múltipara), y la interacción TN × NP.

Manejo de los corderos durante la etapa de lactación

Los corderos permanecieron estabulados durante toda la etapa de lactación y se alimentaron por medio de amamantamiento controlado, un complemento alimenticio de tipo comercial (18 % de PC, ofrecido a partir del día cinco de edad) y heno de *Cynodon plectostachyus* y *Gliricidia sepium* a libre acceso (a partir de los 15 días de edad). El control del acceso al amamantamiento se aplicó a partir de la segunda semana de vida de los corderos y consistió en restringir el acceso del cordero al amamantamiento durante seis horas (8:00 a 14:00 h). A partir de la tercera semana y hasta concluir la lactancia, el cordero no tuvo acceso al amamantamiento durante 10 horas (08:00 a 18:00 h).

Los corderos fueron sacrificados al destete (día 56 de edad) con un previo ayuno de alimento no lácteo de 14 horas (Martínez *et al.* 1987). Posteriormente, se procedió a retirar la piel, cabeza, las dos extremidades delanteras (a la altura de la articulación carpo-metacarpiana) y las dos traseras (a la altura de la articulación tarso-metatarsiana), vísceras abdominales y torácicas. Se registró el peso de la canal caliente (Martínez *et al.* 1987; Hernández-Espinoza *et al.* 2012). El peso vacío correspondió a la diferencia en kg entre el peso al sacrificio y el peso de el contenido digestivo, éste último se obtuvo como resultado de obtener la diferencia entre el peso del tracto gastrointestinal (rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grueso) lleno y vacío. La canal completa fue diseccionada, separando y pesando el tejido blando y óseo (Cantón *et al.* 1992). El tejido blando incluyó músculo (principalmente), ligamentos y grasa de cobertura, estos dos últimos debido a su escasa cantidad presente, no fue posible separarlos por lo que quedaron incorporados como parte del tejido blando.

El rendimiento de tejido blando (%), consistió en la relación (peso del tejido blando en la canal previo deshuesado/peso de la canal) × 100. Previamente, se obtuvo el peso del tejido blando en la canal completa. El rendimiento de huesos (%), consistió en la relación (peso de los huesos en la canal completa /peso de la canal) × 100. Previamente, se obtuvo el peso de los huesos en la canal completa (Cantón *et al.* 1992; Martínez *et al.* 1987).

Las variables evaluadas en los corderos fueron: peso canal caliente, peso y rendimiento del tejido blando y hueso en la canal, peso del tracto gastrointestinal vacío (TGI), rumen-retículo-omaso-abomaso (RROA) vacío, hígado, sangre y riñones.

Manejo de la oveja durante la lactancia

En la primera semana de lactación, las ovejas permanecieron estabuladas con sus camadas y se alimentaron con heno de *C. plectostachyus*. En la segunda semana de lactación, las ovejas salieron a pastoreo durante seis horas (08:00 a 14:00 h) y el resto del día estuvieron con sus camadas (recibiendo heno de *C. plectostachyus*). A partir de la tercera semana y hasta finalizar la etapa de lactación las ovejas estuvieron en pastoreo durante 10 horas (08:00 a 18:00 h). El pastoreo se realizó en praderas con *C. plectostachyus*. En promedio, el período de ocupación fue de tres días en cada pradera y 25 días de descanso. Durante toda la etapa de lactación las ovejas se suplementaron de forma grupal con un alimento comercial (500 g oveja⁻¹ d⁻¹; 15 % PC).

Análisis estadístico

Todos los análisis se efectuaron utilizando el paquete estadístico SAS (SAS 1999). A los datos se les aplicó la prueba de Shapiro-Wilk's para probar que se distribuyeron en forma normal. Para el análisis de los datos de los corderos se utilizó un modelo mixto, en donde los factores fijos fueron TN y NP y el aleatorio la oveja. En el modelo final no se incluyeron los factores NP y la interacción TN x NP debido a que no resultaron significativos ($p > 0.05$). En la variable peso de la canal el modelo incluyó el peso al nacimiento como covariable ($p < 0.05$). En aquellas variables que no mostraron una distribución normal se analizaron con el test de la suma de rangos de Wilcoxon para datos no pareados (Milton y Tsokos 1987).

RESULTADOS

El NP y la interacción TN x NP no afectaron ($p > 0.05$) las variables estudiadas. El TN influyó ($p < 0.05$) sobre el peso de la canal de los corderos, los corderos únicos mostraron un mayor peso de la canal que los gemelos. Con excepción del peso de los riñones ($p < 0.05$), el peso del TGI vacío, RROA vacío, hígado y sangre, no resultaron afectados ($p > 0.05$) por el TN (Tabla1). Las medias \pm DE para peso vacío, TGI vacío, RROA vacío, hígado, sangre y riñones fueron 9.3 ± 1.8 kg, 1.075 ± 0.187 kg, 363 ± 72 g, 205 ± 51 g, 484 ± 125 g y 39 ± 16 g, respectivamente. El peso y rendimiento del tejido blando y huesos en la canal no fueron influidos ($p > 0.05$) por el TN (Tabla1).

DISCUSIÓN

El peso de la canal de los corderos gemelos representó el 88.7 % del peso de la canal de los corderos únicos, resultado que concuerda con lo indicado previamente en ovinos de lana sacrificados a una edad promedio de 142 días con un peso de la canal promedio de 16 kg (McCoard *et al.* 2010). La proporción del peso del TGI vacío, RROA vacío, hígado, sangre y riñones, con respecto al peso vivo vacío representaron 11.5, 3.9, 2.2, 5.2 y 0.4 %, respectivamente. En corderos de la raza Segureña (peso vacío 18.3 kg) el peso del TGI vacío representó el 9.9 % del peso vacío (Peña *et al.* 2005), mientras que García (2014) reporta en corderos gemelos Blackbelly x Pelibuey (provenientes de ovejas multíparas) influencia del sexo en el peso del TGI vacío, en donde el TGI vacío de los machos representó el 10.3 % del peso vivo vacío, mientras que el de las hembras 9.2 %. A su vez, García (2014) indica que el RROA vacío y el hígado representan el 3.7 y 2.2 % del peso vacío, respectivamente. Por su parte, Partida y Braña (2011) señalan que en corderos el TGI vacío, hígado más riñones y sangre eliminada en el desangrado constituyen el 8, 4 y 2 % del peso vivo, respectivamente. En ovinos adultos Blackbelly x Pelibuey, el TGI vacío y los riñones representaron el 10.4 y 0.4 % del peso vivo vacío (Cantón *et al.* 1992). La participación porcentual de las vísceras estudiadas en el presente estudio se encuentra dentro de los límites reportados en diferentes edades de los ovinos. Las diferencias pudieran atribuirse a la edad de sacrificio, forma de medir la víscera y tipo de alimentación.

Tabla 1. Influencia del tipo de nacimiento sobre la composición de la canal de corderos Blackbelly × Pelibuey.

Variable	Tipo de nacimiento	
	Sencillo	Múltiple
Edad al sacrificio, días	56	56
Peso de canal caliente, kg	5.3 ± 0.22 ^a	4.7 ± 0.18 ^b
Peso tejido blando en canal ¹ , kg	3.5 ± 0.18	3.1 ± 0.15
Peso huesos en canal, kg	1.6 ± 0.07	1.5 ± 0.05
Rendimiento en tejido blando ² , %	65.7 ± 0.93	64.9 ± 0.75
Rendimiento en huesos ³ , %	30.8 ± 0.78	31.4 ± 0.69
Tracto gastrointestinal vacío, kg	1.08 ± 0.05	1.08 ± 0.04
Rumen-retículo-omaso-abomaso vacíos, g	345 ± 20	372 ± 16
Hígado, g	217 ± 14	199 ± 11
Sangre, g	518 ± 32	464 ± 24
Riñones, g	46 ± 4 ^a	36 ± 3 ^b
Número de observaciones	10	18

1, tejido blando= músculo (principalmente), ligamentos y grasa de cobertura; 2, rendimiento en tejido blando= (peso del tejido blando en la canal completa /peso de la canal) x 100; 3, rendimiento en huesos= (peso de los huesos en la canal completa /peso de la canal) x 100. ^{a, b} medias de cuadrados mínimos ± error estándar con diferente superíndice dentro de la misma fila indican diferencia significativa (p < 0.05).

El rendimiento en tejido blando y huesos en la canal fue similar entre corderos únicos y gemelos, resultado que apoya los hallazgos previos en corderos Blackbelly × Pelibuey por García (2014) quienes indican que el TN no afectó el rendimiento verdadero de la canal. En corderos Terrincho-PDO, el músculo y el hueso representaron el 61.2 y 21.8 % de la canal y la relación músculo:hueso fue de 3.1 (Santos *et al.* 2008). Mientras que en la pierna de la canal (< 5.5 kg) de corderos Manchegos el músculo y hueso representan el 62.9 y 26.7 %, respectivamente. Registrándose una relación músculo:hueso de 2.39. En el presente estudio aunque el rendimiento de tejido blando fue ligeramente superior al reportado como músculo en corderos Terrincho-PDO y manchegos, la relación tejido blando: hueso fue de 2.1 lo que indica que los huesos en la canal de corderos Blackbelly × Pelibuey tienen una participación importante en la canal.

CONCLUSIONES

El peso de la canal caliente de corderos únicos Blackbelly × Pelibuey resulta mayor a la de corderos gemelos. Sin embargo, esa ventaja no se logró detectar en un mayor peso y rendimiento de tejido blando de la canal.

REFERENCIAS

- Cantón JG, Velázquez A, Castellanos A (1992) Body composition of pure and crossbred Blackbelly sheep. *Small Rumin Res* 7: 61-66.
- Combellas JB De (1997) Calidad de la canal en ovejas West-African y sus cruces. En: González-Stagnaro C (compilador) *Ovinos de pelo*. Ovis. Luzan 5, SA de Ediciones Madrid. España. 48: 75-82.
- Díaz MT, de la Fuente J, Lauzurica S, Pérez C, Velasco S, Álvarez I, Ruíz de Huidobro F, Onega E, Blázquez B, Cañeque V (2005) Use of carcass weight to classify Manchego sucking lambs and its relation to carcass and meat quality. *Anim Sci* 80: 61-69.

- García I del C (2014) Crecimiento, rendimiento y composición de la canal de corderos Blackbelly x Pelibuey sacrificados a 56 días de edad. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. 80 p.
- Hernández-Espinoza DF, Oliva-Hernández J, Pascual-Córdova A, Hinojosa-Cuéllar JA (2012) Descripción de medidas corporales y composición de la canal en corderas Pelibuey: Estudio preliminar. *Revista Científica FCV-LUZ XXII*: 24-31.
- Hinojosa-Cuéllar JA, Torres-Hernández G, Oliva-Hernández J, Aranda-Ibáñez E, Segura-Correa JC, González-Camacho JM (2011) Pre-weaning Performance of Lambs from Purebred and Crossbred Hair Ewes Under Humid Tropical Conditions of Tabasco, México. *J Anim Vet Adv* 10: 3149-3154.
- Hinojosa-Cuéllar JA, Oliva-Hernández J, Torres-Hernández G, Segura-Correa JC, Aranda-Ibáñez EM, González-Camacho JM (2012) Factores que afectan el crecimiento predestete de corderos Pelibuey en el trópico húmedo de México. *Universidad y Ciencia* 28:163-171.
- INEGI (2007) Anuario Estadístico Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco, México.
- Luaces ML, Calvo C, Fernández B, Viana JL y Sánchez L (2008) Ecuaciones predictoras de la composición tisular de las canales de corderos de raza Gallega. *Arch Zootec* 57: 3-14.
- McCoard SA, Koolaard J, Charteris A, Luo D (2010) Brief communication: Effect of twinning and sex on carcass weight and composition in lambs. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 70: 133-136.
- Macedo R, Arredondo V (2008) Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo. *Arch Zootec* 57: 219-228.
- Martínez AMM, Bores RF, Castellanos AF (1987) Zoometría y predicción de la composición corporal de la borrega Pelibuey. *Téc Pecu Méx* 25: 72-84.
- Milton JS, Tsokos JO (1987) Métodos de distribución libre. En: *Estadística para biología y ciencias de la salud*. Interamericana Mc Graw-Hill. México. Pp. 435-471.
- Owens FN, Dubeski P, Hanson CF (1993) Factors that alter the growth and development of ruminants. *J Anim Sci* 71: 3138-3150.
- Partida JA, Braña D (2011) Metodología para la evaluación de la canal ovina. Folleto Técnico No. 9. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología Animal. INIFAP, México. 58 p.
- Peña F, Cano T, Domenech V, Alcalde MaJ, Martos J, García-Martínez A, Herrera M, Rodero E (2005) Influence of sex, slaughter weight and carcass weight on "non-carcass" and carcass quality in segureña lambs. *Small Rumin Res* 60: 247-254.
- Pérez P, Maino M, Tomic G, Mardones E, Pokniak J (2002) Carcass characteristics and meat quality of Suffolk Down suckling lambs. *Small Rumin Res* 44: 233-240.
- Rodríguez ROL, Heredia AM, Quintal FJ, Velázquez MA (1998) Productivity of Pelibuey and Blackbelly ewes mated at yearly and 8-monthly intervals over six years. *Small Rumin Res* 30: 177-184.
- Santos VAC, Silva SR, Azevedo JMT (2008) Carcass composition and meat quality of equally mature kids and lambs. *J Anim Sci* 86: 1943-1950.
- SAS (1999) User's Guide. Cary, North Carolina, USA: SAS Institute.

SOCIOECONOMIA, ADMINISTRACION Y EXTENSIONISMO

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN OVINA EN MÉXICO Y MICHOACÁN

G. Nuncio-Ochoa¹, E. Sánchez-Vera², J. Nahed-Toral³, A. García-Pérez Negrón¹, E. Bobadilla-Soto⁴, and Carlos Manuel Arriaga-Jordán²

¹Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, (ITVM). ²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). ³El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). ⁴Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

*Email: kaab5@yahoo.com.mx

RESUMEN

Palabras clave: ovinos en pie, producción de carne, variación de precios y crisis económica.

El objetivo de este trabajo fue analizar la dinámica de la producción ovina en México y Michoacán, en el periodo de 1980 a 2014. La información estadística se obtuvo de fuentes oficiales del gobierno de México. Los datos de precios se deflactaron con el Índice Nacional de Precios al Consumidor de la segunda quincena de diciembre del 2010. Se determinaron los incrementos/decrementos de la producción, la tasa de crecimiento media anual (TCMA), variaciones de precio tanto en pie como en canal. La población ovina en México, paso de 6.5 a 8.5 millones de cabezas durante 33 años teniendo una TCMA de 0.8%. La TCMA de producción nacional de ovinos en pie de 1980 a 2014 fue 2.1%, finalizando en 2014 con 114,167 t y en carne en canal una TCMA de 2.8%, con un incremento de 36,018 t y contabilizando una producción en 2014 con 58,288 t. En 2014 la aportación de Michoacán a la producción ovina nacional fue de 2.57% de animales en pie y 2.51 % de carne en canal. Los precios a pesos constantes de los ovinos tanto en pie como en canal, tienen una tendencia negativa, lo que indica que el productor, por la misma actividad que lleva realizando durante 34 años dejó de percibir un acumulado de 27.2 en pie y en canal de 29.4 pesos por kilogramo. En Michoacán se identificaron cuatro zonas borregueras, la zona borreguera del Altiplano Michoacano es la más importante, ya que aporta el 50% de la población y producción ovina del estado.

INTRODUCCIÓN

La cría de ovinos en México se realiza a lo largo y ancho del país, lo que da una clara idea de la importancia de dicha actividad. Básicamente la ovinocultura se pudiera dividir en dos sistemas de producción predominantes, el extensivo e intensivo, aunque en últimas fechas una combinación de ambos ha tenido buenos resultados (Arteaga, 2008).

La problemática que aqueja a la ovinocultura es compleja, cuesta trabajo entender por qué si hay buen precio para los animales en pie y para la carne, no se incrementa la producción en el país y se cubre la demanda insatisfecha y los mercados potenciales, además de ser una actividad noble, generadora de empleos; desde hace muchos años se destaca la pobre eficiencia productiva de los rebaños; un somero análisis de las cifras, muestra que si la población estaba en los 6.4 millones de animales y se sacrificaban 2.1, ello indicaría que sólo se sacrifica el 32.8 por ciento de la población, cuando en otros países rebasan el 50 por ciento (Lucas y Arbiza, 2006).

En el sistema extensivo, que es el sistema predominante en México, la alimentación es básicamente mediante el pastoreo de los animales en agostaderos naturales; la inversión de capital en alimentación, sanidad e infraestructura es mínima y la mano de obra es generalmente familiar. Por su parte, en el sistema intensivo, se da un intenso uso de los medios de producción, con una importante inversión de capital en infraestructura y equipos; el valor de la tierra es elevado y la mano de obra es asalariada. La alimentación se caracteriza por realizarse en confinamiento total o parcial, utilizando insumos de alto valor nutritivo (granos y oleaginosas), lo que eleva significativamente los costos de producción (Arteaga, 2008).

Existen diferencias de datos reportados por las instancias oficiales tanto nacionales como internacionales, asociaciones de productores y particulares, lo que dificulta su análisis, interpretación y reflexión. Las estadísticas y los datos de producción, exportación e importación sugieren y dan evidencia del comportamiento de las variables que intervienen en el mismo, sin embargo, por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar la dinámica de la producción ovina a nivel nacional y del estado de Michoacán, como elemento de análisis que permitió identificar los puntos críticos, los cambios y ajustes dados en el sector como resultado de las políticas económicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron los datos de producción de ovinos en México y Michoacán en el periodo de 1980 a 2014. La información estadística se obtuvo de fuentes oficiales como la Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y sus organismos sectoriales. Los datos económicos y financieros nacionales se obtuvieron de las publicaciones de la Secretaría de Economía (SE) y Banco de México (Banxico). Los datos de precios se deflactaron con el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) de la segunda quincena de diciembre del 2010. Se determinaron los incrementos/decrementos de la producción, la tasa de crecimiento medio anual (TCMA), y las variaciones de precio tanto en pie como en canal.

El estudio se realizó en las zonas ganaderas de Michoacán, y con base en la regionalización descrita por Sánchez y Sánchez (2005) y la delimitación de las zonas borregueras (Nuncio *et al.*, 2014), se realizó la sobreposición de las coberturas temáticas y se empleó la información sobre la población ovina por municipios de Michoacán, obtenida de los anuarios estadísticos del INEGI de los años 1994 al 2009 y del Censo Agrícola Ganadero y Forestal del 2007 (INEGI, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población ovina nacional pasó de 6.5 a 8.5 millones de cabezas durante 33 años, teniendo una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 0.8% de 1980 a 2013, y un incremento de 2 millones de borregos. La TCMA de producción nacional de ovinos de 1980 a 2014 en pie fue 2.1%, con un incremento de 59,574 toneladas (t), finalizando en 2014 con 114,167 t y en carne en canal una TCMA de 2.8%, con un incremento de 36,018 t y contabilizando una producción en 2014 de 58,288 t.

En 2014 la aportación de Michoacán a la producción ovina nacional fue de 2.57% en pie y de carne en canal del 2.51%. La producción ovina en este estado fue de 2,935 t en pie para el 2014, teniendo una TCMA de 1.8% con un incremento de 1,360 t en el periodo de 1980 a 2014 y para el mismo periodo la TCMA de carne en canal fue 2.0%, con un incremento de 728 t, teniendo una producción en 2014 de 1465 t. La TCMA de la producción de ovinos en pie y en canal fue mayor a nivel nacional, la TCMA anual fue mayor en carne de canal que en pie tanto a nivel nacional como en Michoacán; esto se debió principalmente al mayor peso de los animales en pie, que se reflejó en

el peso del rendimiento en canal, al mejorar la genética y las tecnologías en el manejo de los ovinos (Nuncio et al., 2012). En la Tabla 1 se muestra la TCMA en pie y canal a nivel nacional y de Michoacán, dividido en tres periodos. En la década de 1980 la TCMA de Michoacán y a nivel nacional obtuvieron datos negativos y de 1990 a 2000 la TCMA en pie y canal de Michoacán fue mayor en comparación a la nacional.

Tabla 1. Producción ovina nacional y Michoacán

Concepto	Nacional				Michoacán			
	TCMA (%)		Incremento (t)		TCMA (%)		Incremento (t)	
	Pie	Canal	Pie	Canal	Pie	Canal	Pie	Canal
1980-1990	-0.20	0.94	-1207	2425	-0.55	-0.16	-93	-13
1990-2000	1.85	2.78	11930	8695	4.06	4.34	814	431
2000-2010	4.74	4.64	43342	21576	1.79	1.82	495	254

Las variables macroeconómicas en tres décadas presentan una inflación acumulada de 953% siendo la década de 1980 donde se muestran los peores resultados teniendo una inflación del 727%, una devaluación del 705% del peso mexicano frente el dólar estadounidense pasando de 23 a 2838 pesos por dólar (Tabla 2).

El proceso inflacionario acumulado de la década de 1980 coincide con TCMA negativa en producción en pie de ovinos y un crecimiento menor al 1% en carne en canal, lo cual se debió principalmente a las altas tasas de interés nominales como reales, lo que resaltaron una fuerte depresión (Mungaray y Ocegueda, 1995; Dussell, 1995) así como pérdida del poder adquisitivo de las familias mexicanas (Bobadilla et al., 2010).

Tabla 2. Variables macroeconómicas de México

Concepto	Inflación (%)	Devaluación peso/dólar (%)	Tipo de cambio peso/dólar
1980-2010	953	889	23 a 12380
1980-1990	727	705	23 a 2838
1990-2000	181	151	2838 a 9360*
2000-2010	45	32	9360 a 12380

*En 1993 por disposición del gobierno se eliminó tres ceros a la moneda nacional, en este año el dólar se cotizó 3.26 y en 2010 fue de 12.38 pesos/dólar, pero para este estudio no se eliminó los ceros para resaltar mejor el proceso de incremento que ha tenido el peso sobre el dólar.

En la Figura 1, se muestra como los precios a pesos constantes de los ovinos tanto en pie como en canal, tienen una tendencia negativa. El precio pagado en 1980 en pie fue de 52.4 y en canal de 78.6 pesos por kilogramo y en 2014 para pie fue 25.2 y en canal de 49.2 pesos por kilogramo, lo que indica que el productor, por la misma actividad que lleva realizando durante 34 años dejó de percibir un acumulado de 27.2 en pie y en canal de 29.4 pesos por kilogramo. Un estudio realizado con productores de cerdos enero de 1987 a diciembre de 2010 muestra que estos dejaron de percibir 12 pesos por kilogramo de carne puesta en el mercado durante este periodo (Martínez et al., 2011). Tanto los ovinos en pie como la carne en canal fueron mejor pagados con respecto a otras especies como los caprinos, bovinos, cerdos y pollos a pesos constantes de 1980 a 2012 (Bobadilla-Soto et al., 2015). La producción ovina en el estado de Michoacán ha mostrado un crecimiento paulatino en el transcurso de tres décadas, y no obstante, que dicha población se incrementó en 58 mil cabezas, esta actividad mostró una TCMA del 0.60% comparada con la TCMA de la producción tanto en pie

como en canal de 1.8% y 2.0%, respectivamente, durante el periodo de 1980 a 2014. Ello indica que no es tanto el crecimiento de la población de animales, sino el aumento en cuanto a la producción de éstos lo que ha propiciado que Michoacán haya incrementado, de manera discreta, su participación en producción en pie y en canal a nivel nacional, lo que ha permitido su posicionamiento entre los estados con mayor población, con alrededor de las 250 mil cabezas de ovinos.

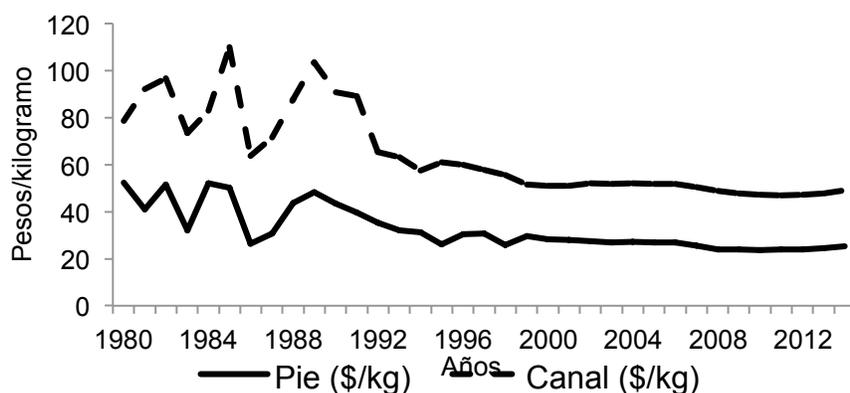


Figura 1. Pecios pagados de ovinos a pesos constantes.

En Michoacán se han identificado cuatro zonas borregueras (Figura 2), con un total de 24 municipios involucrados (caracterizados por tener más de 2400 ovinos en los últimos 20 años), en ellas se distribuyó, en el periodo de 2006 al 2010, el 59 % de la producción estatal de carne en canal. La zona borreguera del Altiplano Michoacano es la más importante, ya que aporta la mitad de la población y producción ovina del estado participa con el 50% a nivel estatal, posiblemente por su cercanía al Estado de México; mayor productor y consumidor de ovinos a nivel nacional (SIAP, 2010), mientras que la zona del Valle de Apatzingán, es la que mayor TCMA ha presentado en la producción de carne en canal (9.4%), con respecto a la zona del Trópico Subhúmedo (4.0%) y la Zona del Altiplano (0.6%); sin embargo, su participación dentro de la producción en canal es similar a las zonas del Bajío Michoacano y Trópico Subhúmedo, esta situación posiblemente es debida a que en la Zona del Valle de Apatzingán recientemente los ganaderos han diversificado sus unidades de producción familiares con ovinos.

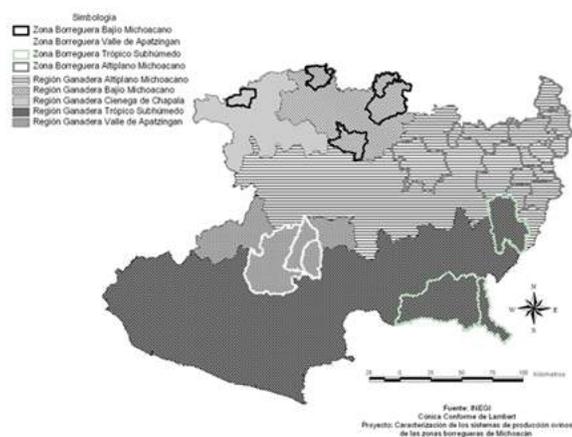


Figura 2. Regiones ganaderas y zonas borregueras en Michoacán

CONCLUSIONES

No obstante las crisis de la economía mundial y nacional, la ovinocultura es una opción para la economía agropecuaria debido a que es la carne mejor pagada, tanto en pie como en canal en México. Esta situación se ha reflejado en el crecimiento del rebaño nacional y en Michoacán, teniendo un incremento de la producción tanto en pie como en canal en los últimos años, debido a que los productores han diversificado con esta especie sus unidades de producción familiar. Se identificaron cuatro zonas borregueras del estado de Michoacán, siendo la del altiplano la de mayor importancia en la producción y población ovina, posiblemente por su cercanía al Estado de México, mayor productor y consumidor de ovinos a nivel nacional.

REFERENCIAS

- Arteaga CJ. (2008) Situación Actual de la Ovinocultura en México. AMCO. II Foro de Rentabilidad Ovina.
- Bobadilla SEE, Espinoza OA, Martínez CFE. (2010) Dinámica de la producción porcina en México de 1980 a 2008. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria* 1(3):251-268.
- Bobadilla-Soto EE, Salas-Razo G, Padillas-Flores JP y Perea-Peña M. (2015) Unit displacement of sheep production in Mexico by effect of imports. *International Journal of Development Research*. 5(2):3607-3612
- Dussell, P. E. 1995. El cambio estructural del sector manufacturero mexicano, 1988-1994. *Rev. Comer. Ext.* 45: 460-469.
- Lucas LJ y Arbiza AS. (2006) Situación y perspectivas, la producción de carne ovina en México. *Bayvet*. 21: 22-28.
- Martínez CFE, Bobadilla SEE, Espinoza OA, Rouco YA (2011) Cobweb y la descripciones del fenómeno de las fluctuaciones cíclicas del sistema porcino. En: Cavallotti VBA., Ramírez VB, Martínez CFE, Marcof ACF, Cesín VA (Coordinadores). *La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes*. UACH-CP-COECYT-ICAR-FMVZUMSN. (2):287-296
- Mungaray, A y J. Ocegueda. 1995. La nueva frontera norte: entre la devaluación y la 187. *Rev. Comer. Ext.* 45: 453-459
- Nuncio OMGJ, Nahed TJ, Herrera CJ, Salinas MV, Arriaga JCM, Sánchez VE (2014) Caracterización de las Zonas Borregueras de Michoacán y sus implicaciones para el desarrollo rural. En: Arriaga JCM y Anaya OJP (Compiladores). *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural*. Ed. Reverte. 167-179.
- Nuncio OG, Sánchez VE, Arriaga JCM, Nahed TJ, Bobadilla-Soto EE y Salinas MV. (2012) Dinámica de la producción, importación y precio de la carne ovina en México y Michoacán (1980-2010). 13^{er} Congreso nacional de investigación socioeconómica y ambiental de la producción pecuaria. 18 y 19 de octubre. Colegio de Posgraduados Puebla, México. 579-585
- Sánchez RG y Sánchez VA. (2005) *La ganadería bovina del estado de Michoacán*. Fundación Produce Michoacán, A.C. Michoacán, México.

Esta obra se terminó de editar el 7 de octubre de 2015, en la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, Ranchería. La Huasteca, Km 25; Tabasco, México. El cuidado estuvo a cargo de los autores y de los editores consignados.