

Reconocimiento mutuo madre-cría en ovinos Columbia con restricción nutricional durante la gestación

Mother-young mutual recognition in Columbia sheep with nutritional restriction during pregnancy

Alan Olazábal Fenochio^a, Héctor Raymundo Vera Ávila^b, Norma Serafín López^c, José Alfredo Medrano Hernández^a, Hitandewy Sánchez Saucedo, Angélica María Terrazas García^{ac}

RESUMEN

Se evaluó en ovejas Columbia multiparas la capacidad de reconocer a sus crías (8 y 12 h postparto) y en éstas la capacidad de reconocer a sus madres (12 y 24 h post nacimiento) y las características espectrales de sus balidos (24 y 48 h post nacimiento). Se establecieron dos grupos experimentales, uno con restricción nutricional durante la segunda mitad de la gestación (grupo restringido, 70 % de requerimientos de energía y proteína a partir del día 70 post concepción, n=24) y el otro sin restricción nutricional (grupo control, 100 % de requerimientos durante toda la gestación, n=11). Las ovejas del grupo restringido no mostraron capacidad de discriminar a su cordero de uno ajeno a 8 h postparto ($P>0.05$), pero sí a las 12 h. En contraste las ovejas del grupo control discriminaron a su cría de una ajena desde las 8 h postparto pues permanecieron más tiempo cerca de ésta y la miraron por más tiempo ($P<0.05$). En los corderos, los del grupo restringido no fueron capaces de discriminar a su madre de una ajena a 12 post nacimiento ($P>0.05$), pero sí a las 24 h. En contraste, los corderos del grupo testigo fueron capaces de discriminar a su madre de una ajena desde las 12 h post nacimiento (permanecieron más tiempo cerca de su madre y la miraron por más tiempo comparado con una madre ajena, $P<0.05$). Las características espectrales de las vocalizaciones en los corderos no fueron influenciadas por el tratamiento nutricional de sus madres durante la gestación ($P>0.05$). Se concluye que la restricción nutricional durante la gestación retrasa el reconocimiento madre-cría sin alterar aparentemente las características de las vocalizaciones en las crías.

PALABRAS CLAVE: Desnutrición, Motivación materna, Afiliación, Ovinos, Vocalizaciones.

ABSTRACT

It was evaluated in multiparous Columbia ewes their ability to recognize their offspring (8 or 12 h postpartum), and in lambs their ability to recognize their mothers (12 or 24 h after birth), plus the spectral characteristics of the bleating of the litter (24 and 48 h of age). There were two experimental groups, one with nutritional restriction during the second half of gestation (Restricted, 70 % of their requirements in protein and energy from d 70 post conception, n= 24) and another without nutritional restriction (Control, 100 % of their requirements during pregnancy, n= 11). Nutritional restricted mothers to 8 h, showed no ability to discriminate the own and alien lamb ($P>0.05$), but at 12 h, they could do so. While control females were able to discriminate its own lamb from an alien one since 8 h, they spent more time near their offspring than the others and looked them for longer period ($P<0.05$). While lambs from restricted group at 12 h were not able to discriminate against an alien mother ($P<0.05$), but they could do so at 24 h. While lambs of control group were able to discriminate against an alien mother since 12 h after birth (spend longer time near their mother and looked for longer time compared to the alien dam, $P<0.05$). The spectral characteristics of the vocalizations of the lambs were not influenced by the nutritional treatment of their mothers during pregnancy $P<0.05$). It was concluded that nutritional restriction during gestation delays the recognition mother-lamb, without alters apparently the spectrum of vocalizations in lambs.

KEY WORDS: Undernutrition, Maternal motivation, Affiliation, Lambs, Ewes, Vocalizations.

Recibido el 22 de octubre de 2010. Aceptado el 14 de abril de 2011.

^a Departamento de Ciencias Pecuarias, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. México. garciate@unam.mx. Correspondencia al último autor.

^b Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

^c Departamento de Neurobiología Conductual y Cognitiva, Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

INTRODUCCIÓN

En ovinos como en los demás mamíferos, el despliegue adecuado de la conducta materna es fundamental para la sobrevivencia de la cría⁽¹⁾. En la oveja se establece un vínculo maternal selectivo al parto, por lo cual entre 30 a 120 min post parto, la gran mayoría rechaza a cualquier cría con la cual no ha tenido interacciones y amamanta exclusivamente a su propia cría⁽¹⁻³⁾.

Se ha establecido que el reconocimiento olfatorio es el factor crítico para que la madre permita el acceso de la cría a la ubre, sin embargo, éste no es el único mecanismo por el cual la madre identifica a su progenie. En efecto, se ha demostrado que las ovejas son capaces de reconocer a su cría a distancia, es decir sin la ayuda de señales olfatorias⁽⁴⁾, y se piensa que lo hacen con otras señales como son las visuales y auditivas^(4,5,6).

Actualmente, se sabe que tanto en la oveja como en la cabra las madres pueden discriminar entre su cría y una ajena sin la ayuda del olfato, esto desde las primeras 12 h después del parto, e incluso antes en algunos casos⁽⁷⁻¹⁰⁾.

La capacidad en los corderos para discriminar entre su madre y una ajena también ha sido investigada. Se ha demostrado que desde las 12 h de edad, los corderos pueden mostrar una clara preferencia por su madre cuando se les da a elegir entre ésta y una ajena⁽¹¹⁻¹³⁾. En otros estudios, se ha observado que a las 24 h de vida los corderos son capaces de discriminar a su madre de una ajena, a través de reconocer y preferir un comportamiento de aceptación que muestra la madre propia y evitar uno de rechazo que muestra la madre ajena⁽¹⁴⁾.

Además, en ovejas se demostró que las madres fueron capaces de reconocer a su cordero a las 24 h post parto sólo percibiendo sus vocalizaciones, mientras que los corderos son capaces de reconocer a su madre de esta forma desde las 48 h post nacimiento⁽¹⁵⁾. De igual

INTRODUCTION

In sheep and other mammals, the proper development of the maternal behavior is essential for the survival of the offspring⁽¹⁾. The sheep provides a selective maternal bond, so between 30 and 120 min after partum, the vast majority rejects any offspring which has had no interactions and exclusively suckle their own lamb⁽¹⁻³⁾.

It has been established that the olfactory recognition is the critical cue to allow offspring access to the udder of the mother; however, this is not the only mechanism by which the mother identifies their offspring. Indeed, it has been shown that sheep are able to recognize her lamb at a distance, i.e. without the help of olfactory signals⁽⁴⁾, and they do it with other cues as the visual and auditory^(4,5,6).

Currently, it is known that both the sheep and the goat mothers can discriminate between their offspring and others without the help of smell, this from the first 8 h after calving, and even before in some cases⁽⁷⁻¹⁰⁾.

Capacity of the lambs to discriminate between his mother and one alien has also been investigated. It has been shown that since 12 h old, lambs may show a clear preference for his mother when given a choice between this and an alien⁽¹¹⁻¹³⁾. Other studies, had shown that at 24 h of life lambs are able to discriminate against an alien mother, by recognizing and preferring a behavior of acceptance showed by their own mother and avoid the rejection that shows the alien one⁽¹⁴⁾.

In addition, ewes were able to recognize their lamb 24 h postpartum only perceiving their vocalizations, while the lambs are able to recognize their mother in this way until 48 h postpartum⁽¹⁵⁾. Similarly, both the ewes and lambs have an acoustic signature that allows to recognize among them since the first week postpartum^(16,17).

Recent studies in goats, found that malnutrition in pregnancy impairs recognition of offspring

manera, se ha demostrado que tanto las ovejas como los corderos poseen una firma acústica que permite reconocerse entre ellos desde la primera semana post parto^(16,17).

En estudios recientes en cabras, se encontró que la desnutrición en la gestación deteriora el reconocimiento de la cría a distancia por las madres a las 8 h post parto. Ese mismo efecto se observó en los cabritos nacidos de hembras nutricionalmente restringidas, ya que tuvieron problemas para discriminar entre su madre y una ajena^(18,19). Poco se ha estudiado sobre el efecto de la desnutrición en ovejas sobre la vinculación madre-cría⁽²⁰⁾. Por ejemplo, ovejas pastoreando praderas de baja calidad fueron más susceptibles a abandonar a una de sus crías en el caso de partos dobles, comparado con ovejas bien alimentadas^(21,22). Asimismo, ovejas restringidas nutricionalmente durante la gestación, estuvieron menos vinculadas con su cordero en los primeros días post parto que hembras bien alimentadas⁽²⁰⁾.

El objetivo del presente trabajo fue determinar si la condición nutricional de las ovejas durante la gestación influye en la capacidad de reconocimiento mutuo entre madres y corderos poco después del parto. La hipótesis experimental fue que la restricción nutricional durante la segunda mitad de la gestación afecta el evento de reconocimiento distal madre-cría y el componente que representan las vocalizaciones de la cría como parte de éste.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue aprobado por el Subcomité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales Experimentales del Posgrado en Ciencias de la Salud y la Producción Animal-UNAM.

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, localizado a 19° 41' 15" N, 99° 11' 45" O y 2,252 msnm. Se utilizaron inicialmente 50 ovejas de la raza

at a distance by the mothers at 8 h postpartum. This same effect was observed in kids born from nutritionally restricted females, since they had problems to discriminate between his mother and an alien^(18,19). Little has been studied on the effect of undernutrition in sheep on mother-offspring bond⁽²⁰⁾. For example, sheep grazing low quality grassland were more susceptible to abandon one of their offspring in the case of twin deliveries, compared with sheep well fed^(21,22). Also sheep nutritionally restricted during the gestation period, had less bond with the lamb in the first days postpartum than well fed females⁽²⁰⁾.

The objective of the present study was to determine whether the nutritional condition of ewes during pregnancy influences the ability of mutual recognition between mothers and lambs shortly after calving. The experimental hypothesis was that nutritional restriction during the second half of pregnancy affects the distal maternal recognition event and the component representing the vocalizations of the offspring as part of this.

MATERIALS AND METHODS

This work was approved by the institutional subcommittee for the care and use of experimental animals of the graduate program in health sciences and animal production (Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM).

The study was carried out in the center of agricultural education at the Faculty of high studies Cuautitlán, UNAM, located at 19° 41' 15" NL, 99° 11' 45" W and 2,252 m asl. We initially used 50 multiparous sheep of the Columbia breed, ranging from 3 to 5 yr of age, which were mated at a synchronized estrus⁽¹⁸⁾, resulting in 35 pregnant animals.

To the eighth week post conception, pregnant animals were assigned to a control group (n= 11), or one of nutritional restriction (n= 24), ensuring a uniform distribution in groups

Columbia, multiparas, de entre 3 a 5 años de edad, las cuales fueron apareadas a un estro sincronizado⁽¹⁸⁾, obteniéndose en total 35 animales gestantes.

A la octava semana post concepción, los animales gestantes fueron asignados a un grupo testigo (n=11), o a uno de restricción nutricional (n=24), procurando una distribución uniforme en los grupos de acuerdo al peso corporal.

En el grupo testigo, las hembras fueron alimentadas durante toda la gestación con una dieta formulada para aportar el 100 % de sus requerimientos nutricionales teóricos⁽²³⁾. El manejo de la alimentación en el grupo restringido fue similar al del grupo testigo hasta el día 70 ± 5 de gestación; a partir de ese momento y hasta el parto, se redujo a 70 % el aporte de los requerimientos teóricos de energía y proteína, de acuerdo al consumo voluntario esperado. Una vez que se realizó el cambio de dieta en el grupo restringido, durante las dos primeras semanas se llevó a cabo una estimación del consumo voluntario promedio en cada grupo [(alimento ofrecido – alimento rechazado)/número de ovejas en el grupo]. El consumo voluntario promedio observado fue de 1.59 y 1.57 kg/oveja en los grupos testigo y restringido, respectivamente, manteniéndose de acuerdo a esto el aporte de nutrientes mayores establecidos para cada grupo según el diseño experimental. La cantidad de alimento ofrecido fue siempre suficiente para asegurar un consumo *ad libitum*; la composición de la dieta para cada grupo experimental y su aporte de energía digestible y proteína cruda, se presentan en el Cuadro 1.

En las ovejas se registraron los pesos corporales los días 70, 117 y 138 de gestación y en ovejas y corderos inmediatamente después del parto/nacimiento. Adicionalmente, en las ovejas se colectaron muestras de sangre durante la gestación (70, 117 y 138 días) y en éstas se determinó por radioinmunoanálisis en un solo ensayo la concentración sérica de insulina (Coat-A-Count Insulin, DPC, Los Angeles, CA). La

according to body weight. In the control group, females were fed during pregnancy with a diet to provide 100 % of their theoretical nutritional requirements⁽²³⁾. Handling of food in the restricted group was similar to the control group until d 70 ± 5 of gestation; thereafter and until partum, it was reduced to 70 % the contribution of the theoretical requirements of energy and protein, according to the expected voluntary intake. Once the diet change was made in the restricted group, during the first 2 wk an estimate of the average voluntary intake in each group was carried out [(feed offered-feed refused)/number of ewes in the group]. The observed average voluntary intake was 1.59 and 1.57 kg/ewe in the control and restricted groups, respectively, holding accordingly the contribution of main nutrients set for each group according to the experimental design. The amount of feed offered was always enough to make an *ad libitum* consumption; the composition of the diet for every experimental group and its contribution of digestible energy and crude protein, is presented in Table 1.

Body weights were recorded at 70, 117 and 138 d of pregnancy and in ewes and lambs immediately after calving/birth. In addition,

Cuadro 1. Composición porcentual de dietas experimentales y aporte por kilogramo de proteína cruda y energía digestible

Table 1. Percentage composition of experimental diets and contribution per kilogram of crude protein (CP) and digestible energy (DE)

	Control	Restricted
Canola meal	10.62	6.68
Ground corn grain	6.01	4.27
Soybean meal	0.27	—
Cottonseed	6.44	—
Minerals	0.86	0.86
Corn stover	50.91	73.33
Orchard grass	24.81	14.73
CP, %	13.5	9.8
DE, Mcal	2.6	1.8

sensibilidad del ensayo fue de 0.064 ng/ml y los coeficientes de variación para los controles alto y bajo, 10.2 y 5.2 % respectivamente.

La totalidad de partos ocurrió en un lapso de 9 días (31 de marzo a 8 de abril), presentándose 6 partos sencillos y 5 dobles en el grupo testigo y 3 sencillos y 21 dobles en el grupo restringido nutricionalmente. La distribución de crías de acuerdo a su sexo fue de 53.3 % hembras y 46.6 % machos en el grupo testigo y 52.9 % hembras y 47.1 % machos en el grupo restringido. Después del parto cada madre y su(s) cría(s) se colocaron durante las primeras 4 h postparto en un corral de 2 x 2 m, delimitado con paneles, donde a la madre se le proveyó de alimento suficiente y agua a libre acceso. Posteriormente, madres y crías fueron transferidas a un corral con otras hembras paridas en espera de realizar evaluaciones conductuales de reconocimiento mutuo. En cuanto a la capacidad de reconocimiento mutuo oveja-cría, se acordó evaluarla a partir de las 8 h post parto en las ovejas⁽⁷⁾ y de las 12 h post nacimiento en las crías⁽¹⁴⁾, según lo observado en estudios previos.

Pruebas de reconocimiento de las crías por sus madres a las 8 o 12 h post parto

En las madres se realizó una prueba de reconocimiento a distancia de la cría propia a 8 ó 12 h post parto, similar a la descrita por Terrazas *et al*⁽⁷⁾ y Ramírez *et al*⁽²⁴⁾, en donde se utilizó un corral de prueba de las mismas características y se registraron las variables conductuales descritas en esos estudios. Adicionalmente, se registró el número de balidos emitidos por el animal durante su prueba. Se probaron en total 11 ovejas testigo (5 animales a 8 h y 6 animales a 12 h), y 24 restringidas (10 animales a 8 h y 14 animales a 12 h).

Pruebas de reconocimiento de la madre por las crías a las 12 o 24 h post nacimiento

A las 12 h esta prueba se realizó en 9 corderos nacidos de ovejas testigo (4 de parto sencillo y 5 de parto doble), así como 17 nacidos de

blood samples were collected during pregnancy (70, 117 and 138 d) and the serum concentration of insulin (Insulin Coat-A-Count, DPC, Los Angeles, CA) determined by Radioimmunoassay in a single test. The sensitivity of the assay was 0.064 ng/ml and the coefficients of variation for controls high and low, 10.2 and 5.2 % respectively.

All births occurred in a period of nine days (March 31 to April 8), presenting 6 single and 5 double births in the control group and 3 singles and 21 doubles in the restricted group. Distribution of offspring according to its sex was 53.3 % females and 46.6 % males in the control group and 52.9 % females and 47.1 % males in the restricted group. After calving every mother and his(s) offspring(s) were placed during the first 4 h postpartum in a 2 x 2 m pen, delimited with panels, where the mother was provided with enough food and water *ad libitum*. Later, ewes and lambs were transferred to a pen with other calved ewes waiting for assessments of mutual recognition behavior. The ability of mutual recognition ewe-lamb, was evaluated since 8 h after calving in mothers⁽⁷⁾ and 12 h post birth in the offspring⁽¹⁴⁾, as observed in previous studies.

Evaluation of recognition of lambs by their mothers 8 or 12 h postpartum

Mothers were submitted to a distance recognition test of choice between their own and an alien lamb of the same age at 8 or 12 h postpartum, similar to that described by others^(7,24), with a pen test with the same characteristics and the same behavior variables described in the cited studies. In addition, the number of bleats emitted by the dam during her test was recorded. Eleven (11) control ewes (5 animals to 8 h and 6 animals at 12 h), and 24 restricted ones (10 animals to 8 h and 14 animals to 12 h), were tested.

Evaluation of recognition of the mother for the offspring at 12 or 24 h post birth

During the test performed at 12 h of age, 9

ovejas restringidas (2 de parto sencillo y 15 de parto doble). A las 24 h la prueba se realizó en 6 corderos de ovejas testigo (uno de parto sencillo y 5 de parto doble) y 17 corderos de ovejas restringidas (uno de parto sencillo y 16 de parto doble). Los corderos se sometieron a una prueba de elección doble para evaluar la preferencia por su madre^(14,24), el corral utilizado fue de las mismas características y se registraron las mismas variables conductuales, más el número de balidos emitidos por el animal durante su prueba.

Análisis de vocalizaciones de corderos

A las 24 y 48 h post nacimiento se grabaron vocalizaciones de corderos sometidos a las pruebas conductuales de reconocimiento. Se registraron y analizaron 10 balidos altos (vocalizaciones que emitía el animal con el hocico abierto), de 10 corderos nacidos de ovejas testigo (3 de parto sencillo y 7 de parto doble) y de 15 corderos nacidos de ovejas restringidas (1 de parto sencillo y 14 de parto doble). La limpieza de las grabaciones y el subsecuente análisis espectral se realizó en el laboratorio, y el proceso fue similar al descrito por Terrazas *et al*⁽²⁵⁾.

El procedimiento para efectuar las grabaciones fue el siguiente: con el fin de estimular las vocalizaciones, los corderos se separaron de sus madres en un corral individual de 1 x 1 m, construido con paneles abiertos y a una distancia de 10 m del corral de las madres. Las crías se grabaron durante una sesión de 10 min con la ayuda de un micrófono omnidireccional de ambiente (Marca Shure, SM89, Presonus Audio Electronics, USA), el cual se colocó a una distancia aproximada de 50 cm del suelo y del cordero. Una vez terminada la grabación el cordero se llevó con su madre.

Posteriormente, la información se analizó en el laboratorio con la ayuda del programa Sound Forge 4.5 (Sonic Foundry, Inc., Madison, WI, USA). Cada balido o vocalización se aisló individualmente y limpiado de cualquier ruido

lambos born from control ewes (4 simple delivery and 5 double birth), as well as 17 born restricted sheep (2 single birth and 15 double). At 24 h, the test was performed in 6 lambs from control ewes (one single and 5 double) and 17 lambs from restricted sheep (1 of simple birth and 16 double). Lambs were subjected to a double election test to assess the preference for his mother^(14,24); pen used was of the same characteristics, so as the behavioral variables, plus number of bleats emitted by the animal during their test.

Analysis of lambs' vocalizations

At 24 and 48 h post birth vocalizations of lambs were recorded (lambs from the groups submitted to the recognition test). Ten (10) high-pitched bleats (vocalizations emitted by the animal with the mouth open) of 10 lambs born from controls ewes (3 singles and 7 doubles) and 15 lambs born of restricted ewes (1 single and 14 doubles) were recorded and analyzed. The cleaning of the recordings and the subsequent spectral analysis was conducted in the laboratory, and the process was similar to that described by Terrazas *et al*⁽²⁵⁾.

The procedure for making the recordings was as follows: in order to stimulate the vocalizations, the lambs were separated from their mothers in an individual 1 x 1 m pen, constructed with open panels and at a distance of 10 m from the mothers' pen. The offspring were recorded during a session of 10 min with the help of an omni-directional microphone for environment (mark Shure SM89, Presonus Audio Electronics, USA), which was placed at a distance of 50 cm from the ground and the lamb. After finishing recording the lamb was returned with his mother.

Data were analyzed in the laboratory with the help of the program Sound Forge 4.5 (Sonic Foundry, Inc., Madison, WI, USA). Each bleating or vocalization was isolated individually and cleaned of any noise for pollution-free, and with the above-mentioned programme was obtained

o contaminante, y con el programa mencionado se obtuvo un sonograma en el que se estimó el poder del espectro, mediante el cual la vocalización se muestra en un eje de frecuencia y amplitud. Los parámetros medidos en el poder del espectro fueron los siguientes.

Duración del balido (seg): este parámetro se midió directamente sobre el sonograma y corresponde a la duración de la frecuencia fundamental y armónicas. Número de armónicas: corresponde al número de resonancias (armónicas) de la frecuencia fundamental, que se registraron en el sonograma. Frecuencia máxima (kHz): corresponde a la frecuencia de la armónica con la mayor cantidad de energía. Frecuencia de la última armónica (kHz): corresponde a la frecuencia pico de la última armónica. Para cada uno de los parámetros anteriores, se obtuvo el promedio de los 10 balidos registrados en cada cordero y éste fue el valor utilizado como variable de respuesta.

Análisis estadístico

Debido a que los datos conductuales y de características de las vocalizaciones no se ajustaron a una distribución normal (Prueba de Shapiro-Wilk), se procedió a utilizar estadística no paramétrica para su análisis. Las comparaciones entre grupos experimentales dentro de tipo de cría o madre se realizaron con la Prueba U de Mann-Whitney; las comparaciones entre tipos de cría o madre dentro de grupo experimental con la Prueba de Wilcoxon para rangos. En el caso de las variables conductuales se probó a su vez el efecto de tipo de parto, sencillo vs doble. Los pesos corporales de ovejas y corderos y las concentraciones séricas de insulina en ovejas se analizaron por ANOVA considerando como factores al grupo de tratamiento (testigo, restringido), tipo de parto (sencillo, doble) y su interacción; en su caso la separación de medias se realizó con el procedimiento de Tukey.

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el paquete estadístico Systat, versión 13.0

a sonogram which estimated the power spectrum, through which the vocalization was shown in an axis of frequency and amplitude. The parameters measured in the power of the spectrum were the following.

Bleat duration (s): length of the call in seconds, measured visually on the sonogram displayed on the screen, by placing the cursor at the beginning and the end of the sonogram. Maximum frequency (kHz): corresponds to the frequency of the harmonic with the greater amount of energy. Latest harmonic (kHz) frequency: corresponds to the peak of the last harmonic frequency. For each of the above parameters, the average of the 10 bleats registered in each lamb was obtained and this was the value used as a response variable.

Statistical analysis

Because characteristics of the vocalizations and behavioral data did not follow a normal distribution (test of Shapiro-Wilk), non-parametric statistics was used. For comparisons between experimental groups, within offspring type or mother, the Mann-Whitney U test was performed; while comparisons between offspring types or mother, within experimental group Wilcoxon test was performed. In addition for behavioral variables the type of childbirth, single vs double effect was also probed. Body weights of dams and lambs and ewes insulin serum concentrations were analyzed by ANOVA considering as factors the group treatment (control, restricted), type of birth (single, double) and their interaction; the separation of means was made by Tukey procedure.

All statistical tests were performed with the statistical package Systat, version 13.0 (Evanston, IL, USA). Behavioral outcomes and analysis of sonogram are presented as medians and quartiles inter ranges and body weight and serum concentration of insulin as means of least squares and standard error of the mean. The probability value considered to be indicative of significance was $P < 0.05$.

(Evanston, IL, USA). Los resultados conductuales y de los sonogramas se presentan como medianas y rangos inter cuartiles y los de peso corporal y concentración sérica de insulina como medias de cuadrados mínimos y error estándar de la media. El valor de probabilidad considerado como indicativo de significancia fue de $P < 0.05$.

RESULTADOS

Peso corporal de ovejas y corderos y concentraciones séricas de insulina en ovejas

El peso corporal de las ovejas (Cuadro 2), fue similar en los grupos testigo y restringido a los 70 y 117 días de gestación ($P > 0.05$), sin embargo, fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en el grupo testigo comparado con el restringido a los 138 días de gestación (+11.3 %, $P = 0.003$) y al parto (+8.1 %, $P = 0.04$). Por otra parte, ni el tipo de parto (sencillo vs doble) posterior al tratamiento nutricional, ni la interacción entre grupo experimental por tipo de parto influenciaron los pesos corporales de las ovejas durante la gestación o al parto ($P > 0.05$). En las ovejas, las concentraciones séricas de insulina durante la gestación presentaron un comportamiento similar a sus pesos corporales; diferencia entre grupos experimentales sólo a

RESULTS

Body weight of ewes and lambs, and serum concentrations of insulin in ewes

The body weight of the ewe (Table 2), was similar in control and restricted groups to 70 and 117 d of gestation ($P > 0.05$), however was higher ($P < 0.05$) in control vs restricted group at 138 d of pregnancy (+11.3 %, $P = 0.003$) and at partum (+8.1 %, $P = 0.04$). On the other hand, neither the type of birth after nutritional treatment (single vs double) nor the interaction between experimental group by type of birth influenced the body weights of ewes during pregnancy or birth ($P > 0.05$). In ewes, the serum concentration of insulin during pregnancy showed a pattern similar to their body weights; difference between experimental groups only at 138 d of gestation (0.47 ± 0.04 vs 0.27 ± 0.04 ng/ml in control vs restricted group, respectively, $P = 0.001$) and absence of effect of the experimental type of birth group interaction. The type of birth as main effect had an influence ($P < 0.05$) on serum concentrations of insulin at 117 and 138 d of gestation, with concentrations higher in ewes that had simple birth resulting from that pregnancy (0.50 ± 0.06 vs 0.29 ± 0.04 and 0.45 ± 0.05 vs 0.29 ± 0.03 in simple births vs double at 117 and 138 d of gestation respectively).

Cuadro 2. Media (\pm EE) de los pesos corporales (kg) y concentraciones séricas de insulina durante la gestación y pesos corporales al parto en ovejas Columbia restringidas nutricionalmente

Table 2. Mean (\pm SE) of body weight (kg) and serum concentration of insulin during pregnancy and body weights at birth in Columbia sheep nutritionally restricted

	Pregnancy period (d)			Calving
	70	117	138	
Control	75.5 \pm 1.6	85.4 \pm 1.9	91.3 \pm 2.2	78.9 \pm 2.0
Restricted	72.8 \pm 1.5	80.4 \pm 1.9	82.0 \pm 2.0	73.0 \pm 1.8
<i>P</i>	0.22	0.07	0.003	0.04
	Insuline (ng/ml)			
Control	0.11 \pm 0.03	0.44 \pm 0.05	0.47 \pm 0.04	—
Restricted	0.16 \pm 0.03	0.34 \pm 0.05	0.27 \pm 0.04	—
<i>P</i>	0.22	0.23	0.001	—

Restricted group, n=24. Control group, n=11.

los 138 días de gestación (0.47 ± 0.04 vs 0.27 ± 0.04 ng/ml en grupo testigo vs restringido, respectivamente; $P=0.001$) y ausencia de efecto de la interacción grupo experimental por tipo de parto. Por su parte, el tipo de parto como efecto principal sí tuvo influencia ($P<0.05$) sobre las concentraciones séricas de insulina a los 117 y 138 días de gestación, con concentraciones mayores en las ovejas que tuvieron parto sencillo derivado de esa gestación (0.50 ± 0.06 vs 0.29 ± 0.04 y 0.45 ± 0.05 vs 0.29 ± 0.03 en partos sencillos vs dobles a los 117 y 138 días de gestación, respectivamente).

En los corderos, el peso al nacimiento fue influenciado por el grupo experimental y por la interacción grupo experimental por tipo de parto ($P<0.01$), mas no por el tipo de parto como efecto principal ($P>0.05$). Los corderos del grupo testigo de parto sencillo, presentaron un peso al nacimiento mayor que los corderos de parto doble (5.6 ± 0.22 vs 4.1 ± 0.21 , $P<0.05$). También, los corderos del grupo testigo pero de parto sencillo tuvieron pesos al nacimiento mayores que los de parto sencillo y doble del grupo restringido (5.6 ± 0.22^a , 3.4 ± 0.42^b y 4.2 ± 0.11^b , $P<0.05$). Mientras que los corderos testigos de parto doble y los restringidos sencillo y dobles no difirieron en el peso al nacimiento.

Prueba de reconocimiento de las crías por las ovejas a 8 ó 12 h postparto

Ocho horas posparto. No se encontraron diferencias significativas entre grupos experimentales en la cantidad de balidos altos emitidos por las ovejas durante la prueba (64 [58-78] vs 86 [64.5-94.7] para grupo testigo vs restringido, respectivamente $P>0.05$); sin embargo, el tipo de parto sí influyó significativamente a esta variable (63.5 [55.5-70] vs 85 [65-94] para parto sencillo vs doble, respectivamente; $P<0.05$).

En las comparaciones realizadas dentro de tipo de cría (Cuadro 3), no se encontraron diferencias entre grupos experimentales ni entre tipos de parto en las conductas emitidas por la

In lambs, birth weight was influenced by the experimental group and the experimental group interaction by type of birth ($P<0.01$), but not for type of birth as a main effect ($P>0.05$). In control group lambs in single birth had a birth weight greater than twin lambs (5.6 ± 0.22 vs 4.1 ± 0.21 , $P<0.05$). Also, the lambs in the control group but in single births had higher birth weights than single births and twin in the restricted group (5.6 ± 0.22^a , 4.2 ± 0.11^b and 3.4 ± 0.42^b , $P<0.05$). While control lambs from double birth and single and double from restricted group did not differ in birth weight.

Test of offspring recognition from mothers to 8 or 12 h postpartum

Eight hours postpartum. No significant differences between experimental groups in the amount of high pitch bleats emitted by ewe during the test (64 [58-78] vs 86 [64.5-94.7] for control vs restricted group, respectively $P>0.05$); however, the type of birth had significantly influenced this variable (63.5 [55.5-70] vs 85 [65-94] for single vs double birth, respectively; $P<0.05$).

In comparisons made within type of calving (Table 3), no differences between experimental groups or types of offspring in behavior displayed by the ewe to the lambs were found. Comparison behavior by the ewe towards her own offspring vs others within experimental group, showed that in the control group mothers spent more time near their offspring and looked it for a longer time compared with the alien ($P<0.05$), difference that was not observed in ewes of the restricted group. On the other hand, in both groups there were no differences ($P>0.05$) in the number of visits made by the own vs alien offspring. Within type of birth, only differences in the time to look to the own offspring than the others for longer periods ($P<0.05$) were found in both, simple and double partum. The time spent near to the lambs and the number of visits between own versus alien was not different in ewes with single or double birth ($P>0.05$).

Cuadro 3. Mediana (rango inter cuartil) de conductas emitidas por la oveja hacia la cría propia vs ajena dentro de grupo experimental o tipo de parto a 8 y 12 h postparto

Table 3. Median (inter quartile range) of ewe behavior towards the own or alien offspring in experimental groups or type of calving to 8 and 12 h postpartum

Test to 8 hours								
	Experimental group				Type of calving			
	Control (n=5)		Restricted (n=10)		Single (n=4)		Double (n=11)	
	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien
Near time (s)	125.0 ^a (39.5-158)	30.0 ^b (7-41)	89.0 (65.5-122.7)	66.5 (32.7-88.5)	95.5 (26.2-149.7)	21.0 (4.5-39.7)	91.0 (76.0-149.0)	57.0 (36.0-88.0)
Looking time (s)	160.0 ^a (57-181)	35.0 ^b (21.5-66.5)	110.5 (44.7-135.2)	77.5 (31.2-100.0)	128.0 ^c (47.5-181.5)	34.0 ^d (15.7-53.7)	115.0 ^c (45.0-139.0)	73.0 ^d (36.0-96.0)
Number of visits	8.0 (5.0-8.5)	4.0 (2.5-4.5)	5.5 (3.0-8.2)	5.5 (3.7-10.2)	8.0 (3.5-8.7)	4.0 (1.7-4.7)	6.0 (3.0-8.0)	5.0 (4.0-10.0)
Test to 12 hours								
	Experimental group				Type of calving			
	Control (n=6)		Restricted (n=14)		Single (n=5)		Double (n=15)	
	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien
Near time (s)	135 ^a (64.7-212.7)	26 ^b (17.5-67.2)	100.5 ^a (89-190.2)	41.5 ^b (17-57)	162 ^c (100-229.5)	29 ^d (18.5-40)	95 ^c (80-185)	42 ^d (18-67)
Looking time (s)	115.5 ^a (84.5-146)	58 ^b (34-88.7)	112.5 ^a (97.2-129.5)	41 ^b (21.5-70.2)	122 ^c (111-163)	43 ^d (27.5-78.5)	109 ^c (83-129)	48 ^d (23-84)
Number of visits	7.5 (5.2-9.7)	3.5 (1.7-7.2)	8 ^a (6.7-12)	4.5 ^b (3-7.2)	12 ^c (7-12)	4 ^d (2.5-6)	8 ^c (6-9)	4 ^d (3-8)

^{a,b} Own vs alien within experimental group, $P < 0.05$.

^{c,d} Own vs alien within type of calving, $P < 0.05$.

oveja hacia los corderos. Al comparar dentro de grupo experimental las conductas emitidas por la oveja hacia la cría propia vs la ajena, se observó que en el grupo testigo las ovejas pasaban más tiempo cerca de su cría y la miraban por más tiempo comparado con la cría ajena ($P < 0.05$), diferencia que no se observó en las ovejas del grupo restringido. Por otra parte, en ambos grupos no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en el número de visitas hechas por las ovejas a la cría propia vs la ajena. Dentro de tipo de parto, solamente se observaron diferencias en el tiempo de mirar a la cría propia vs la ajena, el cual fue mayor ($P < 0.05$) para la cría propia tanto en las ovejas de parto sencillo como en las de parto doble. El tiempo de permanencia en la cercanía y el

Twelve hours postpartum. No differences were found ($P > 0.05$) in the number of high pitch bleats between the restricted vs control ewes (79.5 [39.2-120.2] vs 92 [83.2-108.7]) or between single vs double birth (89 [76.5-131.5] vs 89 [73-108]). Also, within type of offspring (Table 3), there were no differences ($P > 0.05$) between experimental groups, or types of calving, in the behavior recorded in the ewes. Comparisons within experimental group or type of birth (Table 3), showed that the dams spend significantly ($P < 0.05$) more time near and looking to the own lamb than to the alien. With exception within control group for the number of visits by offspring, where this difference was only close to being significant ($P = 0.09$).

número de visitas a la cría propia vs ajena fue similar en ambos tipos de parto ($P>0.05$).

Doce horas posparto. No se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre el número de balidos altos emitidos por las ovejas testigo vs restringidas (79.5 [39.2-120.2] vs 92 [83.2-108.7]) ni entre las ovejas de parto sencillo vs doble (89 [76.5-131.5] vs 89 [73-108]). Asimismo, dentro de tipo de cría (Cuadro 3), no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre grupos experimentales, ni entre tipos de parto, en las conductas emitidas por las ovejas hacia los corderos.

En las comparaciones dentro de grupo experimental o tipo de parto (Cuadro 3), se observó que las ovejas pasaban significativamente ($P<0.05$) mayor tiempo en la cercanía, miraban por más tiempo y visitaban más veces a su cría

Test of recognition of mothers for the lambs to 12 or 24 h postpartum

Twelve hours postpartum. No differences ($P>0.05$) among the lambs of the control group vs restricted in the number of high pitch bleats emitted during the test (43 [12.5-55] vs 24 [10-48] for control vs restricted group, respectively), nor from single lambs vs double birth lambs (26 [12.2-52] vs 18.5 [10.7-43.2] for single vs double birth, respectively).

Also, comparisons made within type of birth (Table 4), showed no differences ($P>0.05$) between experimental groups in behavior displayed during the test by the lamb, similar situation to that found when comparing by type of delivery which the lambs came from.

When comparing within experimental group behavior displayed by the lambs during the test

Cuadro 4. Mediana (rango inter cuartil) de conductas emitidas por los corderos hacia la madre propia vs ajena dentro de grupo experimental o tipo de parto en pruebas a 12 y 24 h post nacimiento

Table 4. Median (inter quartile range) of lamb behavior for the own vs alien mother in experimental groups or type of calving in tests at 12 and 24 h after birth

	Experimental group				Type of calving			
	Control (n=9)		Restricted (n=17)		Single (n=6)		Double (n=20)	
	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien
Test to 12 hours								
Near time (s)	213 ^a (122.5-252.5)	23 ^b (0-69.5)	108 (37.5-231)	89 (12.5-167)	222 (92.2-247.7)	46.5 (5.2-192)	119 ^c (59.2-239.5)	67 ^d (1-129.7)
Loking time (s)	122 ^a (78.5-169.5)	34 ^b (9-61)	77 (31.5-124.5)	48 (34.5-91.5)	134 ^c (55-184.7)	22 ^d (7.7-104.2)	102.5 ^c (35.2-132.5)	49 ^d (31.7-75)
Number of visits	2(1-2)	1(0-2)	2(1-3)	2(1-3)	1.5(0.7-2)	1(0.7-2)	2(1-3)	2(0.2-3)
Test to 24 hours								
	Control (n=6)		Restricted (n=17)		Single (n=2)		Double (n=21)	
	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien	Own	Alien
Near time (s)	161 ^a (100.2-214)	69.5 ^b (28.5-105.5)	186 ^a (117.5-212.5)	71 ^b (35-137)	230.5 (220-241)	19(0-38) (19(0-38))	184 ^c (117-205)	71 ^d (44.5-122.5)
Loking time (s)	128 ^a (113.2-136)	40 ^b (23.2-60.5)	140 ^a (88.5-172.5)	37 ^b (28.5-61.5)	143.5 (127-160)	41(37-45) (41(37-45))	132 ^c (88.5-156.5)	36 ^d (28.5-61.5)
Number of visits	2(1-3.2)	2(0.7-2.2)	2(1-3)	2(1-3)	1.5(1-2)	0.5(0-1)	2(1-3)	2(1-3)

^{a, b} Own vs alien within experimental group, $P<0.05$.

^{c, d} Own vs alien within type of calving, $P<0.05$.

propia vs la ajena, excepto dentro del grupo control para el número de visitas por cría en donde esta diferencia fue sólo cercana a ser significativa ($P=0.09$).

Prueba de reconocimiento de las madres por los corderos a 12 ó 24 h post nacimiento

Doce horas posparto. No se encontraron diferencias ($P>0.05$) entre los corderos del grupo testigo vs restringido en el número de balidos altos emitidos durante la prueba (43 [12.5-55] vs 24 [10-48] ni entre los corderos provenientes de parto sencillo vs doble (26 [12.2-52] vs 18.5 [10.7-43.2]).

Asimismo, en las comparaciones realizadas dentro de tipo de madre (Cuadro 4), no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre grupos experimentales en las conductas emitidas por los corderos hacia las ovejas, situación similar a la que se encontró al comparar por tipo de parto del cual provenían los corderos.

Al contrastar dentro de grupo experimental las conductas emitidas por los corderos hacia la madre propia vs la ajena (Cuadro 4), se encontró que en el grupo testigo los corderos pasaban más tiempo cerca de su madre y la miraban por más tiempo que a la madre ajena ($P<0.05$), diferencia que no se observó en los corderos del grupo restringido. Por otra parte, en ambos grupos no se encontraron diferencias ($P>0.05$) en el número de visitas hechas por los corderos a la madre propia vs la ajena. Dentro de tipo de parto, sólo los corderos provenientes de parto doble permanecieron más tiempo cerca de su madre que de la ajena ($P<0.05$); sin embargo, en ambos tipos de parto miraban a su vez más tiempo a su madre que a la ajena ($P<0.05$). El número de visitas a la madre propia vs ajena no fue diferente entre tipos de parto ($P>0.05$).

Veinticuatro horas posparto. Los corderos del grupo testigo emitieron menos balidos altos que los del grupo restringido (9.5 [5.7-23.5] vs 25 [15-40.5] $P<0.05$). Dentro de tipo de madre (Cuadro 4), no se encontraron diferencias

(Table 4), in the control group the lambs spent more time close to their mother and look it for longer time than to the alien mother ($P<0.05$), this preference for the own mother was not observed in the lambs from restricted group. On the other hand, in both groups there were no differences ($P>0.05$) in the number of visits made by the lambs to their own mother vs the alien. Within type of birth, only double birth lambs remained more time near his mother than to others ($P<0.05$); however, in both types of birth lambs looked more time to his mother than to others ($P<0.05$). The number of visits to the own vs alien mother was not different between types of birth ($P>0.05$).

Twenty-four hours post-partum. The lambs in the control group emitted less high pitch bleats than the restricted group (9.5 [5.7-23.5] vs 25 [15-40.5] for control vs restricted group, $P<0.05$). Within type of mother (Table 4) there were no differences ($P>0.05$) between experimental groups in behavior showed by the lambs to sheep. A similar situation was observed when comparing the type of calving from which the lambs came, except for the time spent near the own mother who was higher in single vs double birth ($P<0.05$).

The analysis in experimental group, showed that in both groups the lambs spent more time near to the own mother vs aliens and also looked it for a longer time ($P<0.05$). In comparisons by type of calving, only double lambs spent more time and looked over to her mother vs others ($P<0.05$). The number of visits of the mother to the own vs alien was not different ($P>0.05$) inside the experimental group or type of birth.

The bleats sonographic analysis

Twenty four hours of age. The spectral analysis of the lambs vocalizations did not showed significant differences between control vs restricted group ($P>0.05$), which showed similar values for the duration of the bleating (0.8 [0.7-0.9] vs 0.9 [0.8-9.95] sec), maximum frequency (1.4 [1.3-1.5] vs 1.4 [1.3-1.5] kHz),

($P>0.05$) entre grupos experimentales en las conductas emitidas por los corderos hacia las ovejas. Una situación similar se observó al comparar por el tipo de parto del cual provenían los corderos, excepto en el tiempo de permanencia cerca de la madre propia, que fue mayor en corderos provenientes de parto sencillo vs de parto doble ($P<0.05$).

En el análisis dentro de grupo experimental, se encontró que tanto en el grupo testigo como en el restringido los corderos pasaron más tiempo en la cercanía de la madre propia vs la ajena y la miraron también por más tiempo ($P<0.05$). En las comparaciones por tipo de parto, sólo los corderos provenientes de parto doble pasaron más tiempo y miraron más a su madre vs la ajena ($P<0.05$). El número de visitas a la madre propia vs ajena no fue diferente ($P>0.05$) dentro de grupo experimental o tipo de parto.

Análisis sonográfico de los balidos

Veinticuatro horas de edad. El análisis espectral de las vocalizaciones de los corderos no arrojó diferencias significativas entre los grupos tratados ($P>0.05$), los cuales presentaron valores similares para la duración del balido (0.8 [0.7-0.9] vs 0.9 [0.8-9.95] seg), frecuencia máxima (1.4 [1.3-1.5] vs 1.4 [1.3-1.5] kHz), número de armónicas (12.1 [9.3-13.3] vs 12 [11.75-12.6]) y frecuencia pico de la última armónica (18.75 [15.8-20.1] vs 20 [19.9-20.3], kHz), para los grupos testigo y restringido respectivamente.

Cuarenta y ocho horas de edad. A esta edad, el análisis espectral de los balidos altos de los corderos tampoco arrojó diferencias entre grupos experimentales ($P>0.05$): duración del balido (0.8 [0.75-0.8] vs 0.8 [0.8-9.90], seg), frecuencia máxima (1.4 [1.25-1.45] vs restringido 1.5 [1.3-1.5] kHz), número de armónicas (13.3 [11.6-15.1] vs 12.6 [11.1-13.5]) y frecuencia pico de la última armónica (19.7 [17.05-20.3] vs 19 [18.65-20.2], kHz) para los grupos testigo y restringidos respectivamente.

number of harmonics (12.1 [9.3-13.3] vs 12 [11.75-12.6]) and peak frequency of the last harmonic (18.75 [15.8-20.1] vs 20 [19.9-20.3], kHz) for control and restricted groups respectively.

Forty eight hours of age. At this age, the spectral analysis of the high pitch bleats of the lambs also showed no differences between experimental groups ($P>0.05$): duration of the bleating (0.8 [0.75-0.8] vs 0.8 [0.8-9.90], s), maximum frequency (1.4 [1.25-1.45] vs 1.5 [1.3-1.5] kHz), number of harmonics (13.3 [11.6-15.1] vs 12.6 [11.1-13.5]) and frequency peak of the last harmonic (19.7 [17.05-20.3] vs (19 [18.65-20.2], kHz) for control and restricted groups respectively.

DISCUSSION

The results suggest in the first instance that a nutritional restriction, from the second half of pregnancy thorough calving, induces a delay in the ability of mothers to discriminate against their lambs without the help of olfactory signals. The females of the restricted nutritionally group showed no such ability at 8 h, but did at 12 h postpartum (at the 8 h postpartum, there was no difference in the amount of time that the ewe were near their own lambs than to others and the time that looked at them). On the other hand, mothers in the control group were able to discriminate already from the 8 h postpartum. It is the first time it is showed that Columbia sheep kept indoors and nutritionally restricted during the second half of pregnancy are not able to carry out a distal recognition of its offspring at 8 h postpartum, whereas this capacity seems to be acquired until 12 h. These results are consistent with those found in housing goats, which had been nutritionally restricted under the same protocol to the present work. That study found that at 8 h postpartum mothers of the restricted group were not able to show a preference for their kids in a test of double election without the help of olfactory signals⁽¹⁸⁾.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio sugieren en primera instancia que una restricción nutricional a partir de la segunda mitad de la gestación y hasta el parto, induce un atraso en la capacidad de las madres para discriminar a su cordero de uno ajeno sin la ayuda de señales olfatorias. Las hembras del grupo restringido nutricionalmente no mostraron dicha capacidad a las 8 h, pero sí lo hicieron a las 12 h postparto (a las 8 h postparto no hubo diferencia en la cantidad de tiempo que las ovejas estuvieron cerca de los corderos propios o ajenos y en el tiempo que los miraron). En cambio, las madres del grupo control fueron capaces de discriminar a su cordero de uno ajeno ya desde las 8 h postparto.

Es la primera vez que se muestra que ovejas Columbia mantenidas en estabulación y restringidas nutricionalmente durante la segunda mitad de la gestación, no son capaces de realizar un reconocimiento distal de su cría a las 8 h postparto, mientras que esta capacidad parece adquirirse hasta las 12 h. Estos resultados concuerdan con los encontrados en cabras en estabulación, las cuales habían sido restringidas nutricionalmente bajo el mismo protocolo que el presente trabajo. En ese estudio se encontró que a 8 h postparto las madres del grupo restringido no fueron capaces de mostrar una preferencia por su cabrito en una prueba de elección doble sin la ayuda de señales olfatorias⁽¹⁸⁾.

En las ovejas, previamente sólo se había comprobado que la experiencia materna podía ser un factor que alterara la capacidad de reconocimiento a distancia. Así ovejas primíparas no fueron capaces de reconocer a su cría de una ajena ni a las 8 ni a las 12 h postparto, y sólo lo pudieron hacer hasta las 24 h postparto⁽⁹⁾. Esta comparación nos permite asumir que la experiencia materna, especialmente en las ovejas primíparas, tiene un efecto importante sobre sus habilidades cognitivas. Por su parte, la restricción nutricional

In sheep, previously was shown that the maternal experience could be a factor that will alter the ability of recognition at a distance. So primiparous sheep were unable to discriminate her lamb at 8 or 12 h post calving, but until 24 h⁽⁹⁾. This comparison allows us to assume that the maternal experience, especially in primiparous ewes, has an important effect on their cognitive abilities. For its part, nutritional restriction during pregnancy appears to exert negative effects on these skills even after that have already been established due to the previous maternal experience (which was the case in the present study with Columbia breed). Other work where evaluated the effect of a moderate nutritional restriction, during the first third of gestation in sheep that calved for the first time, informed that measuring the spatial relationships between the mother and her lamb during the first 3 d of birth, restricted sheep related less to their offspring than the well fed⁽²⁰⁾.

It is assumed that the physiological process responsible for the establishment of a capacity of recognition without the help of olfactory signals (register of specific signs of the lamb during a sensitive period), is similar to the one that determines the formation of the selective link (conduct of only caring for their offspring and actively reject an alien lamb)^(1,8). This physiological process involves the proper release of steroid hormones at the end of the gestation period, associated with mechanical stimuli at the level of the birth canal caused by the expulsion of the offspring⁽¹⁾. It is possible that nutritional restriction during gestation alters the generation or temporary expression of these signals; however, it is necessary to conduct additional studies to prove it.

The type of birth presented by the sheep (single vs double), showed no influence on the temporal development of the ability of recognition of the own offspring. The above, ruled out a possible confused effect between nutritional treatment and type of birth, derived from the highest proportion of double births in the restricted

durante la gestación parece ejercer efectos negativos sobre estas habilidades aún después de que ya se han establecido por efecto de la experiencia maternal previa (que fue el caso de las ovejas Columbia del presente estudio). En otro trabajo en donde se evaluó el efecto de una restricción nutricional moderada, durante el primer tercio de la gestación, en ovejas que parían por primera vez, se encontró que al medir las relaciones espaciales entre la madre y su cordero durante los primeros tres días de nacidos, las ovejas del grupo restringido nutricionalmente se relacionaron menos con sus crías que las bien alimentadas⁽²⁰⁾.

Se asume que el proceso fisiológico responsable del establecimiento de una capacidad de reconocimiento sin la ayuda de señales olfatorias (registro de señales específicas del cordero durante un periodo sensible), es similar al que determina la formación del vínculo selectivo (conducta de cuidar sólo a su progenie y rechazar activamente a crías ajenas)^(1,8). Este proceso fisiológico involucra la apropiada liberación de hormonas esteroideas al final de la gestación, asociada con estímulos mecánicos a nivel del canal de parto provocados por la expulsión de la cría⁽¹⁾. Es posible que la restricción nutricional durante la gestación altere la generación o expresión temporal de estas señales, sin embargo, es necesario realizar estudios adicionales para comprobarlo.

El tipo de parto presentado por la oveja (sencillo vs doble), no mostró una influencia sobre el desarrollo temporal de la capacidad de reconocimiento de la cría propia. Lo anterior, descarta un posible efecto confundido entre tratamiento nutricional y tipo de parto, derivado de la mayor proporción de partos dobles que se presentaron en las ovejas del grupo restringido (87.5 vs 45.4 %). No obstante, no se puede descartar por completo un posible efecto de interacción entre los factores anteriores sobre los componentes conductuales asociados al reconocimiento materno de la cría propia, efecto que no fue posible valorar en el presente trabajo.

group (87.5 vs 45.4 %). However, it cannot be dismissed completely a possible effect of interaction between the above factors on the behavioral components associated with the maternal recognition of the own offspring, effect that it was not possible to assess in this work.

The similarity of body weights of sheep between experimental groups at the beginning of the experiment (d 70 of gestation) and the decrease of this weight in the restricted group at the end of the pregnancy and after calving (weights 8 % lower on average in the restricted group at the d 138 of gestation and partum, indicate that the experimental paradigm of a different nutrition between treatment groups was accomplished) In addition, serum concentrations of insulin, which were lower in the group at the end of pregnancy (-42 % at d 138 of pregnancy), are indicators of a metabolic stress condition in this group⁽²⁶⁾. In both cases, the effect of nutritional restriction was independent of the number of products gestated (interaction experimental group x type of birth, not significant), which as was already mentioned were not evenly distributed between experimental groups.

On the other hand, the results obtained with lambs in the present study, shows that lambs born from well fed females have a clear preference for their mothers in a double 12 and 24 h post birth recognition test, similar to what was reported in Merino lambs in a similar test⁽¹¹⁾, and in Columbia lambs tested at 24 h of age under the same experimental conditions as the present work⁽¹⁴⁾. They are also consistent with the results in Pelibuey lambs tested at 12 h⁽²⁴⁾.

Lambs are capable to discriminated against an alien mother on the basis of their ability to distinguish between the behavior of acceptance showed by its own mother during the test and rejection displayed by the alien mother⁽¹⁴⁾. In contrast, our results showed that maternal nutritional restriction prevents that the lambs are not able to show the skill at 12 h of

La similitud de pesos corporales de las ovejas entre grupos experimentales al inicio del experimento (día 70 de gestación) y su disminución en el grupo restringido al final de la gestación y después del parto (pesos 8 % menores en promedio en el grupo restringido al día 138 de gestación y al parto), indican que sí se logró generar el paradigma experimental de un diferente nivel nutricional entre grupos de tratamiento. Asimismo, las concentraciones séricas de insulina, que fueron menores en el grupo restringido al final de la gestación (-42 % a 138 días de gestación), resultan indicadoras de una condición de estrés metabólico en este grupo⁽²⁶⁾. En ambos casos, el efecto de la restricción nutricional fue independiente del número de productos gestados (interacción grupo experimental x tipo de parto, no significativa), el cual como ya se mencionó no se distribuyó de manera uniforme entre grupos experimentales.

Por otra parte, los resultados obtenidos con corderos en el presente estudio, demuestran que las crías nacidas de hembras bien alimentadas tienen una preferencia clara por su madre en una prueba de reconocimiento doble a las 12 y 24 h post nacimiento, lo cual es afín a lo reportado en corderos Merino en una prueba similar⁽¹¹⁾ y en corderos Columbia probados bajo las mismas condiciones experimentales que el presente trabajo a 24 h de edad⁽¹⁴⁾. Además son congruentes con los resultados en corderos Pelibuey probados a 12 h⁽²⁴⁾.

Las crías son capaces de discriminar a su madre de una ajena sobre la base de su habilidad en distinguir entre la conducta de aceptación que muestra su madre durante la prueba y la de rechazo exhibida por la madre ajena⁽¹⁴⁾. En contraste, nuestros resultados mostraron que la restricción nutricional materna, impide que los corderos, sean capaces de mostrar dicha habilidad a las 12 h de nacidos, mientras que sí lo pueden hacer a las 24 h de edad. Estos resultados contrastan con los reportados en cabritos probados bajo las mismas condiciones

newborns, but they do until 24 h of age. These results contrast with those reported in tested kids under the same experimental conditions that in the present work⁽¹⁸⁾. They found that both at 12 and 24 h of age, the kids born from restricted nutritionally mothers were able to show a preference for its own mother, similar to what was observed in the kids born from control mothers. However, certain differences were found with age, since in the group nutritionally restricted and tested at 12 h, kids tended to be less active in the test and made less visits to their mothers, compared with kids tested at 24 h⁽¹⁸⁾. The previous differences between species may be related to differences in postnatal life strategy, because kids are of hider type, while lambs are follower type⁽¹⁾, it also could reflect differences between studies in terms of the design of the of test pens; both aspects require in any case an experimental assessment.

In sheep, the studies assessing the effect of the maternal nutritional status during pregnancy on offspring's ability to recognize early its mother are scarce. In this sense, there is a study which evaluated the effect of nutritional restriction during the first 95 d of gestation (providing 50 % of requirements), on emotional reactivity and cognitive flexibility at 18 mo of age of the offspring born from these sheep⁽²⁷⁾. It was found an increase in emotional reactivity in female and male lambs and deterioration in cognitive flexibility of the young male.

In addition, the high-pitched bleats by the offspring were not influenced in early form by the nutritional treatment of the mother (12 h test), although later, lambs of restricted mothers issued more bleats at 24 h post birth. Probably lambs from the control ewes decreased the bleats between 12 and 24 h post calving. This pattern of vocalizations in the restricted group, could have been associated with a lower production of milk in ewes nutritionally restricted and then reflect a need for food, as suggested by Sebe *et al*⁽¹⁷⁾; however, this was not confirmed in this study.

experimentales que en el presente trabajo⁽¹⁸⁾. En dicho estudio se encontró que tanto a las 12 como a las 24 h de edad, los cabritos nacidos de madres restringidas nutricionalmente sí fueron capaces de mostrar una preferencia por su madre, similar a lo que se observó en los cabritos nacidos de madres testigo. Sin embargo, se localizaron ciertas diferencias con la edad, ya que los cabritos del grupo restringido nutricionalmente y probados a 12 h tendieron a estar menos activos en la prueba e hicieron menos visitas a su madre, en comparación con los cabritos probados a 24 h⁽¹⁸⁾. Las diferencias anteriores entre especies, podrían estar relacionadas con diferencias de estrategia de vida postnatal, pues los cabritos son de tipo escondido, mientras que los corderos son de tipo seguidor⁽¹⁾, asimismo, podrían también reflejar diferencias entre estudios en cuanto al diseño de los corrales de prueba; ambos aspectos requerirían en su caso de una valoración experimental.

En ovinos, resultan escasos los trabajos en que se ha valorado el efecto de la condición nutricional materna durante la gestación sobre la capacidad de las crías para reconocer a su madre en forma temprana. En este sentido, existe un estudio donde se evaluó el efecto de la restricción nutricional durante los primeros 95 días de gestación (aporte de 50 % de requerimientos), sobre la reactividad emocional y la flexibilidad cognitiva a los 18 meses de edad de las crías nacidas de estas ovejas⁽²⁷⁾. Se encontró un incremento de la reactividad emocional en las crías hembra y macho y un deterioro en la flexibilidad cognitiva de las crías macho por efecto de la restricción.

Adicionalmente, la emisión de balidos por parte de las crías no fue influenciada en forma temprana por la condición nutricional de la madre (prueba a 12 h), aunque sí posteriormente; corderos de madres restringidas emitieron más balidos a las 24 h post nacimiento. Posiblemente porque los corderos provenientes de ovejas testigo disminuyeron la emisión de balidos entre las 12 y 24 h post

As in ewes, in lambs there was no evidence of confused effects of nutritional treatment and type of birth about the ability of early recognition of the own mother by the young, this, induced by the higher proportion of lambs of double births in the restricted (93.2 %) vs 66.7 % in the control group. Although in the case of lambs there was a difference between groups of type of birth on the early ability discrimination against their mother, difference observed especially in the lambs from double births, are difficult to explain. Moreover, it should be noted that the nutritionally group had a higher proportion of twin lambs, and despite this, the lambs in this group were not able to discriminate early against an alien mother as already mentioned. This allows to exclude the possibility of confused effects of nutritional treatment and type of birth on the early recognition capability of the own mother for the lambs.

Nutritional restriction in the mothers had a negative effect on the offspring weight, although only on single calving (experimental type by calving group interaction). The weight at birth was 40 % lower in lambs from single calving in the group restricted vs the control group, while lambs from double birth had similar weights in both groups, although 25 % smaller than the single birth in the control group. As mentioned, in the restricted group there were a higher proportion of ewes with double calving and a greater proportion of lambs from this type of delivery were proven. This, determined importantly that the lambs of the restricted group weighted on average 1 kg less than the control group (4.9 vs 3.8 kg), which could in turn have determined the delay in the development of the capacity of early recognition of the own mother observed in lambs of the restricted group. However, on the other hand it was observed that regardless of the nutritional treatment, were especially lambs from double birth which could recognize early his mother and not found a negative effect of nutritional restriction during pregnancy on birth weight. The above suggests that the effect of this nutritional restriction on the ability of lamb

nacimiento. Este patrón de vocalizaciones en el grupo restringido, pudiera haberse asociado a una menor producción de leche en las ovejas restringidas nutricionalmente y reflejar entonces una necesidad de alimentación, como lo sugieren los estudios de Sébe *et al.*⁽¹⁷⁾, sin embargo, esto no se confirmó en el presente estudio.

Al igual que en las ovejas, no se encontraron evidencias de que estuvieran confundidos los efectos de tratamiento nutricional y tipo de parto sobre la capacidad de reconocimiento temprano de la madre propia por parte de la cría, esto, inducido por la mayor proporción de corderos de partos dobles probados en el grupo restringido (93.2 %) vs 66.7 % del grupo testigo. Aunque en el caso de las crías sí hubo diferencia entre grupos de tipo de parto sobre la capacidad temprana de discriminación entre la madre ajena y la propia, esta diferencia se observó sobre todo en los corderos de partos dobles, efecto que es difícil de explicar. Por otra parte, cabe resaltar que en el grupo restringido nutricionalmente hubo una mayor proporción de corderos provenientes de parto doble, y a pesar de esto, los corderos de este grupo no fueron capaces de discriminar tempranamente a la madre propia de la ajena, como ya se mencionó. Lo anterior, permite excluir la posibilidad de que estuvieran confundidos los efectos de tratamiento nutricional y tipo de parto sobre la capacidad temprana de reconocimiento de la madre propia en los corderos.

La restricción nutricional en las madres tuvo un efecto negativo sobre el peso al nacimiento de las crías, aunque sólo sobre las crías provenientes de partos sencillos y no sobre las provenientes de partos dobles (interacción grupo experimental por tipo de parto). El peso al nacimiento fue 40 % menor en corderos de parto sencillo en el grupo restringido vs el grupo testigo, mientras que los corderos provenientes de parto doble tuvieron pesos similares en ambos grupos, aunque 25 % menores que las de parto sencillo en el grupo testigo. Como se

discrimination against an alien may be mediated by pathways involving not only the birth weight.

Spectral characteristics of the lambs' vocalizations were similar between experimental groups, at least under the conditions described in this work and with the analysis used, where all the of the lambs vocalizations features compared were similar in both groups.

However by comparison, the spectral characteristics of the animals used are similar to those described in studies with sheep Tarasconnaisses x Ile de France 3 to 16 d of age⁽¹⁶⁾. The average lamb vocalization duration in the present study was 0.82 s, vs 0.71 s in Tarasconnaisses x ile-de-France lambs. Also, the average value of the maximum rate in this study was 1.3 kHz, while Searby and Jouventin⁽¹⁶⁾ reported an average of 1.08 kHz. In another study with lambs ile-de-France where their vocalizations were recorded at 2 wk of age⁽¹⁷⁾, it is reported that the duration and maximum frequency described are very similar to that found in this work with Columbia lambs. The patterns of vocalization as maximum frequency or concentration of power in the vocalization, the duration of the bleating and harmonic number, have proven to be the most important parameters in composing the particular bleat in sheep and lambs, and constitute the essence of the acoustic signature⁽¹⁶⁾. In this regard we consider that it is necessary to carry out further studies to precisely characterize the effects that can have nutritional restriction of the lambs in the prenatal life and on the development of its acoustic signature.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The results show that in Columbia sheep, nutritional restriction from the second half of gestation delayed the recognition mother-lambs in a double election test on the first day postpartum. Also, nutritional restriction in prenatal life did not appear to affect the ability to early vocal communication of the lambs, at least if we consider the spectral characteristics

mencionó, en el grupo restringido hubo una mayor proporción de ovejas con parto doble y se probó una mayor proporción de corderos provenientes de este tipo de parto. Esto, determinó en una medida importante que los corderos del grupo restringido pesaran en promedio 1 kg menos que los del grupo testigo (4.9 vs 3.8 kg), lo cual pudiera a su vez haber determinado el retraso en el desarrollo de la capacidad de reconocimiento temprano de la madre propia observado en los corderos del grupo restringido. Sin embargo, se observó que independientemente del tratamiento nutricional, fueron sobretodo los corderos de parto doble los que pudieron reconocer tempranamente a su madre y en estos no se encontró un efecto negativo de la restricción nutricional durante la gestación sobre el peso al nacimiento. Lo anterior, sugiere que el efecto de esta restricción nutricional sobre la capacidad de discriminación entre la madre propia y la ajena en los corderos, puede estar mediado por vías que no solamente involucran al peso al nacimiento.

En cuanto a las características sonográficas de las vocalizaciones de los corderos, no se encontraron diferencias significativas entre grupos experimentales, de tal manera, que al menos bajo las condiciones descritas en el presente trabajo y con el análisis utilizado, todas las características de las vocalizaciones de los corderos que se compararon resultaron similares en ambos grupos.

Sin embargo comparativamente, se puede apreciar que las características espectrales de los animales aquí utilizados son similares a las descritas en estudios realizados en corderos Tarasconnaisses x Ile de France de 3 a 16 días de edad⁽¹⁶⁾. Así la duración promedio de las vocalización en el presente estudio en nuestros corderos fue de 0.82 seg, mientras el encontrado en corderos Tarasconnaisses x Ile-de-France fue de 0.71 seg. Asimismo, el valor promedio de la frecuencia máxima en el presente estudio fue de 1.3 kHz, mientras que Searby y Jouventin⁽¹⁶⁾ reportaron un promedio de 1.08 kHz. En otro estudio con corderos Ile-

evaluated in this study. Based on the foregoing, future research should assess whether the deterioration in early maternal recognition associated with nutritional restriction of the mother, is related to some other factor such as possible reduction of the vitality of the young during the first hours post birth. On the other hand, in future studies will be interesting to determine what nutrients are mostly related to the observed effects, whether these effects are replicated in practical conditions of production in our environment, and its impact on the early survival of lambs.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to the UNAM-DGAPA-PAPIIT Research Program IN217205 and IN207508, by the International Fund for the FIS B/3872-1 science and Professor FESC-GVC-15. Alan Olazabal was awarded a scholarship by the CONACYT for her graduate studies. Thanks to the support of UNAM-DGAPA-PASPA scholarships, for the completion of the manuscript during the Sabbatical year of the author responsible. To MVZ Alejandro Hernández Barrientos for supporting the collection and analysis of vocalization data. To MVZ Jesús Guevara Vivero and Dr. Job Zaragoza for their advice in diets formulation. We also thank Filiberto Hernández Vega, Rosalba Soto Gonzalez, Luis Davila Delgadillo and Sandra Viveros Mejia, for their assistance in the of data collection.

End of english version

de-France en donde se grabaron sus vocalizaciones a las dos semanas de edad⁽¹⁷⁾, se reporta que la duración y la frecuencia máxima ahí descrita es muy similar a la encontrada en este trabajo con corderos Columbia. Los patrones de vocalización como frecuencia máxima o la concentración de energía en la vocalización, la duración del balido y el

número de armónicas, han demostrado ser los parámetros más importantes en componer el timbre de la voz en ovejas y corderos, y constituyen la esencia de la firma acústica⁽¹⁶⁾. A este respecto consideramos que es necesario realizar estudios ulteriores para caracterizar de manera precisa los efectos que puede tener la restricción nutricional de los corderos en la vida prenatal, sobre el desarrollo de su firma acústica.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados demuestran que en ovejas Columbia, la restricción nutricional a partir de la segunda mitad de la gestación retrasa el desarrollo en la capacidad de madres y corderos para reconocerse, en una prueba de elección doble durante el primer día postparto. Asimismo, la restricción nutricional en la vida prenatal no pareció afectar la capacidad temprana de comunicación vocal de los corderos, al menos si se consideran las variables sonográficas evaluadas en este estudio. En base a lo anterior, habría que valorar si el deterioro en el reconocimiento temprano madre-cría asociado a la restricción nutricional de la madre, está relacionado con algún otro factor como la eventual disminución de la vitalidad de las crías durante las primeras horas post nacimiento. Por otra parte, en estudios futuros será interesante dilucidar qué nutrientes son los que están mayormente relacionados con los efectos observados, si estos efectos se replican en condiciones prácticas de producción en nuestro medio, y cuáles son sus repercusiones sobre la sobrevivencia temprana de los corderos.

AGRADECIMIENTOS

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT IN217205 Y IN207508, por el Fondo Internacional para la Ciencia FIS B/3872-1 y la cátedra FESC-GVC-15. Alan Olazabal fue becado por el CONACYT para sus estudios de maestría. Gracias al apoyo de becas

UNAM-DGAPA-PASPA, para la finalización del manuscrito durante la estancia sabática de la autora responsable. Al MVZ Alejandro Hernández Barrientos por apoyar en la recopilación y análisis de los datos de las vocalizaciones en los corderos. Al MVZ Jesús Guevara Vivero y al Dr. Job Zaragoza por su asesoría en la formulación de las dietas. También agradecemos a Filiberto Hernández Vega, Rosalba Soto González, Luis Dávila Delgado y Sandra Viveros Mejía, por su ayuda en la recolección de datos.

LITERATURA CITADA

1. Poindron P, Levy F, Keller M. Maternal responsiveness and maternal selectivity in domestic sheep and goats: the two facets of maternal attachment. *Dev Psychobiol* 2007;49(1):54-70.
2. Lévy F, Gervais R, Kindermann U, Litterio M, Poindron P, Porter R. Effects of early post-partum separation on maintenance of maternal responsiveness and selectivity in parturient ewes. *Appl Anim Behav Sci* 1991;31(1-2):101-110.
3. Smith FV, Van-Toller C, Boyes T. The "critical period" in the attachment of lambs and ewes. *Anim Behav* 1966;14(1):120-125.
4. Lindsay DR, Fletcher IC. Sensory involvement in the recognition of lambs by their dams. *Anim Behav* 1968;16(4):415-417.
5. Alexander G, Shillito EE. The importance of odour, appearance and voice in maternal recognition of the young in Merino sheep (*Ovis aries*). *Appl Anim Ethol* 1977;3(2):127-135.
6. Shillito-Walser EE, Hague P, Walters E. Vocal recognition of recorded lambs voices by ewes of three breeds of sheep. *Behaviour* 1982;78(3-4):261-272.
7. Terrazas A, Ferreira G, Lévy F, Nowak R, Serafin N, Orgeur P *et al.* Do ewes recognize their lambs within the first day postpartum without the help of olfactory cues? *Behav Processes* 1999;47(1):19-29.
8. Ferreira G, Terrazas A, Poindron P, Nowak R, Orgeur P, Lévy F. Learning of olfactory cues is not necessary for early lamb recognition by the mother. *Physiol Behav* 2000;69(4-5):405-412.
9. Keller M, Meurisse M, Poindron P, Nowak R, Ferreira G, Shayit M *et al.* Maternal experience influences the establishment of visual/auditory, but not olfactory recognition of the newborn lamb by ewes at parturition. *Dev Psychobiol* 2003;43(3):167-176.
10. Poindron P, Gillling G, Hernández H, Serafin N, Terrazas A. Early recognition of newborn goat kids by their mother: I. Nonolfactory discrimination. *Dev Psychobiol* 2003;43(2):82-89.
11. Nowak R, Poindron P, Le Neindre P, Putu IG. Ability of 12-hour-old merino and crossbred lambs to recognise their mothers. *Appl Anim Behav Sci* 1987;17(3-4):263-271.

RECONOCIMIENTO MADRE-CRÍA EN OVINOS CON RESTRICCIÓN NUTRICIONAL

12. Nowak R. Senses involved in the discrimination of Merino ewes at close contact and from a distance by their newborn lambs. *Anim Behav* 1991;42(3):357-366.
13. Nowak R, Lindsay DR. Discrimination of merino ewes by their newborn lambs: important for survival? *Appl Anim Behav Sci* 1992;34(1):61-74.
14. Terrazas A, Nowak R, Serafin N, Ferreira G, Levy F, Poindron P. Twenty-four-hour-old lambs rely more on maternal behavior than on the learning of individual characteristics to discriminate between their own and an alien mother. *Dev Psychobiol* 2002;40(4):408-418.
15. Sebe F, Nowak R, Poindron P, Aubin T. Establishment of vocal communication and discrimination between ewes and their lamb in the first two days after parturition. *Dev Psychobiol* 2007;49(4):375-386.
16. Searby A, Jouventin P. Mother-lamb acoustic recognition in sheep: a frequency coding. *Proc R Soc Lond Ser B-Biol Sci* 2003;270(1526):1765-1771.
17. Sebe F, Aubin T, Boue A, Poindron P. Mother-young vocal communication and acoustic recognition promote preferential nursing in sheep. *J Exp Biol* 2008;211(Pt 22):3554-3562.
18. Terrazas A, Robledo V, Serafin N, Soto R, Hernandez H, Poindron P. Differential effects of undernutrition during pregnancy on the behaviour of does and their kids at parturition and on the establishment of mutual recognition. *Animal* 2009;3(2):294-306.
19. Robledo-Murua VMA. Estudio de los efectos de la desnutrición durante la gestación sobre las relaciones madre-cría en cabras. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Unidad de Posgrado. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2005.
20. Dwyer CM, Lawrence AB, Bishop SC, Lewis M. Ewe-lamb bonding behaviours at birth are affected by maternal undernutrition in pregnancy. *Br J Nutr* 2003;89(1):123-136.
21. Putu IG, Poindron P, Lindsay DR. Early disturbance of merino ewes from the birth site increases lamb separations and mortality. *Proc Aust Soc Anim Prod* 1988;17:298-301.
22. Lindsay DR, Nowak R, Putu IG, McNeill D. Behavioural interactions between the ewe and her young at parturition: a vital step for the lamb. In: Oldham CM, Martin GB, Purvis IW, editors. *Reproductive physiology of merino sheep: Concepts and consequences*. Perth, Australia: The University of Western Australia; 1990:191-205.
23. NRC. *Nutrient requirements of sheep*. 6 ed. Washington, DC: The National Academy Press; 1985.
24. Ramírez M, Soto R, Poindron P, Álvarez L, Valencia JJ, González F *et al*. Comportamiento maternal alrededor del parto y reconocimiento madre cría en ovinos pelibuey. *Vet Méx* 2011;42(1):27-46.
25. Terrazas A, Serafin N, Hernández H, Nowak R, Poindron P. Early recognition of newborn goat kids by their mother: II. Auditory recognition and evidence of an individual acoustic signature in the neonate. *Dev Psychobiol* 2003;43(4):311-320.
26. Caldeira RM, Belo AT, Santos CC, Vazques MI, Portugal AV. The effect of long-term feed restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Res* 2007;68:242-255.
27. Erhard HW, Boissy A, Rae MT, Rhind SM. Effects of prenatal undernutrition on emotional reactivity and cognitive flexibility in adult sheep. *Behav Brain Res* 2004;151(1-2):25-35.