



LA PRESENCIA DE HEMBRAS ESTROGENIZADAS AL MOMENTO DEL EFECTO MACHO INDUCE LA ACTIVIDAD ESTRAL DE CABRAS EN EL SEMIDESIERTO MEXICANO

THE PRESENCE OF ESTROGENIZED FEMALES AT THE MOMENT OF MALE EFFECT INDUCE OESTROUS ACTIVITY OF GOATS IN THE MEXICAN SEMI-DESERT

María de los Ángeles De Santiago-Miramontes¹; Sandra Marcelino-León¹; Juan Ramón Luna-Orozco²; Raymundo Rivas-Muñoz³; Rafael Rodríguez-Martínez¹; Miguel Mellado-Bosque¹; Francisco Gerardo Véliz-Deras^{1*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila. C. P. 27054, MÉXICO. Correo- e: velizderas@yahoo.com (*Autor para correspondencia).

²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario Núm. 1, Carretera Torreón – La Partida km 14.5, Torreón, Coahuila, MÉXICO.

³Instituto Tecnológico de Torreón, Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Torreón, Coahuila, México.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar si la presencia de hembras estrogenizadas y machos sexualmente inactivos estimula la actividad estral de las cabras anovulatorias del norte de México, y si el porcentaje de hembras estrogenizadas afecta esta respuesta a mitad del anestro estacional. Se utilizaron tres grupos (n=31, c/u) de hembras anovulatorias expuestas a dos machos/grupo. Un grupo fue expuesto además a seis hembras estrogenizadas (G20 %), un segundo grupo fue expuesto a tres hembras estrogenizadas (G10 %), y el tercer grupo fue expuesto a seis hembras no estrogenizadas (G0 %). El porcentaje total de cabras que presentaron actividad estral durante el estudio fue similar entre los grupos G10 y G20 % (93 y 90 %, respectivamente, $P>0.05$), pero diferente en el grupo G0 % donde ninguna hembra presentó estro ($P<0.01$). El inicio de la actividad estral fue más tardía en el G10 % (167.8 ± 17 h) que en el G20 % (142 ± 20 h; $P<0.001$). Estos resultados indican que la presencia de hembras estrogenizadas al momento del efecto macho, estimula la actividad estral de las hembras anovulatorias locales del semidesierto mexicano, y además, que la presencia de un 20 % de hembras estrogenizadas reduce el lapso entre la introducción de machos + hembras estrogenizadas, y el inicio de la actividad estral o latencia al primer estro.

Recibido: 22 de septiembre, 2010

Aceptado: 07 de marzo, 2011

doi: 10.5154/r.rchscfa. 2010.09.081

www.chapingo.mex/revistas

PALABRAS CLAVE: Efecto hembra, anestro estacional, actividad sexual.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine whether the presence of estrogenized females and sexually inactive males stimulates the estrous activity of anovulatory goats, and if the percentage of females estrogenized affects this response. Three groups (n = 31 each) of anovulatory females exposed to two males/group were used. The first group was exposed to six estrogenized females (G20 %), a second group was exposed to three estrogenized females (G10 %), and the third group was exposed to six non estrogenized females (G0 %). The total percentage of goats in estrus during the study was similar between the groups G20 and G10 % (93 and 90 %, respectively, $P>0.05$), but different in the group G0 %, where any female was in estrus ($P<0.01$). The onset of estrous activity was slower in the G10 % (167.8 ± 17 h) than in the G20 % (142 ± 20 h, $P<0.001$). Our results suggest that at the time of the male effect, the presence of estrogenized females stimulates the estrus activity of the native anovulatory females from the Mexican semi-desert, and that the presence of 20 % of estrogenized females reduces the period between male introduction + estrogenized females regarding the onset of estral activity or the latency to the first estrus.

KEY WORDS: Female effect, seasonal anestrus, sexual activity.

INTRODUCCIÓN

La estacionalidad reproductiva es una característica de la mayoría de las razas de ovejas y cabras de latitudes templadas y subtropicales (Chemineau *et al.*, 1992; Aréchiga *et al.*, 2008; Delgadillo, 2010; Carrillo *et al.*, 2010). Durante una temporada del año, las ca-

INTRODUCTION

Reproductive seasonality is a characteristic of most breeds of sheep and goats in temperate and subtropical latitudes (Chemineau *et al.*, 1992; Aréchiga *et al.*, 2008; Delgadillo, 2010, Carrillo *et al.*, 2010). During a season of year, goats expressed estrus with fertile ovulations

bras manifiestan celos con ovulaciones fértiles (Shelton, 1978), esta condición provoca que la producción (leche y cabritos) sea también estacional, lo que representa un serio problema de comercialización para el productor (Álvarez *et al.*, 1999; González-Bulnes *et al.*, 2011). Con el objetivo de contrarrestar esta estacionalidad se han desarrollado diversos métodos, entre los que destacan los tratamientos fotoperiódicos, los hormonales, los socio-sexuales y los nutricionales (Meza-Herrera *et al.*, 2004, 2007, 2008; Leboeuf *et al.*, 2008; Guerra-García *et al.*, 2009; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008, 2009; Urrutia-Morales *et al.*, 2009). Un método socio-sexual probado en el semidesierto mexicano es el denominado "efecto macho" (Véliz *et al.*, 2002, 2006, 2009). Este método consiste en la introducción repentina de un macho en un grupo de hembras anovulatorias, promoviendo su actividad estral y ovárica en los días subsiguientes (Urrutia-Morales *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2005; Véliz *et al.*, 2009; Delgadillo, 2010; Flores-Nájera *et al.*, 2010; Rosales-Nieto *et al.*, 2011). Sin embargo, un factor muy importante que influye en la respuesta de las hembras al efecto macho es el comportamiento sexual de los machos (Rivas-Muñoz *et al.*, 2010). En efecto, las cabras anovulatorias del semidesierto del norte de México reinician su actividad estral y ovulatoria si son expuestas a machos cabríos inducidos a una intensa actividad sexual (olor, comportamiento sexual y vocalizaciones) mediante un tratamiento de 2.5 meses de días largos artificiales, mientras que cuando son expuestas a machos en reposo sexual (bajo las variaciones naturales del fotoperiodo de la región), la respuesta estral y ovulatoria es menor al 10 % (Véliz *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2010). Otro factor que puede influir en la respuesta al efecto macho es la presencia de hembras en celo al momento de la introducción de los machos. La exposición de carneros (Rosa *et al.*, 2000) o machos cabríos (Walkden-Brown *et al.*, 1993) a hembras en celo antes o en el momento de la introducción de estos machos a un grupo de hembras anovulatorias, incrementa la proporción de hembras inducidas a la actividad sexual. En efecto, el 87 % de las cabras Cashmere australianas respondieron al efecto macho cuando al momento de la introducción de los machos estaban presentes hembras en estro, en contraste con un 72 % cuando existió ausencia de éstas (Walkden-Brown *et al.*, 1993). Probablemente esto se deba a que las hembras en estro pueden inducir la actividad sexual (mediante su comportamiento sexual y feromonas) de los machos, lo que a su vez provoca una mayor estimulación sexual de las hembras en anestro (Walkden-Brown *et al.*, 1993). Sin embargo, no se ha probado si la introducción de hembras en estro, al momento del empadre, puede estimular la actividad estral y ovulatoria de las cabras locales a la mitad del anestro en el semidesierto del norte de México, dada su marcada estacionalidad (Véliz *et al.*, 2006). De tener

(Shelton, 1978), this condition promotes a seasonal pattern in the production of milk and kids, which is a serious marketing problem for the producer (Álvarez *et al.*, 1999; González-Bulnes *et al.*, 2010). In order to counteract this seasonality, several methods have been developed, among them, the photoperiodic, hormonal, socio-sexual and nutritional treatments (Meza-Herrera *et al.*, 2004, 2007, 2008; Ortega *et al.*, 2008; Leboeuf *et al.*, 2008; Guerra-García *et al.*, 2009; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008, 2009; Urrutia-Morales *et al.*, 2009). A socio-sexual approach tested in the Mexican semi-desert is the "male effect" (Véliz *et al.*, 2002, 2006, 2009). This method involves the sudden introduction of a male in a group of anovulatory females, which may induce estrus and ovarian activity in the subsequent days (Urrutia-Morales *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2005; Véliz *et al.*, 2009; Delgadillo, 2010; Flores-Nájera *et al.*, 2010; Rosales-Nieto *et al.*, 2011). However, a very important factor that influences the response of females to the male effect is the sexual behavior of males (Rivas-Muñoz *et al.*, 2010). In fact, anovulatory goats from semi-desert in northern Mexico restart their estrus and ovulatory activity if are exposed to bucks led to an intense sexual activity (strong smell, high sexual behavior and vocalizations) because of exposure to a 2.5 months of artificial long days treatment, whereas when are exposed to sexually inactive males only treated with natural photoperiod in the region, estrus and ovulation response is less than 10 % (Véliz *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2010). Another factor that may influence the response to the male effect is the presence of females in estrus at the time of the introduction of males. Certainly, exposure of rams (Rosa *et al.*, 2000) or bucks (Walkden-Brown *et al.*, 1993) to females in estrus, before or at the moment of the introduction of males into a group of anovulatory females, increases the number of females that are stimulated. In fact, 87 % of Australian Cashmere goats responded to the male effect when the time of introduction of the males were present females in estrus, against 72 % in their absence of these ones (Walkden-Brown *et al.*, 1993). This is probably due to the fact that estrus females may induce sexual activity (through sexual behavior and pheromones) of males, which facilitates a greater sexual stimulation of anestrous females (Walkden-Brown *et al.*, 1993). However, there has not been tested if the introduction of estrus females at breeding may stimulate estrus and ovulation in anovulatory goats from semi-desert of northern Mexico when they are at middle of anestrous (Véliz *et al.*, 2006). If we succeed, an effective and simple method to control reproductive activity of goats will be available for the producers from the semi-desert area of northern Mexico. The aim of this study was to determine if the stimulus exerted by the presence of males + estrogenized females, promotes estrus activity of anovulatory goats from semi-desert of northern Mexico, and

éxito, se habrá encontrado un método efectivo y sencillo para controlar la actividad reproductiva de los caprinos del semidesierto del norte de México. El objetivo del presente estudio fue determinar si el estímulo ejercido por la presencia de machos + hembras estrogenizadas, estimula la actividad estral de las cabras anovulatorias explotadas extensivamente en el norte de México, y si el porcentaje de hembras estrogenizadas afecta esta respuesta a mitad del anestro estacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo del 20 de mayo al 6 de junio del 2010, en el semidesierto del norte de México (26° N), y se utilizaron animales caprinos locales adultos. Los animales locales son descendientes de la cruce de razas españolas como Granadina, Murciana y Malagueña con otras razas europeas como Alpina, Saanen y Anglo-Nubia (Delgadillo *et al.*, 1999). El clima es semi-desértico, la temperatura máxima promedio es de 37 °C en mayo-junio y la mínima de 6 °C en diciembre-enero. El fotoperiodo de la región es de 13 h 41 min luz durante el solsticio de verano y de 10 h 19 min en el solsticio de invierno (Delgadillo *et al.*, 1999). Los machos cabríos locales (criollos) presentan un periodo de reposo sexual de enero a abril, mientras que en las hembras criollas el periodo de anestro sucede de marzo a agosto (Delgadillo, 2010).

Animales experimentales

Machos. Se utilizaron seis machos adultos locales del norte de México, los cuales fueron expuestos a las variaciones naturales del fotoperiodo de la región, y dos meses antes de iniciar el estudio se estabularon y fueron puestos en un corral de 5 x 5 m, y se alimentaron con una dieta que cubría sus necesidades fisiológicas (2 kg de heno de alfalfa, 1 kg de ensilado de maíz, 500 g de maíz roado, por animal por día, sales minerales y agua a libre acceso).

Hembras. Se utilizaron en total 93 cabras multiparas anovulatorias de la raza local. Las hembras fueron aisladas de los machos dos meses antes del inicio del experimento (20 de mayo; día 0). Los días -21, -14 y -7 todas las hembras fueron sometidas a revisión de actividad ovulatoria mediante ecografía transrectal (Aloka SSD-500). Todas las hembras fueron diagnosticadas anovulatorias. Las hembras antes del estudio eran explotadas en un sistema de libre pastoreo de 10:00 a 18:00 h donde se alimentaban solamente de la flora disponible en la región, consistente predominantemente en arbustos como *Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Agave scabra*, *Mimosa biuncife*, herbáceas como *Heliantus ciliaris*, *Salsola kali*,

if the percentage of estrogenized females affects this response during the anestrus season.

MATERIAL AND METHODS

Location and experimental conditions

The study was carried out from May 20 to June 6, 2010, in the semi-arid region located in northern Mexico (26 °N) and native adult goats and bucks were used. These native animals are descended from a mixed-population of crosses of Spanish breeds such as Granadina, Murcia and Malagueña with other European breeds such as Alpine, Saanen and Anglo-Nubian (Delgadillo *et al.*, 1999). The climate is semi-arid, the average maximum temperature is 37 °C in May-June and the lowest is 6 °C in December-January. The photoperiod of the region is 13 h 41 min light during the summer solstice and 10 h 19 min at the winter solstice (Delgadillo *et al.*, 1999). The native bucks (Criollo) have a sexual rest period from January to April, while Criollo females anestrus period occurs from March to August (Delgadillo, 2010).

Experimental animals

Males: Six adults native bucks from northern Mexico were used; they were exposed to natural daylight in the region, and two months before the beginning the study were housed and placed in a pen of 5 x 5 m, and fed a diet that covered their physiological requirements (2 kg alfalfa hay, 1 kg of corn silage, rolled corn 500 g per animal per day, mineral salts and water *ad libitum*).

Females: Ninety-three multiparous anovulatory goats of mixed-composite genotype were used. Females were isolated from males two months before the beginning of the experiment (May 20, day 0). The days -21, -14 and -7 all females were subjected to revision of ovulatory activity by transrectal ultrasonography (Aloka SSD-500). All females were diagnosed as anovulatory. Before the study, goats were raised in a free-range system from 10:00 to 18:00 where they fed only with the flora available in the region that consisting predominantly of shrubs and *Prosopis glandulosa*, *Acacia farneciana*, *Atriplex acantocarpa*, *Agave scabra*, *Mimosa biuncife*, herbaceous such as *Heliantus ciliaris*, *Salsola kali*, *Solanum elaeagnilolium* and grasses such as *Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis Pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, and *Bouteloua purpurea* *Aristida barbata*. Occasionally goats were fed with crop residues such as sorghum (*Sorghum vulgare*) and maize (*Zea maize*), among others. Two days before the beginning of the study, goats were divided into 3 groups (n = 31, each) balanced with respect to their weight and body condition.

Mating: On 20 May (day 0), each group of females was exposed to two inactive males. Additionally, the first

Solanum elaeagnilolium y pastos como *Sorghum halepense*, *Chloris virgata*, *Setaria verticillata*, *Eragrostis pectinacea*, *Bouteloua curtipendula*, *Aristida purpurea* y *Bouteloua barbata*. En ocasiones aprovechaban esquilmos o rastros de cultivos agrícolas tales como sorgo (*sorghum vulgare*) y maíz (*zea mays*), entre otros. Dos días antes del inicio del estudio, las cabras fueron divididas en tres grupos ($n=31$ c/u) homogéneos en cuanto a peso y condición corporal.

Empadre. El 20 de mayo (día 0) cada grupo de hembras fue expuesto a dos machos inactivos sexualmente; además, un grupo fue expuesto a seis hembras estrogenizadas (G20 %), un segundo grupo fue expuesto a tres hembras estrogenizadas (G10 %), y el tercer grupo fue expuesto a seis hembras testigo (no estrogenizadas; G0 %). Los machos y las hembras estrogenizadas estuvieron en contacto con los grupos de hembras anovulatorias durante 17 días. Los grupos estuvieron a una distancia aproximada de 100 m entre ellos. Durante todo el periodo de estudio todos los animales se alojaron en corrales provistos de sombra, y a partir del día 0 se les proporcionó alfalfa henoificada, ensilaje de sorgo, sales minerales y agua *ad libitum*.

Tratamiento de las hembras estrogenizadas. Cada hembra estrogenizada fue tratada con 20 mg de progesterona como dosis única el día -8; esto se realizó con la finalidad de que las hembras sean más receptivas a estradiol y manifiesten el comportamiento estral a corto plazo. Además se les aplicaron 2 mg de cypionato de estradiol por vía intramuscular cada tercer día, iniciando el día -6 y hasta el final del estudio.

Variables determinadas. Durante todo el estudio se detectó el estro dos veces al día, de 8:00 a 10:00 h y de 18:00 a 20:00 h. Para ello, dos horas antes, los machos se separaron 50 m de los corrales de las cabras y se introdujeron alternadamente entre grupos. Se consideró una cabra en estro cuando ésta permitió la cópula. Se registró el intervalo entre la introducción de los machos + las cabras estrogenizadas y el inicio del estro de las cabras anéstricas, así como la proporción de cabras que presentaron estro en cada grupo. Se diagnosticó la gestación aproximadamente a los 65 días después de la última monta mediante ecografía transrectal (Aloka SSD-500).

Análisis estadísticos

El intervalo al inicio de la actividad estral fue comparado con la prueba de two-sample t-test. La proporción diaria y acumulada de cabras que presentaron estro, así como la proporción de hembras gestantes, se comparó con una prueba de Chi-squared test usando el programa MYSTAT 12.

group was exposed to 6 estrogenized females (G20 %), the second group was exposed to three estrogenized females (G10 %) and the third group was exposed to 6 female controls (no estrogenized; G0 %). The estrogenized females and males were in contact with anovulatory female groups for 17 days. Groups were at a distance of approximately 100 m among them. During the whole experimental period, all animals were housed in pens equipped with shade, and starting in day 0 were fed with alfalfa hay, sorghum silage, minerals and water *ad libitum*.

Estrogenized female treatment

Each estrogenized female was treated on day -8 with 20 mg of progesterone as a single dose. This was done to promote an increased receptivity to estradiol and to display estrus behavior in a shorter period of time. Goats also were injected with 2 mg estradiol cypionate intramuscularly every third day, beginning the day -6 and until the end of the study.

Variables determined. Throughout the study, estrus was detected twice a day, from 8:00 to 10:00 pm and 18:00 to 20:00 h. To perform this activity, males were separated 50 m from the pens of females two hours prior and were alternated between groups. A goat was considered in estrus when it allowed copulation. We recorded the interval between the introduction of males + estrogenized goats and the onset of estrus in anovulatory goats and the proportion of goats in estrus in each group. Pregnancy was diagnosed by means of transrectal ultrasonography (Aloka SSD-500) about 65 days after the last mounted.

Statistical analysis

The time interval to the onset of estrus activity was compared by using the two-way t-test. Daily and accumulated proportion of estrus females as well as the proportion of pregnant goats, were compared by means of Chi-square test using the MYSTAT 12 program.

RESULTS AND DISCUSSION

The total percentage of goats in estrus during the 17 days of evaluation was similar in the G10 % and G20 % (93 % and 90% respectively, $P>0.05$, Table 1) but different in G0 %, where no female showed estrus ($P<0.001$). The proportions of goats in estrus, both daily throughout the study, did not differ between G10 % and G20 %, however, were different ($P<0.001$) in G0 % (Figure 1). The interval between the introduction of males + estrogenized females and the onset of estrous activity in the experimental groups occurred later in G10 % (167 ± 17 h) than in G20 % (142 ± 20 h, $P<0.001$), which indicates that the percentage of estrogenized females had a direct influence on the onset of estrus.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje total de cabras en estro durante los 17 días del estudio fue similar en los grupos G10 y G20 % (93 y 90 % respectivamente; $P>0.05$; Cuadro 1), pero diferente en el grupo G0 % donde ninguna hembra presentó estro ($P<0.001$). Las proporciones de cabras en estro tanto diariamente como a lo largo del estudio no fueron diferentes entre el G10 y G20 %; sin embargo, fueron diferentes ($P<0.001$) en el G0 % (Figura 1).

El intervalo entre la introducción de machos + hembras estrogenizadas y el inicio de la actividad estral de los grupos en estudio fue más tardío en el G10 % (167 ± 17 h) que en el G20 % (142 ± 20 h; $P<0.001$), lo cual indica que el porcentaje de hembras estrogenizadas tiene una influencia directa sobre el inicio de la actividad estral. La proporción de hembras gestantes no fue diferente entre los grupos G10 y G20 % (45 y 48 %, respectivamente; $P>0.05$), pero sí entre estos dos grupos y el G0 % (0 %; $P<0.001$). Los resultados del presente estudio demuestran que las hembras estrogenizadas ejercen un efecto de “facilitación social” para inducir la actividad estral de hembras anéstricas en el norte de México. La mayoría de las hembras anovulatorias reiniciaron su actividad estral al ser expuestas a machos + hembras estrogenizadas, mientras que ninguna hembra reinició su actividad estral al ser expuesta solamente a los machos en el periodo de reposo sexual (Figura 1). Además, el 20 % de hembras estrogenizadas acortó la latencia al primer estro, probablemente porque el contacto establecido con las hembras anovulatorias y los machos, provocó una mayor y más rápida respuesta sexual (Álvarez *et al.* 1999). Por otra parte, la falta de respuesta en las hem-

CUADRO 1. Porcentajes de cabras en estro en 3 grupos de cabras Criollas en contacto con 20 % (G20), 10 % (G10) y 0 % (G0) de hembras estrogenizadas en el empadre realizado a la mitad del anestro en el semidesierto del norte de México.

TABLE 1. Percentages of estrus females in the three groups of Criollo goats in contact to 20 % (G20), 10 % (G10) and 0 % (G0) of estrogenized females + intact-non-stimulated males during the experimental breeding carried-out during the anestrus season in the semi-desert region of northern Mexico.

Grupo	0-5 días	6-8 días	0-17 días
G 0%	0% (0/31) a	0% (0/31) a	0% (0/31) a
G 10%	48% (15/31) b	71% (22/31) b	93% (29/31) b
G 20%	71% (22/31) b	87% (27/31) b	90% (28/31) b

Letras diferentes entre filas son diferentes estadísticamente * $P<0.05$

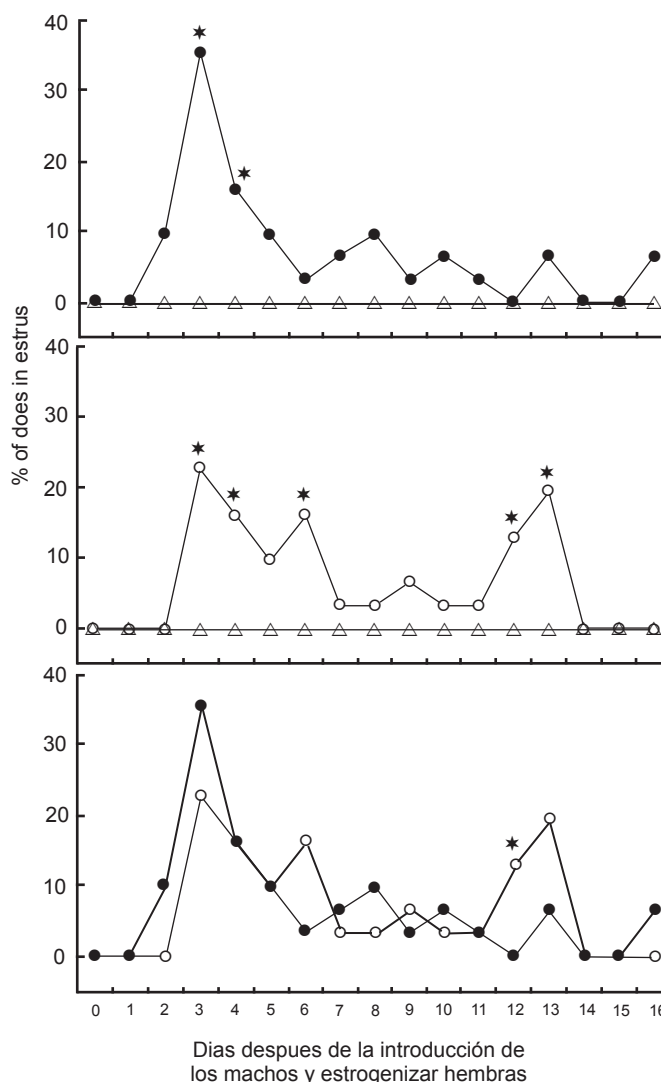


FIGURA 1. Porcentaje de estros diarios en tres grupos de cabras en contacto con 20 % (G20;●), 10 % (G10;○) y 0 % (G0;△) de hembras estrogenizadas en el empadre realizado a la mitad del anestro en el semidesierto del norte de México. * $P<0.05$

FIGURE 1. Percentages of estrus females dairy in three groups of Criollo goats in contact to 20 % (G20;●), 10 % (G10;○) and 0 % (G0;△) of estrogenized females+intact-non stimulated males during the experimental breeding carried-out during the anestrus season in the semi-desrt region of northern México. * $P<0.05$

The proportion of pregnant females was not different between G10 % and G20 % (45 % and 48 % respectively, $P>0.05$), but was different between these groups and G0 % (0 %, $P<0.001$). Our results show that estrogenized females exert an effect of “social facilitation” to induce estrus in anestrus females under a semiarid-extensive production system in northern Mexico. Indeed, most females restarted their ovulatory-estrous activity when they were exposed to males + estrogenized females,

bras expuestas solamente a machos se debió probablemente a que éstos estaban en reposo sexual, pues se ha reportado que las hembras anovulatorias no reinician su actividad estral al ser expuestas a machos que muestran comportamiento sexual, olor y vocalizaciones bajos (Véliz *et al.*, 2006; Rivas-Muñoz *et al.*, 2010). La alta respuesta estral de los grupos G10 y G20 % (Cuadro 1), contrasta con lo reportado por Véliz *et al.* (2002), donde la introducción de machos + 20 % de hembras inducidas al estro no estimuló la actividad estral de las hembras anovulatorias. Esta diferencia se debió probablemente a dos factores: 1) La época del año en el que fue realizado el efecto macho; el presente estudio en mayo, y el de Véliz *et al.* (2002) en marzo; 2) En el presente estudio se utilizaron hembras en estro permanente, mientras que en lo reportado por Véliz *et al.* (2002) las hembras inducidas al estro mostraron esta conducta solamente 24 h, ya que fueron tratadas con eCG. Probablemente en este estudio la constante presencia de las hembras estrogenizadas estimuló la actividad sexual y la secreción de feromonas de los machos, provocando que éstos ejercieran una mayor estimulación sexual de las hembras en anestro (Walkden-Brown *et al.*, 1993). Además, la alta respuesta estral de las hembras anovulatorias a la introducción de las hembras estrogenizadas pudo ser una estimulación de forma directa. Se ha reportado que las hembras en estro inducen la actividad estral en sus compañeras anéstricas (Zarco *et al.*, 1995). Por otra parte, solamente la mitad de las hembras fueron diagnosticadas gestantes; esto pudo deberse a la baja calidad y duración del cuerpo lúteo generado después de la inducción de la ovulación (Chemineau *et al.*, 2006). También es probable que la baja condición corporal de las hembras del presente estudio disminuyera la fertilidad. Se ha reportado que cuando se realiza el efecto macho en hembras con baja condición corporal, solamente el 50 % de las hembras queda gestante (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Tanto la desnutrición como desbalances en la relación energía-proteína pueden afectar la pérdida embrionaria, probablemente debido a cambios en el ambiente uterino (Abecia *et al.*, 2006; Martin y Kadokawa, 2006; Meza-Herrera *et al.*, 2006, 2010). Otra posibilidad es que estos machos tuvieran una inadecuada calidad seminal, ya que antes del empadre estaban en reposo sexual, y por lo tanto su calidad seminal probablemente era baja (motilidad, viabilidad, número de espermatozoides, etc; Delgadillo *et al.*, 1999; Carrillo *et al.*, 2010). La calidad seminal no se puede mejorar en pocos días; sin embargo, los niveles de LH y testosterona plasmáticos, responsables del nivel de olor y del comportamiento sexual, se elevan inmediatamente después del contacto con hembras en estro (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Efectivamente, el comportamiento sexual del macho y su olor son decisivos en la estimulación de la actividad estral y ovulatoria de las hembras (Walkden-Brown *et*

while no estrous female restarted its activity when exposed only to males in the period of sexual repose (Figure 1). In addition, 20 % of the estrogenized females reduced the latency to the first estrus, probably because of the established contact with the both the anovulatory females and males promoted a greater and faster sexual response (Álvarez *et al.*, 1999). On the other hand, the lack of response of those females exposed only to males, was probably because of they were sexually inactive, since has been reported that females which do not start estrous activity when exposed to males that show a reduced sexual behavior, considering activities such as smelling and vocalizations (Véliz *et al.*, 2006, Rivas-Muñoz *et al.*, 2010). The increased estrous response of the G10 % and G20 % (Table 1), contrasts with that reported by Véliz *et al.* (2002), where the introduction of males + 20 % of females induced to estrus, did not stimulate any estrous activity in anovulatory females. This difference was probably due to two factors: 1) the season of year in which it was carried-out the male effect (March vs. May), and, 2) in the actual study, females were treated to permanently express estrus during the whole experimental period, while in the report of Véliz *et al.* (2002), the females induced to estrus only depicted such during 24 h, because were induced to estrus by treatment with eCG. Probably in this study, the constant presence of estrogenized females allowed to stimulate the sexual activity (sexual behavior and pheromones secretion) from males, which may had promoted a better sexual stimulation of those females in anestrous (Walkden-Brown *et al.*, 1993). In addition, the increased sexual response to the introduction of estrogenized females observed in the anovulatory females, could be the result of a direct stimulation. Indeed, it has been reported that estrus females induce estrus in their anestrous mates (Zarco *et al.*, 1995). Moreover, only half of females were diagnosed pregnant, this might be due to a low quality corpus luteum produced after induction of ovulation (Chemineau *et al.*, 2006). Besides that, another possibility is that body condition of females may had decreased fertility. In fact, when performing the male effect with females in low body condition, the observed pregnancy rates reach only 50% of the females (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). In addition, both undernutrition and imbalances in the energy-protein ratio, can affect embryonic loss, probably due to changes in uterine environment (Abecia *et al.*, 2006; Martin and Kadokawa, 2006; Meza-Herrera *et al.*, 2006, 2010). Furthermore, these males may have had inadequate semen quality, since it is likely that before mating were sexually inactive, and therefore the quality of semen could be low, considering motility, viability, sperm count, etc. (Delgadillo *et al.*, 1999; Carrillo *et al.*, 2010). Certainly, semen quality cannot be improved in a few days, however, plasmatic levels of LH and testosterone,

al., 1993); se ha reportado que las hembras durante el anestro estacional solamente responden a la introducción de machos sexualmente activos (Rivas-Muñoz *et al.*, 2010; Delgadillo y Vélez, 2010).

El tiempo de preparación de las hembras estrogenizadas y los machos para el empadre es muy corto (una semana antes y durante el empadre), en contraste con tecnologías que requieren de por lo menos cinco meses de preparación y de una infraestructura eléctrica (Delgadillo y Vélez, 2010) que muchos productores no poseen en sus rústicas explotaciones. Paralelo a ello, los animales estimulados no reciben tratamiento hormonal, lo que convierte a este método en una estrategia limpia, verde y ética (Martin y Kadokawa, 2006). Para incrementar el porcentaje de hembras gestantes al utilizar esta técnica, sería útil complementar este método con uno que permita una mejor calidad seminal en los machos, e investigar si una complementación alimenticia en las hembras incrementa su tasa ovulatoria y fertilidad (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

Estos resultados demuestran que la presencia de cabras estrogenizadas al momento del efecto macho utilizando machos inactivos sexualmente, estimula la actividad estral de las cabras anovulatorias bajo un sistema de producción marginal del semidesierto mexicano. Además, la presencia de 20 % de hembras en estro reduce el lapso entre la introducción de machos + hembras estrogenizadas, y el inicio de la actividad estral. Como esta metodología sólo requiere la presencia de 10 % de hembras estrogenizadas en el rebaño, además de ser muy efectiva desde un punto de vista reproductivo, es de muy bajo costo desde una óptica económica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los señores Daniel y Rogelio Alvarado el haber facilitado las instalaciones y los animales experimentales. Asimismo, a Leticia Gaytán Alemán, Giovanni Huerta y Luis Fernando López por su asistencia técnica.

LITERATURA CITADA

- ABECIA, J. A.; SOSA, C.; FORCADA, F.; MEIKLE, A. 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reproduction Nutrition and Development* 46: 367-378.
- ÁLVAREZ, L.; DUCOING, A. E.; ZARCO, L. A.; TRUJILLO, A. M. 1999. Conducta estral, concentraciones de LH y función Lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro. *Veterinaria México* 30: 25-31.

responsible for levels of odor and sexual behavior, can be incremented immediately after the contact with estrus females (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Indeed, it has been reported that both male sexual behavior and its smell are important in the stimulation of estrus and ovulation (Walkden-Brown *et al.*, 1993), while it has been observed that females in the anoestrus only respond to the introduction of sexually active males (Rivas-Muñoz *et al.*, 2010; Delgadillo and Vélez, 2010).

Time to prepare estrogenized females and males for mating is very short (one week before and one week during breeding), in contrast with technologies that require at least five months of preparation and electrical infrastructure that many farmers have not in their rustic installations (Delgadillo and Velez, 2010). Parallel to this, the stimulated animals received no hormone treatment, making this method on a clean, green and ethical strategy (Martin and Kadokawa, 2006). To increase the percentage of pregnant females when using this technique, would be useful to complement this approach with one that allows a better semen quality in males, and investigate whether a dietary supplement for females increases their ovulation rate and fertility (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

CONCLUSIONS

Our results demonstrate that the presence of estrogenized goats at time of male effect when using sexually inactive males, stimulates the estrous activity of anovulatory mix-breed goats under a semi-desert marginal production system. In addition, the presence of 20 % of estrogenized females, positively affected the period of time between the male introduction + estrogenized females and the onset of estrus activity. Since this method only requires 10 % of estrogenized females in the herd, this method besides to be very effective from a reproductive point of view, is in addition a low-cost effective method from an economical stand point.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors are grateful to Mr. Daniel and Rogelio Alvarado for providing the installations and the experimental animals. Also Leticia Gaytan Alemán, Giovanni Huerta and Luis Fernando López for their technical assistance.

End of English Version

- ARÉCHIGA, C. F.; AGUILERA, J. I.; RINCÓN, R. M.; MENDEZ DE LARA, S.; BAÑUELOS, V. R.; MEZA-HERRERA, C. A. 2008. Role and perspectives of goat production in a global world. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9: 1-14.
- CARRILLO, E.; MEZA-HERRERA, C. A.; VÉLIZ, F. G. 2010. Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico mexicano.

- Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 1: 169-178.
- CHEMINEAU, P.; PELLICER-RUBIO, M. T.; LASSOUED, N.; KHALDI, G.; MONNIAUX, D. 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reproduction Nutrition Develop* 46(4): 417-429. doi:10.1051/rnd:2006022
- CHEMINEAU, P.; DAVEAU, A.; MAURICE, F.; DELGADILLO, J. A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research* 8: 299-312. doi:10.1016/0921-4488(92)90211-L
- DE SANTIAGO-MIRAMONTES, M. A.; RIVAS-MUÑOZ, R.; MUÑOZ-GUTIÉRREZ, M.; MALPAUX, B.; SCARAMUZZI, R. J.; DELGADILLO, J. A. 2008. The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation. *Animal Reproduction Science* 105: 409-416. doi:10.1016/j.anireprosci.2007.11.008
- DE SANTIAGO-MIRAMONTES, M. A.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Animal Reproduction Science* 114: 175-182. 2008: doi:10.1016/j.anireprosci.2008.09.001
- DELGADILLO, J. A.; CANEDO, G. A.; CHEMINEAU, P.; GUILLAUME, D.; MALPAUX, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology* 52: 727-737. doi:10.1016/S0093-691X(99)00166-1
- DELGADILLO J. A. 2010. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropics. *Animal*. doi:10.1017/S175173111000140.
- DELGADILLO, J. A.; VÉLEZ, L. I. 2010: Stimulation of reproductive activity in anovulatory French Alpine goats exposed to bucks treated only with artificially long days. *Animal*. doi:10.1017/S1751731110001345.
- FITZ-RODRÍGUEZ, G.; DE SANTIAGO-MIRAMONTES, M. A.; SCARAMUZZI, R. J.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Animal Reproduction Science* 116: 85-94. doi:10.1016/j.anireprosci.2009.01.004
- FLORES-NAJERA M. J.; MEZA-HERRERA, C. A.; ECHAVARRIA, F. G.; VILLAGOMEZ, E.; IÑIGUEZ, L.; SALINAS, H.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2010. Influence of nutritional and socio-sexual cues upon reproductive efficiency of goats exposed to the male effect under extensive conditions. *Animal Production Science* 50(9): 897-901. dx.doi.org/10.1071/AN10030
- GONZÁLEZ-BULNES, A.; MEZA-HERRERA, C. A.; REKIK, M.; BEN SALEM, H.; KRIDLI, R. T. 2011. Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid environments. In: *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation*. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA, 41-60.
- GUERRA-GARCÍA, M.; MEZA-HERRERA, C. A.; SÁNCHEZ-TORRES-ESQUEDA, M. T.; GALLEGOS-SÁNCHEZ, J.; TORRES-HERNÁNDEZ, G.; PRO-MARTÍNEZ, A. 2009. IGF-1 and ovarian activity of goats in divergent body condition and supplemented with non-degradable ruminal protein. *Agrociencia* 43(3): 241-247.
- LEBOEUF, B.; DELGADILLO, J. A.; MANFREDI, E.; PIACÈRE, A.; CLÉMENT, V.; MARTIN, P.; PELLICER, M.; BOUÉ, P.; DE CREMOUX, R. 2008. Management of goat reproduction and insemination for genetic improvement in France. *Reproduction Domestic Animal* 43(2): 379-85. doi: 10.1111/j.1439-0531.2008.01188.x
- MARTIN, G. B.; KADOKAWA, H. 2006. "Clean, green and ethical" animal production. Case study: Reproductive efficiency in small ruminants. *Journal Reproduction and Development* 52: 145-152. doi:10.1262/jrd.17086-2
- MARTÍNEZ, G.; URRUTIA, J.; MARTÍNEZ, L.; MEZA-HERREIRA, C. A. 2005. Reproductive performance of Merino Rambouillet prepubertal ewes under highland sub-tropical conditions. II. Male stimulation of seasonal anestrous prepubertal ewes. *Journal of Applied Animal Research* 27(1):25-28.
- MEZA-HERRERA, C. A.; SÁNCHEZ, J. M.; CHÁVEZ-PERCHES, J. G.; SALINAS, H.; MELLADO, M. 2004. Protein supplementation, body condition and ovarian activity in goats. Preovulatory serum profile of insulin. *South Africa Journal Animal Science* 34: 223-226.
- MEZA-HERRERA, C. A.; ROSS, T.; HAWKINS, D.; HALLFORD, D. 2006. Interactions between metabolic status, pre-breeding protein supplementation, uterine pH, and embryonic mortality in ewes: Preliminary observations. *Tropical Animal Health and Production* 38(5): 407-413. doi: 10.1007/s11250-006-4331-6
- MEZA-HERRERA, C. A.; ROSS, T.; HALLFORD, D. M.; HAWKINS, D.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2007. Effects of body condition and protein supplementation on LH secretion and luteal function in sheep. *Reproduction Domestic Animals* 42(5): 461-465. doi: 10.1111/j.1439-0531.2006.00807.x
- MEZA-HERRERA, C. A.; HALLFORD, D. M.; ORTIZ, J. A.; CUEVAS, R. A.; SÁNCHEZ, J. M.; SALINAS, H.; MELLADO, M.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2008. Body condition and protein supplementation positively affect periovulatory ovarian activity by non-LH mediated pathways in goats. *Animal Reproduction Science* 106: 412-420. doi:10.1016/j.anireprosci.2007.06.004
- MEZA-HERRERA, C. A.; ROSS, T.; HALLFORD, D.; HAWKINS, D.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2010. High periconceptional protein intake modifies uterine and embryonic relationships increasing early pregnancy losses and embryo growth retardation in sheep. *Reproduction in Domestic Animals* 45: 723-728. doi: 10.1111/j.1439-0531.2009.01341.x
- RIVAS-MUÑOZ, R.; CARRILLO, E.; RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, R.; LEYVA, C.; MELLADO, M.; VÉLIZ, F. G. 2010. Effect of body condition score of does and use of bucks subject-

- ted to added artificial light on estrus response of Alpine goats. *Tropical Animal Health Production* 42: 1285-1289. doi: 10.1007/s11250-010-9563-9
- ROSA, H. J. D.; JUNIPER, D. T.; BRYANT, M. J. 2000. The effect of exposure to oestrous ewes on rams' sexual behaviour, plasma testosterone concentration and ability to stimulate ovulation in seasonally anoestrous ewes. *Applied Animal Behavior Science* 67: 293-305. doi:10.1016/S0168-1591(00)00086-1
- ROSALES-NIETO, C. A.; GAMEZ-VAZQUEZ, H. G.; GUDINO-REYES, J.; REYES-RAMIREZ, E. A.; EATON, M.; STANKO, R. L.; MEZA-HERRERA, C. A.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2011. Nutritional and metabolic modulation of the male effect upon resumption of ovulatory activity of goats. *Animal Production Science* 51(2): 115-122. dx.doi.org/10.1071/AN10124
- SHELTON, M., 1978. Reproduction and breeding of goats. *Journal of Dairy Science* 61: 994-1010. doi:10.3168/jds.S0022-0302(78)83680-7
- URRUTIA-MORALES, J.; VILLALPANDO, F.; MEZA-HERREIRA, C. A.; MANCILLA, C.; RAMIREZ, B. 2000. Effect of ram exposure on out-of-season reproductive performance of young maiden Merino Rambouillet ewes. *Wool Technology & Sheep Breeding* 48(2): 94-101.
- URRUTIA-MORALES, J.; MEZA-HERRERA, C. A.; ESCOBAR-MEDINA, F. J.; GAMEZ-VAZQUEZ, H. G.; RAMIREZ-ANDRADE, B. M.; DIAZ-GOMEZ, M. O.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2009. Relative roles of photoperiodic and nutritional cues in modulating ovarian activity in goats. *Reproductive Biology* 9(3): 283-294.
- VÉLIZ, F. G.; MORENO, S.; DUARTE, G.; VIELMA, J.; CHEMINEAU, P.; POINDRON, P.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2002. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Animal Reproduction Science* 72: 197-207. doi:10.1016/S0378-4320(02)00093-3
- VÉLIZ, F. G.; POINDRON, P.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2006. Positive correlation between the liveweight of anestrus goats and their response to the male effect with sexually active bucks. *Reproduction, Nutrition and Development* 6: 1-6. doi:10.1051/rnd:2006039
- VÉLIZ, F. G.; MEZA-HERRERA, C. A.; DE SANTIAGO-MIRAMONTES, M. A.; ARELLANO-RODRIGUEZ, G.; LEYVA, C.; RIVAS-MUÑOZ, R.; MELLADO, M. 2009. Effect of parity and progesterone priming on induction of reproductive function in Saanen goats by buck exposure. *Livestock Science* 125: 261-265. doi:10.1016/j.livsci.2009.05.008
- WALKDEN-BROWN, S. W.; RESTALL, B.; HENNIAWATI. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat 3. Enhancement with buck nutrition and use of estrous females. *Animal Reproduction Science* 32: 69-84. doi:10.1016/0378-4320(93)90058-Y
- WALKDEN-BROWN, S. W.; RESTALL, B. J.; NORTON, B. W.; SCARAMUZZI R. J. 1994. The "female effect" in Australian cashmere goats: effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to estrous does. *Journal Reproduction Fertility* 100: 521-531. doi:10.1530/jrf.0.1000521
- ZARCO, Q. L. A.; RODRÍGUEZ, E. F.; ANGULO, M. R. B.; VALENCIA, M. J. 1995. Female to female stimulation of ovarian activity in the ewe. *Animal Reproduction Science* 39: 251-258. doi:10.1016/0378-4320(95)01384-C