Evaluación biológica de dos sistemas de apareamiento en ovinos de raza Columbia en producción intensiva

Biological evaluation of two breeding systems of intensive production in the Columbia breed sheep

José de Lucas Tron* Luis Alberto Zarco Quintero** Everardo González Padilla**
Jorge Tórtora Pérez* Carlos Vásquez Peláez**

Abstract

The biological efficiency of two breeding systems for sheep in the Mexican high plateau was evaluated. A total of 300 adult and 60 replacement sheep of the Columbia breed were randomly distributed into two groups of 150 adults and 30 young ones (mean age to first birth of 18 months). Mates of 36 days with natural mount every eight months (March, November and July) were done in the first group (intensive system). In the second group (annual system), a 45-day mating was done starting on November every year. Marker males were introduced 15 days before mating in all cases, which were replaced on the first day of mating for stallions at a one male for every 20 female ratios. The physical condition of all females was evaluated every month. The animals grazed 8 to 9 hours in grasslands of alfalfa (*Medicago sativa*) and Orchard (*Dactylis glomerata*) and Rye (*Lolium perenne*) grasses irrigated by aspersion. Only the sheep in the intensive system received supplement during lactation and re-mating. Breeding was achieved in both systems in all seasons. The mean fertility of the three breeding of the intensive system was 83.9%; while the mean fertility of the two annual breeding was 88.3% ($P < 0.05$). Prolificacy was 1.12 *vs* 1.32 ($P < 0.05$) for the intensive and annual breeding, respectively; mortality at weaning was 5.3% *vs* 6.4% ($P < 0.05$), weaning rate was 0.89 *vs* 1.09 ($P < 0.05$), the number of weaned lambs per ewe in two years was 2.5 *vs* 2.0 and lamb weight was 55.9 *vs* 44.4 kg ($P < 0.05$), respectively. Adult ewes were superior to the young ones in all the evaluated parameters, regardless of the kind of mating ($P < 0.05$). Results in this study allowed to compare the biological efficiency between an intensive breeding system every eight months and an annual breeding system. They also show the possibility of mating sheep of the Columbia breed in an intensive way..

Key words: SHEEP, PRODUCTION SYSTEMS, FERTILITY, PROLIFICACY INTENSIVE BREEDING, COLUMBIA BREED.

Resumen

Se evaluó la eficacia biológica de dos sistemas de apareamiento en ovinos del altiplano central de México. Un total de 300 ovejas adultas y 60 de reemplazo de la raza Columbia se distribuyeron al azar en dos grupos de 150 adultas y 30 jóvenes (edad promedio al primer parto de 18 meses). En el primer grupo (sistema intensivo) se realizaron empadres de 36 días, con monta natural cada ocho meses (marzo, noviembre y julio), mientras que en el segundo grupo (sistema anual) se llevó a cabo un empadre de 45 días, iniciando en noviembre de cada año. En todos los casos, quince días antes del empadre se introdujeron machos marcadores, que en la fecha de inicio del empadre se sustituían por sementales en proporción de un macho por cada 20 hembras. Mensualmente se evaluó la condición física de todas las hembras. Los animales pastorearon de ocho a nueve horas diarias en praderas de alfalfa (*Medicago sativa*) y pastos orchard (*Dactylis glomerata*) y rye grass (*Lolium perenne*) irrigadas por aspersión. Solamente las ovejas del sistema intensivo recibieron complemento durante la lactancia y el reempadre. En los dos sistemas se lograron apareamientos en todas las épocas, la fertilidad en los tres empadres del sistema intensivo fue de 83.9%, mientras que el promedio de los dos empadres anuales fue de 88.3% ($P < 0.05$). En el mismo orden, la prolificidad fue de 1.12 *vs* 1.32 ($P < 0.05$); la mortalidad al destete, 5.3% *vs* 6.4% ($P > 0.05$); la tasa de destete, 0.89 *vs* 1.09 ($P < 0.05$); el número de corderos destetados por oveja en dos años fue de 2.5 *vs* 2.0, y de kg de cordero de 55.9 *vs* 44.4 kg ($P < 0.05$). Independientemente del tipo de empadre, las ovejas adultas fueron superiores a las jóvenes en todos los parámetros evaluados ($P < 0.05$). Los resultados de este estudio permiten comparar la eficacia biológica entre un sistema de apareamiento intensivo cada ocho meses y uno anual, también muestra la posibilidad de aparear ovejas de la raza Columbia en forma intensiva.

Palabras clave: OVINOS, SISTEMAS DE PRODUCCIÓN, FERTILIDAD, PROLIFICIDAD, EMPADRE INTENSIVO, RAZA COLUMBIA.

Recibido el 27 de abril de 2008 y aceptado el 21 de enero de 2009.
* Coordinación General de Investigación y Posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Carretera Cuautitlán–Teoloyucan S/N, Apartado Postal 25, CP 54700, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.
**Departamento de Reproducción Animal, Departamento de Producción Animal: Rumiantes, Coordinación de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.
Autor responsable: José de Lucas Tron, misma dirección, Tel.: 56 23 18 35, correo electrónico: tronj@servidor.unam.mx
Nota: El presente escrito es producto de resultados parciales de la tesis de doctorado de José de Lucas Tron.

Introduction

Because sheep production systems constantly demand higher productive efficacy, the genetic, environmental and spatial resources in farms must be optimized. Using intensive breeding systems may improve the productive efficacy of a herd. In an extensive review on the subject more than 30 years ago, Hunter[1] already pointed out factors that affected the intensive remating success of sheep, highlighting that some breeds were capable of lambing regularly at 6 to 8-month-intervals, but others could not. He established, by comparing results from several breeds and their mixes, that reproductive seasonality of each type of animal is a limiting feature for adopting intensive breeding systems. Therefore, he pointed out the possibility of modifying seasonality throughout nutrition, weaning, hormone usage and photoperiod manipulation.

In this sense, sheep breed is one of the main determining factors to successfully establish an intensive breeding system. Many breeds from temperate weathers show much defined periods of reproductive activity, and they naturally do not allow the introduction of intensive breeding systems. Notter[2] remarks the existence of important differences among breeds, in order to obtain more than one lambing per year and, according to him, none breed or cross-breed would seem capable of obtaining all the potential of a lambing intensive system.

Any intensive system must prove its superiority to the traditional one-lambing per year system.[3-5] However, studies on the subject do not always consider this comparison, only describing the behavior of flocks submitted to intensive lambing,[6-10] without comparing results with those obtained from annual lambing systems in the same kind of sheep. Considering this, the objective of this study was to compare the reproductive efficacy in a Columbia breed flock, with an intensive lambing system every eight months, against that from a flock submitted to an annual lambing system in a farm based on grazing on irrigated grasslands.

Material and methods

The study was done in a commercial farm located in Huamantla, Tlaxcala, Mexico, at 2 500 masl, weather C(wo/w"1)(w)b(e)g,[11] mean annual temperature of 13°C, with −4°C minimum and 28°C maximum and mean annual pluvial precipitation of 650 mm. Feeding is based on morning grazing of eight to nine hours, on stripes of mixed grasslands of alfalfa (*Medicago sativa*), orchard (*Dactylis glomerata*) and rye grasses (*Lolium*

Introducción

Los sistemas de producción ovina demandan cada vez más una mayor eficacia productiva, por lo que se deben optimizar los recursos genéticos, ambientales y de espacio de las explotaciones. El uso de sistemas intensivos de apareamiento puede mejorar la eficacia productiva de un rebaño. Hunter,[1] en una extensa revisión del tema hace más de 30 años, ya señalaba factores que afectaban el éxito del reapareamiento intensivo de las ovejas, destacando que algunas razas eran capaces de parir regularmente a intervalos de seis a ocho meses, pero otras no. Al comparar resultados de diversas razas y sus cruzas, estableció que la estacionalidad reproductiva de cada tipo de animal constituía una limitante para la adopción de sistemas de apareamiento intensivo, por lo que destacó la posibilidad de modificación de la estacionalidad a través de la nutrición, el manejo del destete, el uso de hormonas y la manipulación del fotoperiodo.

De esta manera, una de las grandes condicionantes para establecer exitosamente un sistema de apareamiento intensivo es la raza de las ovejas. Muchas razas originarias de climas templados presentan periodos de actividad reproductiva muy definidos, y no permiten en forma natural la adopción de sistemas de apareamiento intensivo. Notter[2] señala que existen diferencias importantes entre razas para obtener más de una parición anual, y según él, ninguna raza o cruza parecería ser capaz de obtener todo el potencial de un sistema intensivo de parición.

Indistintamente del sistema intensivo que se proponga, éste tiene que demostrar que es superior al tradicional de un parto por año.[3-5] Sin embargo, no siempre los trabajos sobre el tema contemplan esta comparación, describiendo solamente el comportamiento de rebaños sometidos a pariciones intensivas,[6-10] pero sin comparar los resultados con los obtenidos con sistemas de parición anual en el mismo tipo de ovejas. Por ello, el objetivo de este trabajo fue comparar la eficacia reproductiva en un rebaño de raza Columbia, con un sistema de apareamiento intensivo de partos cada ocho meses, contra la obtenida en un rebaño sometido a un sistema de parto anual en una explotación que usa como base el pastoreo en praderas irrigadas.

Material y métodos

El trabajo se realizó en una explotación comercial ubicada en la población de Huamantla, Tlaxcala, México, a 2 500 msnm, clima C(wo/w"1)(w)b(e)g,[11] temperatura media anual de 13°C, con mínima de −4°C y máxima de 28°C, y precipitación pluvial anual, en promedio, de 650 mm. La base del sistema de alimen-

perenne), irrigated by aspersion. Animals had mineral salts and water *ad libitum*.

A total of 300 adult ewes (with more then one lambing), along with 60 young replacements of the Columbia breed were chosen from a flock of 1300 sheep. Animals were randomly distributed into two treatments, 180 sheep each (150 adults and 30 young ones). Ewes in the first treatment were submitted to a breeding system with natural mounting every eight months (intensive system). Mating lasted 36 days in all cases, starting on November 2nd, July 2nd and March 2nd. Ewes in the second treatment (annual system) were submitted to an annual breeding system with 45 days length. Mating was carried out by natural mounting starting on November 2nd every year, which concurs with the season of higher sexual activity in several breeds in the Mexican high plateau.[12]

Body condition of the ewes was periodically recorded in both groups, according to the scale (from one to five) proposed by Russel *et al.*[13] Because sheep in the intensive system had to be soon re-mated, they were supplemented with 500 g/ewe/day with a mixture of corn and soy paste (86:14) from lambing until the end of the next mating. Weaning was done when lambs were 60 days old. Ewes in the annual system did not received supplements.

Vasectomized males were introduced 15 days before the breeding onset, in order to stimulate the reproductive activity for both treatments, depending on the case, - synchronize or estrus induction -. When the vasectomized males were removed, fertile rams were introduced at a 5% ratio, starting the mating period. Oil with aniline was applied to rams in all cases in order to mark ewes in estrus. Lambs had access to exclusion areas (creep feeding) inside the confinement zone, with supplement ad libitum, from the day15 after the lambing onset.

In order to analyze data, ewes were classified according to its age into two groups: young ones (1.5 years old in average) and adults with more than one lambing (2.5 to 5 years old). Records included type of birth (single or twins) and date. At weaning, lamb deaths during the perinatal and posterior stages were considered. Variance analysis was used, considering as main effects: year, treatment (breeding system), lambing season, ewe's age, type of birth and the effects of all the possible interactions. Information was analyzed using SAS GLM.[14]

The evaluated variables were: fertility percentage, measured as the number of lambing ewes from those exposed to rams multiplied by 100, for each breeding; prolificacy, assessed as the number of lambs born from the ewes lambing; perinatal (stillbirth) mortality percentage, measured as the number of dead lambs from birth until the fist three days from all the born

tación fue pastoreo diurno de ocho a nueve horas, en franjas de praderas mixtas de alfalfa (*Medicago sativa*), pastos orchard (*Dactylis glomerata*) y rye grass (*Lolium perenne*) irrigadas por aspersión. Los animales disponían de sales minerales y agua *ad libitum*.

De un rebaño de aproximadamente 1 300 ovejas, se eligieron al azar 300 ovejas adultas (con más de un parto) y 60 jóvenes de reemplazo de la raza Columbia, las cuales fueron distribuidas en dos tratamientos al azar de 180 ovejas (150 adultas y 30 jóvenes) cada uno. Las ovejas en el primer tratamiento se sometieron a un sistema de empadre con monta natural cada ocho meses (sistema intensivo). En todos los casos los empadres tuvieron una duración de 36 días, y se iniciaron el 2 de noviembre, el 2 de julio y el 2 de marzo. Las ovejas del segundo tratamiento (sistema anual) se sometieron a un sistema de empadres anuales de 45 días de duración. Dichos empadres se llevaron a cabo con monta natural a partir del 2 de noviembre de cada año, que coincide con la época de mayor actividad sexual en diversas razas en el altiplano mexicano.[12]

En los dos grupos se registró periódicamente la condición corporal de las madres de acuerdo con la escala (de uno a cinco) propuesta por Russel *et al.*[13] Debido a la necesidad de reempadrar pronto a las ovejas del sistema intensivo, se complementaron con alrededor de 500g/cabeza/día de una mezcla de maíz y pasta de soya (86:14) desde el parto hasta la finalización del siguiente empadre. El destete se realizó a los 60 días de edad de los corderos. Las ovejas del sistema anual no recibieron complemento.

Con objeto de estimular la actividad reproductiva en los dos tratamientos, según el caso –sincronizar o inducir el estro–, 15 días antes del inicio del empadre se introdujeron machos vasectomizados. Al retirar estos machos se introducían los sementales, en proporción de 5%, y daba inicio el empadre. En todos los casos, a los carneros se les aplicaba, todos los días en el encuentro, aceite con anilina para marcar las ovejas en estro. En el lugar de encierro, a partir de los 15 días de iniciados los partos, los corderos tuvieron acceso a áreas de exclusión (*creep feeding*) con complemento *ad libitum*.

Para el análisis de la información, las madres se clasificaron de acuerdo con su edad en dos grupos: jóvenes (1.5 años en promedio), y adultas con más de un parto (de 2.5 a 5 años). Al momento del parto se registró el tipo (sencillo o gemelar) y la fecha de nacimiento, y al destete se consideraron las muertes de los corderos en la etapa perinatal y posterior. Se utilizó un análisis de varianza, considerando como efectos principales: el efecto de año, el tratamiento (sistema de apareamiento), época de parto, edad de la madre, tipo de parto y todas las posibles interacciones. La información se analizó utilizando SAS GLM.[14]

lambs multiplied by 100; weaning mortality percentage, assessed by the number of dead lambs after the first three days until weaning multiplied by 100; weaning rate, measured as the number of lambs weaned from the ewes exposed to rams.

The general model used to compare fertility, litter size, litter weight at weaning, survival rate and weaning rate was:

$$Yijklmno = \mu + Ai + Sj + Tk(j) + Wl(ij) + Pm + Xn + SPjm + SXjn + TPkm + TXkn + WXln + eijklmno$$

Yijklmno = fertility, litter size, survival rate, weaning rate and litter weight at its i-th effect of the year, j-th effect of the mating system, k-th effect of the breeding season, l-th effect of the lambing season, m-th effect of the type of birth, n-th effect of the ewe's age.

μ = mean
Ai = i-th effect of the year
Sj = j-th effect of the breeding season
Tk(j) = k-th effect of the breeding season nested in the j-th system
Wl(jk) = l-th effect of the lambing season nested in the k-th season and the j-th system
Pm = m-th type of birth
Xn = n-th effect of the ewe's age
All the possible interactions
E(ijklmno) = random error NID (0, σ^2)

After system evaluation, the analysis was performed for each of them.

Results

Ewes from both groups started the first mating with a body condition above 3. Animals lost body condition during milking in all cases. However, ewes from the annual system totally recovered their body condition before starting the next breeding, while ewes from the intensive system had a body condition lower or equal to 2.5 by the July and March breeding seasons. It was caused because the latter ones had less time to recover between breeding seasons.

Table 1 depicts the global performance information of fertility, prolificacy, and the weaning percentage of the two systems. Fertility was significantly higher ($P > 0.05$) in the annual system, compared to the intensive system. Differences among ages were found ($P < 0.05$): adult ewes were 6.1% superior to the young ones. Regarding prolificacy, sheep in the annual system had a mean of 0.2 more lambs per birth than those in the intensive system, with statistically significant difference ($P < 0.05$). Adult ewes were more prolific than the young ones ($P < 0.05$). In reference to the number of weaned lambs per ewe lambing and per breeding,

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de fertilidad, medida como el número de ovejas paridas de las expuestas a los sementales por 100, en cada empadre; prolificidad, medida como número de corderos nacidos de las ovejas paridas; porcentaje de mortalidad perinatal, medida como el número de corderos muertos del parto a los tres primeros días de todos los nacidos por 100; porcentaje de mortalidad al destete, medida como el número de corderos muertos después de los tres primeros días hasta el destete por 100; tasa de destete, medida como número de corderos destetados de las ovejas expuestas al semental.

Para comparar la fertilidad, tamaño de la camada, peso de la camada al destete, tasa de sobrevivencia y tasa de destete, se utilizó el modelo general:

$$Yijklmno = \mu + Ai + Sj + Tk(j) + Wl(ij) + Pm + Xn + SPjm + SXjn + TPkm + TXkn + WXln + eijklmno$$

donde Yijklmno = fertilidad, tamaño de la camada, tasa de sobrevivencia, tasa de destete, y peso de la camada en su i-ésimo efecto del año, j-ésimo efecto del sistema de apareamiento, k-ésimo efecto de la época de empadre, l-ésimo efecto época de parto, m-ésimo efecto del tipo de parto, n-ésimo efecto de la edad de la madre
μ = promedio
Ai = i-ésimo efecto del año
Sj = j-ésimo efecto del sistema de apareamiento
Tk(j) = k-ésimo efecto de la época de empadre anidada en el j-ésimo sistema
Wl(jk) = l-ésimo efecto época de parto anidada en la k-ésima época y el j-ésimo sistema
Pm = m-ésimo efecto del tipo de parto
Xn = n-ésimo efecto de la edad de la madre

Todas las interacciones posibles: E(ijklmno) = error aleatorio NID (0, σ^2)

Después de la evaluación de los sistemas, el análisis se realizó en cada uno de ellos.

Resultados

Las ovejas de ambos grupos iniciaron el primer empadre con una condición corporal superior a 3. En todos los casos, los animales perdieron condición corporal durante la lactancia. Sin embargo, las ovejas del sistema anual recuperaron totalmente su condición corporal antes de iniciar el siguiente empadre, mientras que las ovejas del sistema intensivo llegaron a los empadres de julio y marzo en condición corporal menor o igual a 2.5 debido a que tuvieron menor tiempo de recuperación entre empadres.

El Cuadro 1 presenta la información del comportamiento global de la fertilidad, la prolificidad y el porcentaje de destete de los dos sistemas. La fertilidad

the annual system presented 0.2 more lambs than the intensive system (P < 0.05), both systems together had a mean of 0.97 lambs per ewe per birth. In average adult ewes weaned 0.17 more lambs per birth than the young ones (P < 0.05).

Information regarding the performance of the different reproductive parameters for each mating done in the intensive system are shown in Table 2, considering ewe's age and the total per breeding and system. In each of the three breeding seasons, fertility was higher or close to 80%, with a system mean of 83.9%. No significant differences were observed for this parameter among the three seasons, but a difference was found between the young and adult ewes (P < 0.05). Prolificacy for this system has a mean of 1.12 lambs per birth; results were similar for the three breeding seasons (P > 0.05). Differences were also found between ages: adults presented more multiple births than the young ones (P < 0.05). Abortions were seen in both systems during the first breeding season, corresponding to November, which did not occur again in the following seasons. Regarding lamb mortality, the system mean was 5.3%, no differences were found among seasons or ages (P > 0.05). According to the time of death, perinatal mortality was between 3.7 and 5.4%, and

fue significativamente mayor (P < 0.05) en el sistema anual, comparado con el intensivo. Se encontraron diferencias entre edades (P < 0.05): las ovejas adultas fueron superiores en 6.1% a las jóvenes. Con respecto a la prolificidad, las ovejas del sistema anual tuvieron, en promedio, 0.2 corderos por parto más que las del sistema intensivo, con diferencia estadísticamente significativa (P < 0.05); las ovejas adultas tuvieron más prolificidad que las jóvenes (P < 0.05). En cuanto al promedio de corderos destetados por oveja de cría y por empadre, el sistema anual fue superior al intensivo en 0.2 corderos (P < 0.05), promediando ambos sistemas 0.97 corderos por oveja por parto. Las ovejas adultas destetaron, en promedio, 0.17 más corderos por parto que las jóvenes (P < 0.05).

El Cuadro 2 presenta la información referente al comportamiento de los diferentes parámetros reproductivos en cada uno de los empadres realizados en el sistema intensivo, considerando la edad de las ovejas y el total por empadre y sistema. Se observa que en cada una de las tres épocas de apareamiento la fertilidad fue superior o cercana a 80%, promediando el sistema 83.9%. No se encontraron diferencias para este parámetro entre las tres épocas, pero sí entre las ovejas jóvenes y las adultas (P < 0.05). La prolificidad

Cuadro 1

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO TOTAL EN LOS DOS SISTEMAS DE APAREAMIENTO (ANUAL E INTENSIVO) EN OVEJAS COLUMBIA EN PASTOREO

TOTAL REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN TWO BREEDING SYSTEMS (ANNUAL AND INTENSIVE) IN COLUMBIA BREED SHEEP UNDER GRAZING CONDITIONS

Characteristic	*Item*		*Mean*
Fertility (%)	System	Annual	88.3 ± 0.02[a]
		Intensive	83.9 ± 0.02[b]
	Age	Adult	87.0 ± 0.01[a]
		Young	80.9 ± 0.02[b]
	Total		85.5
Prolificacy	System	Annual	1.32 ± 0.02[a]
		Intensive	1.12 ± 0.02[b]
	Age	Adult	1.23 ± 0.01[a]
		Young	1.11 ± 0.03[b]
	Total		1.2
Weaning rate	System	Annual	1.09 ± 0.04[a]
		Intensive	0.89 ± 0.03[b]
	Age	Adult	1.02 ± 0.02[a]
		Young	0.85 ± 0.04[b]
	Total		0.97

[a,b] For each variable and every *item*, values that do not share at least one letter are significantly different (P < 0.05)

that for weaning time was between 0.6 and 2.7. For the number of weaned lambs per birth per ewe lambing, the mean of the system was 0.88; there were no difference among seasons (P > 0.05), but it was seen between ages, since adult ewes weaned more lambs (P < 0.05).

Table 3 depicts the information regarding the performance of reproductive parameters in the annual system, considering the ewes age and the total per breeding and system. The system mean fertility in the

para este sistema promedió 1.12 corderos por parto; los resultados fueron similares en los tres empadres (P > 0.05). También se encontraron diferencias entre edades: las adultas presentaron más partos múltiples que las jóvenes (P < 0.05). En ambos sistemas se presentaron abortos durante el primer empadre, correspondiente al mes de noviembre, lo cual no volvió a ocurrir en los siguientes empadres. Respecto de la mortalidad de corderos, el promedio del sistema fue de 5.3%, no se encontraron diferencias entre épocas ni entre

Cuadro 2

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN OVEJAS COLUMBIA SOMETIDAS A APAREAMIENTO INTENSIVO CADA OCHO MESES

REPRODUCTIVE PERFORMANCE IN COLUMBIA BREED SHEEP SUBMITTED TO INTENSIVE BREEDING EVERY 8 MONTHS

		Breeding season			
Variable	*Age*	*1st*	*2nd*	*3rd*	*Total*
Fertility (%)	A	81.3 ± 0.02	89.9 ± 0.03	83.6 ± 0.03	84.9 ± 0.01[a]
	Y	76.6 ± 0.06	80.0 ± 0.06	79.3 ± 0.06	78.6 ± 0.03[b]
Total fertility (%)		79.0 ± 0.03	84.9 ± 0.03	81.4 ± 0.03	83.9
Prolificacy	A	1.13 ± 0.02	1.15 ± 0.02	1.12 ± 0.02	1.13 ± 0.01[a]
	Y	1.0 ± 0.06	1.04 ± 0.06	1.08 ± 0.06	1.04 ± 0.03[b]
Total prolificacy		1.06 ± 0.03	1.09 ± 0.03	1.10 ± 0.03	1.12
Abortions (%)	A	8.0	0	0	2.7
	Y	6.6	0	0	2.2
Total Abortions (%)		7.7	0	0	2.6
Total mortality	A	5.1	5.2	5.7	5.3
	Y	0	8.0	8.0	5.4
Total Mortality (%)		4.3	5.5	6.0	5.3
Perinatal mortality (%)	A	4.3	3.2	5.0	4.16
	Y	0	0	8.0	2.7
Total perinatal mortality (%)		3.7	2.7	5.4	3.9
Weaning mortality (%)	A	0.7	2.0	0.6	1.18
	Y	0	4.0	0	2.7
Total weaning mortality (%)		0.6	2.7	0.6	1.4
Weaning rate	A	0.85	0.98	0.87	0.90 ± 0.02[a]
	Y	0.76	0.76	0.79	0.77 ± 0.05[b]
Total weaning		0.81 ± 0.05	0.87 ± 0.05	0.83 ± 0.05	0.88

A = Adults; Y = Young ones

The 1st breeding corresponds to November, the 2nd to July and the 3rd one to March.

Different letters in the total column mean difference (P < 0.05)

Different letters within total lines of each item mean difference (P < 0.05)

two years was 88.3%. No difference was found among breading season (P > 0.05), but it was found between ages in the global system (P < 0.05). Regarding the prolificacy behavior, the system mean was 1.32, with differences among breeding seasons (P < 0.05). There was no difference between ages within each mating (P > 0.05), however a difference was observed in the global system, in which the adults showed more prolificacy (P < 0.05). The mean mortality up to the weaning period was 6.4%, for the perinatal period was 4.5%, and 2.0% at weaning. The system mean for weaned lambs per lambing ewe was 1.09, with differences edades (P > 0.05). De acuerdo con el momento de la muerte, se encontró que la perinatal se ubicó entre 3.7% y 5.4% y la que se dio hasta el destete entre 0.6% y 2.7%. En cuanto a corderos destetados por parto oveja de cría, el promedio del sistema fue de 0.88%, no hubo diferencias entre empadres (P > 0.05), pero sí entre edades, ya que las ovejas adultas destetaron más corderos (P < 0.05).

El Cuadro 3 presenta información del comportamiento de los parámetros reproductivos en el sistema anual, considerando la edad de las ovejas y el total por empadre y sistema. La fertilidad promedio del sistema

Cuadro 3

COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO EN OVEJAS COLUMBIA SOMETIDAS A UN APAREAMIENTO ANUAL

REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF COLUMBIA BREED SHEEP SUBMITTED TO ANNUAL BREEDING

		Breeding season		
Parameters	*Age*	*1º*	*2º*	*Total*
Fertility (%)	A	86.6 ± 0.02	92.0 ± 0.02	89.3 ± 0.01[a]
	Y	80.0 ± 0.05	86.6 ± 0.05	83.3 ± 0.04[a]
Total fertility (%)		83.3 ± 0.03[a]	89.3 ± 0.03[b]	88.3
Prolificacy	A	1.19 ± 0.03	1.47 ± 0.03	1.33 ± 0.02[a]
	Y	1.0 ± 0.08	1.34 ± 0.08	1.17 ± 0.06[b]
Total prolificacy		1.1 ± 0.04[a]	1.40 ± 0.04[b]	1.32
Abortions (%)	A	2.66	0.6	1.6
	Y	10.0	0	5.0
Total abortions (%)		3.8	0.5	2.2
Total mortality	A	3.2	8.6	6.4
	Y	4.1	8.3	6.6
Total mortality (%)		3.3	8.6	6.4
Perinatal mortality (%)	A	3.2	5.7	4.7
	Y	4.1	2.7	3.3
Total perinatal mortality (%)		3.3	5.3	4.4
Weaning mortality (%)	A	0.0	3.0	1.7
	Y	0	5.7	3.4
Total weaning mortality (%)		0.0	3.4	2.0
Weaning rate	A	1.00 ± 0.04	1.24 ± 0.04	1.12 ± 0.03[a]
	Y	0.76 ± 0.11	1.1 ± 0.11	0.93 ± 0.07[b]
Total weaning		0.95 ± 0.06[a]	1.23 ± 0.06[b]	1.09

A = Adults; Y = Young ones.

The 1st breeding corresponds to November in the first year and the 2nd to November the following year.

Different letters in the total column mean difference (P < 0.05)

Different letters within total lines of each item mean difference (P < 0.05)

among seasons and ages; more lambs were weaned in the second season and by the adult ewes ($P < 0.05$).

The efficacy of the sheep lambing according to the type of system (intensive or annual) is shown in Table 4. It is seen that ewes in the intensive system, lambing at least once in any of the three seasons, but only 55.7% did it in the three breeding seasons. Therefore, almost 45% of the sheep stopped lambing at least in one of the three seasons in which they took part. In the annual system, 80% of the ewes gave birth in the two seasons in which were mated, while the resting 20% stopped lambing at least in one occasion.

Biological and productive efficacies of each systems were determined by two ways: the first one by the weaned lambs per ewe and per system; for the second one, the kilograms of lamb produced per ewe, according to the system, were considered. Table 5 presents information related to system and ewe age. Differences were found inside each system regarding age, for kilograms of lamb produced in the two years, adults were superior ($P < 0.05$). Information of productivity according to system is synthesized in the same table, based on weaned lambs in the two years, the total kilograms of lamb produced in the two years and the mean kilograms of lamb at 60 days of age produced per adult ewe lambing, primiparous and total. It is observed that the intensive system was superior to the annual in all of the traits ($P < 0.05$).

Discussion

One of the restrictions of the intensive breeding systems is that in total or partial seasonal breeds, at least one of the breeding seasons usually coincides with a low or null reproductive activity. In the north hemisphere this low activity season usually extends from February to July,[4,8,9,15] and varies according to breed and latitude. This biological restriction for frequent re-mating of the ewes is greater for those breeds with a marked seasonal reproductive behavior. Therefore, when these systems have been tried on these kind of breeds, artificial induction of the reproductive activity had to be implemented.[5,16,17]

Results from this study show the possibility to perform mating at the latitude it was done and in a season considered as critical,[18,19] which lasts from February until June. De Lucas *et al.*[12] found a seasonal reproductive performance in breeds such as Suffolk, Romney or Corriedale, and an important decrease of the reproductive activity between February and June in the Rambouillet and Creole breeds, all cases at the same latitude of the present study. Based on the aforesaid, it was expected for the Columbia breed to have a poor reproductive response or even null in the March mating of the intensive system, since the Columbia

en los dos años fue de 88.3%. No se encontraron diferencias entre apareamientos ($P > 0.05$), pero sí entre edades en el sistema global ($P < 0.05$). Respecto del comportamiento de la prolificidad, el promedio del sistema fue de 1.32, con diferencias entre empadres ($P < 0.05$). Entre edades no hubo diferencias dentro de cada apareamiento ($P > 0.05$), pero sí en el global, en el que las adultas mostraron mayor prolificidad ($P < 0.05$). La mortalidad hasta el destete promedió 6.4%, a la perinatal correspondió 4.5%, y al destete, 2.0%. En cuanto a corderos destetados por oveja de cría, se encontró que el promedio del sistema fue de 1.09, con diferencias entre empadres y edades; en el segundo empadre y en las ovejas adultas fue donde se destetaron más corderos ($P < 0.05$).

El Cuadro 4 muestra la eficiencia de parición en las ovejas según el sistema intensivo o anual. Se observa que las ovejas en el intensivo al menos parieron una vez en alguno de los tres empadres, pero sólo 55.7% parió en las tres ocasiones en las que se llevaron a cabo empadres, por lo que casi 45% de las ovejas dejó de parir por lo menos en uno de los tres empadres en los que participaron. En el sistema anual, 80% de las ovejas parieron en las dos ocasiones en que fueron empadradas, mientras que el restante 20% dejó de parir por lo menos en una ocasión.

La eficacia biológica y productiva de cada uno de los sistemas se determinó de dos formas: para la primera, en los corderos logrados por oveja de cría y por sistema; para la segunda se consideraron los kilogramos de cordero producido por oveja de cría, de acuerdo con el sistema. En el Cuadro 5 se presenta la información de acuerdo con el sistema y la edad de la oveja. Dentro del sistema se encontraron diferencias respecto a la edad, en los kilogramos de cordero producidos en los dos años, las adultas fueron superiores ($P < 0.05$). En el mismo cuadro se sintetiza la información de la productividad de acuerdo con el sistema, en cuanto a corderos logrados en los dos años, de los kilogramos totales de cordero producidos en los dos años y del promedio de kilogramos de cordero de 60 días de edad producidos por cada oveja de cría adulta, primala y total. Se observa que el sistema intensivo fue superior al anual en todos los rubros ($P < 0.05$).

Discusión

Una limitante en la aplicación de sistemas intensivos de apareamiento es que en razas total o parcialmente estacionales, al menos una de las épocas de empadre suele coincidir con una baja o nula actividad reproductiva. En el hemisferio norte esta época de baja actividad suele extenderse de febrero a julio,[4,8,9,15] y varía según la raza y la latitud. Esta limitante biológica para poder aparear frecuentemente a las ovejas

Cuadro 4

EFICACIA DEL SISTEMA INTENSIVO Y DEL SISTEMA ANUAL EN LA TASA DE PARICIÓN DE OVEJAS DE RAZA COLUMBIA EN PASTOREO

EFFICACY OF THE INTENSIVE AND ANNUAL SYSTEMS REGARDING LAMBING RATE OF EWES OF THE COLUMBIA BREED UNDER GRAZING CONDITIONS

System	*Non-lambing ewes*		*Ewes lambing once*		*Ewes lambing twice*		*Ewes lambing three times*		*Lambing / ewe*
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Intensive	0	0	10	5.7	68	38.6	98	55.7	2.5
Annual	6	3.3	30	16.6	144	80			1.8

Cuadro 5

EVALUACIÓN BIOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE LOS DOS SISTEMAS DE APAREAMIENTO (ANUAL E INTENSIVO) EN OVEJAS COLUMBIA

BIOLOGICAL AND REPRODUCTIVE EVALUATION OF TWO BREEDING SYSTEMS (ANNUAL AND INTENSIVE) IN COLUMBIA BREED SHEEP

System	*Age*	*Num.*	*Lambs produced in two years total*	*Lambs produced in two years / ewe*	*Total lamb kilograms produced in two years total*	*Lamb kg in two years / Ewe lambing*
Annual	A	150	337	2.2 ± 0.07	7 049.5	46.8 ± 1.4[a]
	Y	30	55	1.8 ± 0.16	1 262.7	42.0 ± 3.3[b]
Intensive	A	148	409	2.6 ± 0.07	9 010.3	59.8 ± 1.6[a]
	Y	29	69	2.3 ± 0.16	1 561.4	52.0 ± 3.0[b]
Totals						
Intensive			**478**	2.49 ± 0.08[a]	10 571.7[a]	55.9 ± 1.8[a]
Annual			**394**	2.05 ± 0.08[b]	8 312.2[b]	44.4 ± 1.8[b]
Adults			**741**	2.46 ± 0.05[a]	16 059.8	53.3 ± 1.0[a]
Young ones			**129**	2.08 ± 0.11[b]	2 824.1	47.0 ± 2.3[b]
Total			**870**	2.4	18 840.4	52.3

Different letters within column mean statistical difference ($P < 0.05$)

A = Adults; Y = Young ones

breed has been described as a seasonal breed at other latitudes.[20] Actually, there are studies to take Columbia sheep out of seasonal anestrous by the use of melatonin or photoperiod manipulation.[21]

Notwithstanding the aforementioned, fertility in the March mating reached 83.6%, that can be considered as satisfying for a breed considered as seasonal

es mayor en aquellas razas con un comportamiento reproductivo estacional marcado. Por ello, cuando se han intentado estos sistemas en ese tipo de razas se ha tenido que recurrir a la inducción artificial de la actividad reproductiva.[5,16,17]

Los resultados de este estudio muestran la posibilidad de realizar apareamientos en la latitud en que

in the non-reproductive season. These good results were due to the "male effect" caused by the introduction of teaser males before the breeding onset, which induced the beginning of the reproductive activity in the ewes.[22] The other two breeding seasons, done within the breeding seasons in the fall (November) and summer (July), in the intensive system, showed a behavior similar to that from other studies that compared breeding seasons in the country,[18,19] allowing that global fertility to reach almost 85%.

It is important to point out that the fertility reached in the intensive system was achieved despite the presence of abortions during the first breeding and the general low body condition (lower than three) of the lambing ewes at the re-mating time. However, it is important to remember that this herd received feed supplement during milking, resting and mating periods, aiming to avoid excessive losses of condition and weight. It is also important to keep in mind that because this study was done in a farm with irrigated grasslands, the animals had good quality forage in all of the year seasons. It seems that the recovery observed in the ewes was enough to get an approximate 80% pregnancy in each of the re-mating. There is evidence about the benefic effects that changes in condition (body weight) immediately before and after breeding have on reproductive rate. In fact, this is the principle and goal of the flushing utilization (overfeeding or supplement used before and during breeding), particularly in thin animals.[23-26] Scaramuzzi and Radford[27] made a review on the factors that regulate ovulation rates in sheep; they suggest that the ovary is capable of responding in a short time when additional feeding is provided.

Prolificacy was low in the intensive system, with a mean of 1.12 lambs per birth, compared to the 1.32 mean of the annual system. This result was probably caused by the intensity of the reproductive handling that was reflected on a lower body condition when the new breeding started; ewes that were milking did not even reached a three in a five-point-scale, and those milking twins had lower scores. It is known that body condition is tightly related to ovulatory rate; therefore, with the amount of lambs per birth,[28,29] so that ewes with a better body condition, will have a higher rate of multiple births.[30,31]

Gunn[32] mentions that ewes with a thin condition and in good quality grazing (similar to the conditions in this study) eat up to 35% more than the fat ones. This author also found that the number of lambs was affected by comparing ewes gaining, maintaining or losing weight, in such a way that those losing weight have less lambs than those gaining it. Finally, despite the mention about the need to perform more research on the subject, when ewes with different body condi-

se desarrolló este trabajo y en una época considerada crítica,[18,19] la cual se extiende de febrero a junio. En la latitud en la que se llevó a cabo el presente trabajo, De Lucas *et al.*[12] encontraron en razas como Suffolk, Romney o Corriedale, un comportamiento reproductivo estacional, y en la raza Rambouillet y en ovinos Criollos, un descenso importante de la actividad reproductiva entre febrero y junio. Con base en ello, se esperaba que al utilizar la raza Columbia la respuesta reproductiva fuera mala o incluso nula en el empadre de marzo del sistema intensivo, ya que en otras latitudes se ha descrito a la Columbia como una raza estacional.[20] De hecho, hay estudios para sacar a las ovejas Columbia del anestro estacional a través del uso de melatonina o la manipulación del fotoperiodo.[21]

No obstante lo anterior, la fertilidad en el apareamiento de marzo alcanzó 83.6%, que puede considerarse satisfactorio para una oveja considerada estacional en época no reproductiva. Estos buenos resultados se debieron al "efecto macho" provocado por la introducción de machos celadores antes del inicio del empadre, los cuales indujeron el inicio de la actividad reproductiva en las hembras.[22] Los otros dos empadres del sistema intensivo, al haberse realizado dentro de la estación de apareamiento en otoño (noviembre) y verano (julio), mostraron un comportamiento parecido a otros trabajos que comparan épocas de apareamiento en el país,[18,19] permitiendo con ello que la fertilidad global fuera de casi 85%.

Hay que mencionar, además, que la fertilidad alcanzada en el sistema intensivo se logró a pesar de que se presentó un problema de abortos en el primer apareamiento, y de que en general las ovejas paridas se encontraban en una condición corporal baja (inferior a tres) al momento de ser nuevamente empadradas. Sin embargo, es importante recordar que este rebaño recibió complemento durante la lactancia, el periodo de descanso y el empadre, con objeto de evitar pérdidas de condición y de peso excesivos. También es importante tener en cuenta que el trabajo se realizó en una explotación con praderas irrigadas, por lo que los animales contaban con forraje de buena calidad en todas las épocas del año. Tal parece que la recuperación que venían mostrando las ovejas fue suficiente para que en cada ocasión alrededor de 80% de ellas volviera a quedar gestante. Existen evidencias de que el cambio de condición (peso corporal) inmediatamente antes y durante el apareamiento suele tener efectos benéficos sobre la tasa reproductiva, de hecho ése es el principio y objeto de la utilización del *flushing* (sobrealimentación o complemento que se utiliza antes y durante el empadre), particularmente en animales delgados.[23-26] Scaramuzzi y Radford,[27] en su revisión sobre los factores que regulan la tasa de ovu-

tion were compared it was shown that thinner ewes (condition 2) had a tendency of a lower ovulatory rate at the time of breeding than those with better condition (condition 3).

The second reason for the low prolificacy obtained may be due to the influence of the breeding season, as shown by multiple evidence of variations in ovulatory rates, therefore, in the amount of birth lambs; prolificacy is generally higher in the fall and lower in the rest of the year.[33,34] The aforementioned does not rule out the possibility that a combined effect of condition and season may have occurred, as suggested by Montgomery *et al.*[35]

Optimum fertility and prolificacy were expected in both breeding seasons in the annual system since both were done in an advanced stage of the breeding season,[12] the moment when the maximum ovarian activity is reached and the best reproductive parameters are achieved.[18,19,36,37] However, in spite of the good results in both years, fertility as well as prolificacy were significantly higher during the second mating. The causes of this could not be identified.

A body condition higher than three at the time of breeding was another factor contributing to the good results in the annual system and, as it has been said before, a good body condition promotes a better reproductive performance, particularly on fertility, prolificacy and ewe productivity, as reported by Bunge *et al.*[38] Abortions happened during the fist mating in the herd submitted to this system, which affected fertility (83.3% mean). However, it was similar to the one achieved in the second mating (89.3%), obtaining a mean of 88.3% for the system. Reports on fertility for this mating are between 84% and 87%.[39]

There is no clear explanation for the poor prolificacy in the first breeding of the annual system, which is below 1.09 lambs, except that the abortion problem previously mentioned might have had other effects, such as disguising the loss of fetus in ewes that did lambing to only one lamb. The previous statement emerges from the substantial improvement in the second breeding the following year, in which a significant change is observed. It shows, in fact, the prolificacy possibilities for this breed in the country, since 1.4 lambs (1.5 with the non-adjusted data) were achieved per lambing in the second mating. The only previous report for this breed in Mexico points out a 1.1 prolificacy.[40] Records for this breed in other countries have diverse numbers that, in general, are around 1.5 or higher, as in the case of Lewis and Burfening[41] who report a 1.41 prolificacy or Okut *et al.*[42] with 1.16 lambs in ewes younger than one year of age, 1.58 in adults from two to three years and 1.78 for sheep older than three years, or Bromley *et al.*[43] with 1.61. When different breeds are compared in Mexico, this

lación en las ovejas, sugieren que el ovario es capaz de responder en un tiempo corto cuando se proporciona alimentación adicional.

La prolificidad en el sistema intensivo fue baja, al promediar 1.12 corderos por parto en comparación con 1.32 obtenido en el sistema anual. Este resultado probablemente se debió a la intensidad del manejo reproductivo, que se reflejó en una menor condición corporal con la que llegaban al nuevo apareamiento, las ovejas que estaban lactando, ya que no alcanzaban el tres en una escala de cinco, incluso las que amamantaban gemelos tenían cifras más bajas. Se sabe que la condición corporal guarda una estrecha relación con la tasa ovulatoria y, por ende, con la cantidad de corderos nacidos,[28,29] de tal manera que aquellas ovejas que se encuentran en una mejor condición de peso, tendrán una tasa de partos múltiples mayor.[30,31]

Gunn[32] menciona que aquellas ovejas de condición delgada que se encuentran en pastoreo de buena calidad (parecido a las condiciones del presente estudio) comen hasta 35% más que las gordas. Este autor, al comparar ovejas que estaban ganando peso, lo mantenían o lo estaban perdiendo, también encuentra que la cantidad de corderos se veía afectada, de tal manera que aquellas que estaban perdiendo peso tenían menos corderos que las que lo ganaban. Finalmente, si bien menciona que se requiere más investigación, al comparar ovejas de diferente condición corporal, muestra cómo las ovejas delgadas (condición 2) al momento del apareamiento presentaban una tendencia a una menor tasa ovulatoria que las de mejor condición (condición 3).

La segunda razón de la baja prolificidad obtenida puede obedecer a la influencia que ejerce la estación de apareamiento, como lo muestran múltiples evidencias de variaciones en la tasa ovulatoria y, por ende, en la cantidad de corderos nacidos; la prolificidad generalmente es mayor durante el otoño y menor en otras épocas del año.[33,34] Lo anterior no descarta que se haya presentado un efecto combinado de condición y estación, como lo sugieren Montgomery *et al.*[35]

En el sistema anual se esperaba óptima fertilidad y prolificidad en ambos empadres debido a que los dos se realizaron ya avanzada la estación de apareamiento,[12] que es el momento en que se alcanza la máxima actividad ovárica y se logran los mejores parámetros reproductivos.[18,19,36,37] Sin embargo, aunque los resultados de ambos años fueron buenos, tanto la fertilidad como la prolificidad fueron significativamente mayores durante el segundo empadre, sin que haya sido posible identificar las causas de la diferencia.

Otro factor que contribuyó a los buenos resultados en el sistema anual fue que la condición corporal al momento del apareamiento era superior a tres, y como ya se ha mencionado, una buena condición-peso

parameter is equal or higher from other breeds, even those specialized in meat production as Suffolk,[18,44-47] Rambouillet[10,48,49] or Corriedale.[19,50]

One last factor that affected prolificacy in both systems is age of the sheep. There are multiple proves reported in literature that demonstrate that young and old animals have lower prolificacy, so that in adulthood they reach the better rates.[28,51] Results in this study were not the exception, they show the superiority of adult over the young ewes for this parameter. This difference was present in both system and all breeding seasons.

Lamb mortality is one of the factors that may directly influence the weaning rates; it can be divided in two: around birth, known as perinatal, that is usually the most important, and mortality until weaning. Reproductive efficacy can be seriously affected when these deaths reach significant levels. Perinatal and weaning mortality rates in this study can be considered as low, since the first one was around 4% in the two systems and the second one was 1.18% and 1.7% for the intensive and annual systems, respectively. Studies done in the United States of America,[52] as well as in Mexico, show higher rates.[44,47,49] For the goal of this study it is important to remark that mortalities were below 6% in all occasions, except the last breeding of the annual system, that had a 8.6% mortality, probably caused by the elevated prolificacy observed in this season, when compared to the rest. Even though the mortality causes were diverse in the perinatal stage, the principal was starvation–exposure syndrome that generally is within the most important mortality causes all around the world, more frequently in multiple births.[52-55]

Usually, weaning rate is the most important parameter associated to efficacy of the ovine industries in the United Stated of America. It is in fact considered as the main challenge for the development of this industry.[55] Mexico is not an exception, if literature on the so called traditional and technical systems is reviewed, it is found that the number of lambs weaned per lambing ewe, regardless of breed or production system, is close or lower to one, an in exceptional occasions it approximates to 1.5.[18,19,46-50,56]

The importance of the weaning rate or percentage lies in the fact that it evaluates the reproductive efficacy of the flock for each mating in a global fashion by considering: fertility, prolificacy and mortality of the lambs until weaning. The differences in the global weaning rate found in this study between the annual and intensive systems can be fundamentally explained by the difference in prolificacy, since the other components of this parameter, which are fertility and lamb mortality rate, were similar between systems. Some studies such as those from Ercanbrack and Knight,[57]

influye favorablemente sobre un mejor comportamiento reproductivo, particularmente en la fertilidad, la prolificidad y la productividad de la oveja, como lo señalan Bunge *et al.*[38] En el rebaño sometido a este sistema también se presentó el problema de abortos en el primer empadre, que lo afectaron en su fertilidad (promedio de 83.3%); sin embargo, fue similar a la lograda en el segundo empadre con 89.3%, promediando el sistema 88.3%. Los informes para fertilidad en esta raza la ubican en 84% y 87%.[39]

En el sistema anual no hay una explicación clara de la mala prolificidad en el primer empadre, en el que no rebasa 1.09 corderos, salvo que el problema de abortos ya mencionado haya tenido otros efectos, como haber enmascarado la pérdida de fetos en ovejas que sí llegaron a término con un solo cordero. La especulación anterior se deriva de la mejora sustancial en el segundo empadre al siguiente año, en el que se observa un cambio significativo y que muestra, de hecho, las posibilidades de la prolificidad para esta raza en el país, ya que se lograron 1.4 (1.5 con datos no ajustados) corderos por parto en el segundo empadre. El único informe previo disponible para la raza en el país señala una prolificidad de 1.1[40] Los registros para esta raza en otros países mencionan cifras diversas que, en general, se ubican alrededor del 1.5 o algo superiores, como el 1.41 señalado por Lewis y Burfening,[41] o las de Okut *et al.*[42] de 1.16 en ovejas jóvenes de un año, de 1.58 en adultas de dos a tres años y 1.78 en maduras con más de tres años, o el 1.61 mencionado por Bromley *et al.*[43] Comparativamente con otras razas, en el país este parámetro se encuentra igual o por encima de algunas, incluso especializadas en la producción de carne como la Suffolk,[18,44-47] la Rambouillet[10,48,49] o la Corriedale.[19,50]

Un último factor que afectó la prolificidad en ambos sistemas es la edad de las ovejas. Existen múltiples evidencias registradas en la literatura que demuestran que los animales jóvenes y viejos tienen una menor prolificidad, por lo que durante la madurez se alcanzan las mejores tasas.[28,51] Los resultados de este trabajo no fueron la excepción, por lo que en ellos se puede apreciar la superioridad de las ovejas adultas sobre las jóvenes en este parámetro, diferencia que se manifestó en ambos sistemas y en todas las épocas de empadre.

Uno de los factores que puede influir directamente sobre la tasa de destete es la mortalidad de los corderos, que puede dividirse en dos: alrededor del nacimiento, conocida como perinatal, que suele ser la más importante, y la que se da hasta el destete. La eficiencia reproductiva se puede ver afectada severamente cuando estas muertes alcanzan niveles significativos. Las tasas encontradas en este estudio, para mortalidad perinatal y para mortalidad hasta el destete, se

that considered these parameters, found between 0.91 to 0.92 lambs per ewe per birth. Meanwhile Okut et al. 42 reported a litter size at weaning for the Columbia breed of 0.80 for young ewes, for 1.28 adults and for 1.44 mature ones. However, in this paper the figures do not refer to the number of weaned lambs per ewe exposed to the rams, as the weaning rate was assessed in this study, but to the number of weaned lambs per ewe lambing. Finally, Vesely *et al.*[58] recorded a rate of 1.29 for this breed, which is similar to that obtained as average of the two annual breeding seasons in this study.

The annual breeding systems seem to yield better weaning rates than the intensive ones, under handling conditions that do not imply hormone use or prolific breeds. For example, Fogarty *et al.*,[36] reported better fertility, prolificacy and weaning rates in the annual system regarding the intensive breeding systems, for several breeds such as Rambouillet, Targhee, Dorset, Suffolk, Finnish-Landrace and crosses. This difference was also observed in the present study, in which results for each breeding were better in the annual system; even though the total accumulated number of lambs obtained was higher in the three breeding seasons of the intensive system than in the annual system.

Because in this study the superiority of the intensive system regarding the total amount of lambs obtained along two years is derived from the higher number of lambings per ewe per year, it is convenient to ask questions about improving the weaning rates; for example, what would have happened in the annual system if prolificacy was not affected in the first mating, and if ways to increase it were looked for. Crosses between prolific breeds have been done in order to elevate lamb production by prolificacy increase for annual systems in other latitudes, where seasonality is an important limiting factor for mating intensity.[59] For example, Lewis and Burfening[41] showed the superiority of the crossed sheep Finnish-Landrace (characterized by its high prolificacy) regarding other breeds as Columbia, Rambouillet or Targhee, both in the number of born lambs and weaned lambs per ewe exposed to mating. Similar results were found by Fogarty et al[36] Another option has been selection by prolificacy, as confirmed by some evidences.

Global lamb production and per ewe exposed to breeding can be used to evaluate the biological efficacy of the breeding systems. The superiority of the intensive system is remarkable in the results of this study, by producing 478 lambs in two years, that represents 2.6 lambs per ewe exposed to rams, against the 394 lambs obtained in the annual system during the same period, which represents 2.18 lambs per ewe exposed to rams. Notwithstanding the scantiness of studies comparing the annual (traditional) against

pueden considerar bajas, ya que la primera se ubicó en alrededor de 4% en los dos sistemas y la segunda en 1.18% y 1.7% en los sistemas intensivo y anual, respectivamente. Trabajos realizados tanto en los Estados Unidos de América[52] como en México muestran cifras más altas.[44,47,49] Para el objeto del presente trabajo es importante destacar que las tasas de mortalidad se mantuvieron por debajo de 6% en todas las ocasiones, excepto en el último empadre del sistema anual, en el que la mortalidad total se elevó a 8.6%, posiblemente debido a la prolificidad superior encontrada en dicho empadre, en comparación con todos los demás. Si bien las causas de muerte fueron variadas en la etapa perinatal, la principal fue el síndrome de inanición-exposición, éste, en términos generales, se encuentra dentro de las causas más importantes de muerte registradas en el mundo, más frecuentemente en partos múltiples.[52-55]

La tasa de destete suele ser el parámetro más importante asociado con la eficiencia de las industrias ovinas en los Estados Unidos de América, de hecho se le considera el mayor reto para el desarrollo en esta industria.[55] México no es la excepción, cuando se revisa la literatura tanto de sistemas llamados tradicionales como tecnificados, se encuentra que el número de corderos destetados por oveja de cría, indistintamente de raza o sistema de producción, es cercana o inferior a uno, y excepcionalmente se aproxima a 1.5.[18,19,46-50,56]

La importancia de la tasa o porcentaje de destete radica en que evalúa en forma global la eficacia reproductiva del rebaño, derivada de cada empadre, al considerar la fertilidad, la prolificidad y la mortalidad de los corderos hasta el destete. Las diferencias encontradas en el presente trabajo en la tasa global de destete entre el sistema anual y el intensivo, se pueden explicar fundamentalmente por la diferencia en la prolificidad, ya que los otros componentes de este parámetro, que son la fertilidad y la tasa de mortalidad de los corderos, fueron similares entre sistemas. Algunos estudios, como el de Ercanbrack y Knight,[57] que consideraron estos parámetros, encontraron entre 0.91 y 0.92 corderos por oveja por parto, mientras que Okut *et al.*[42] dan cifras del tamaño de la camada al destete para la Columbia, de 0.80 en jóvenes, de 1.28 en adultas y de 1.44 en maduras. Sin embargo, las cifras de dicho autor no se refieren al número de corderos destetados por cada oveja expuesta al semental, forma como se calculó la tasa de destete en el presente trabajo, sino al número de corderos destetados por oveja parida. Finalmente, Vesely *et al.*[58] registran para esta raza una tasa de 1.29, cifra parecida a la obtenida como promedio de los dos empadres anuales en este estudio.

Bajo condiciones de manejo que no implican el uso de hormonas o razas prolíficas, tal parece que en los

the intensive breeding systems, done in natural conditions (without using hormones), they generally concur that lamb production is higher in the intensive systems. For example, Jelbart and Dawe[60] report that the intensive system produced 0.53 more lambs per ewe per year. Similar results were found by Mancilla *et al.* 48 in confined Rambouillet ewes. When inductors of the reproductive activity are used, such as hormones and photoperiod, results also favor the intensive systems.[5] However, there have been occasions in which the intensive system had not been superior to the annual system, as informed by Cardenas,[3] who did not find any advantage for the intensive versus the annual systems, regarding lambs produced per ewe working with Pelibuey breed. On the other hand, Fogarty *et al.*[36] did an extensive study, in which besides comparing the annual against an eight-month intensive system, they also compared breeding seasons, finding an evident superiority of the annual system.

A second focus on the system reproductive efficacy is the ewe efficacy within it. The analysis of the intensive systems shows that only 55.7% of the ewes succeeded at lambing the three times that corresponded to the intensive system (Table 8). While in the annual system 80% of the ewes gave birth only in two occasions. These results yield a high inefficacy grade in the intensive system. Few studies report about the percentages of lambing ewes in all of the breeding seasons of an intensive system. However, when this data is presented, it generally makes clear an inefficacy similar to the one found in this study. For example, O´Ferrall[61] mentions that in Finn-Dorset crossed sheep, only 56% of the ewes produced lambs in three consecutive lambings, while Cardenas,[3] recorded 69% for Pelibuey sheep. Finally, Urrutia[62] studied four breeding seasons in Rambouillet sheep, finding that only 23.1% succeeded at lambing in the four occasions. These results point out the need of a more detailed analysis, in order to establish the possible causes of the high percentage of non-lambing ewes in the intensive systems, as it could be the birth effect on the following breeding, loss of body condition, or even the seasonality effect.

Finally, it must be said that a previous work reported the growth of the lambs born as result from the present study, demonstrating that both, final weight and that at 60 days of age were similar in lambs from both groups.[63] Therefore, the total amount of lamb kilograms produced depended on the number of weaned lambs per system, and not of the weight of said lambs. In the intensive system, the season of the year did not have effect on the weight of weaned lamb, which surely was due to the use of irrigated grasslands.

The present study demonstrates the possibility that, with the support of the "male effect" and irri-

sistemas anuales de apareamiento se registran mejores tasas de destete que en los intensivos. Por ejemplo, Fogarty *et al.*[36] en diversas razas como Rambouillet, Targhee, Dorset, Suffolk, Finnish-Landrace y cruzas, señalan mejores tasas de fertilidad, prolificidad y destete en el sistema anual que en los empadres intensivos. Esta diferencia también se observó en el presente estudio, en el que los resultados por cada empadre fueron mejores en el sistema anual, aunque el número total acumulado de corderos obtenidos fue mayor en los tres empadres del sistema intensivo que en los dos empadres del sistema anual.

Dado que en el presente trabajo la superioridad del sistema intensivo con respecto a la cantidad total de corderos logrados a lo largo de dos años se deriva del mayor número de partos por oveja por año, conviene hacerse algunas preguntas respecto a mejorar la tasa de destete; por ejemplo, qué hubiese sucedido en el sistema anual si la prolificidad no se hubiera visto afectada en el primer empadre, y si además se buscaran formas de incrementarla. En otras latitudes, donde la estacionalidad es una limitante importante de la intensividad en los apareamientos, se ha buscado aumentar la producción de corderos mediante el incremento de prolificidad de los empadres anuales, utilizando para ello cruzamientos con razas prolíficas.[59] Por ejemplo, Lewis y Burfening[41] mostraron la superioridad de ovejas cruza de Finnish-Landrace (caracterizada por su alta prolificidad) con respecto a razas como la Columbia, Rambouillet o Targhee, tanto en el número de corderos nacidos como destetados por oveja de cría. Resultados similares encontraron Fogarty *et al.*[36] Otra opción ha sido la selección por prolificidad, como lo confirman algunas evidencias.

Una forma de evaluar la eficacia biológica de los sistemas es a través de la producción de corderos en forma global y por oveja de cría. En los resultados de este estudio es notoria la superioridad del sistema intensivo, al producir 478 corderos en los dos años, lo que representa 2.6 corderos por oveja expuesta a los sementales, contra los 394 corderos obtenidos en el sistema anual en el mismo periodo, que representa 2.18 corderos por oveja expuesta a los sementales. Aunque son escasos los trabajos que comparan los sistemas de apareamiento anual (tradicional) contra los intensivos, realizados en condiciones naturales (sin uso de hormonas), en general coinciden en que la producción de corderos en los sistemas intensivos es mayor. Por ejemplo, en Jelbart y Dawe[60] se indica que en el sistema intensivo se produjeron 0.53 más corderos por oveja por año. Resultados similares fueron encontrados por Mancilla *et al.*[48] en ovejas Rambouillet estabuladas. Cuando se usan inductores de la actividad reproductiva, como hormonas y fotoperiodo, los resultados también favorecen a los sistemas intensivos.[5] Sin

gated grasslands than can maintain the basic feeding of the flock, breeding in the Columbia breed can be done in March, at the latitude of the Mexican high plateau, which allows the implementation of intensive systems with breeding every eight months. Intensive systems allow the increase of the total number of lambs obtained per ewe, compared to those obtained in annual systems. However, if every breeding season is taken individually, fertility and prolificacy of the intensive system are reduced compared to the annual system, which denotes a higher biological efficacy in the intensive systems. It is necessary to perform a cost-benefit economic analysis to determine if the additional costs imposed by the intensive system are compensated by the higher lamb production.

Acknowledgements

Authors thank Engineer Lorenzo Yano Breton for the support to perform this work, MVZ EPO Eva Valdes Loranca, EPO Gonzalo Valenzuela R. and EPO Roberto Gomez G. for their support in obtaining data, as well as the administrative and field personnel of the farm. Jose de Lucas acknowledges the support provided by Conacyt for his PhD studies.

Referencias

1. HUNTER G L. Increasing the frequency of pregnancy in sheep. I. Some factors affecting rebreeding during the post-partum period. Anim Breed Abstr 1968; 36: 347- 378.
2. NOTTER DR. Genetic evaluation of performance in accelerated lambing. National sheep genetics symposium; 1996 September 5-7; Columbus Ohio, USA. Columbus Ohio: Sponsored by American Sheep Industry Association in cooperation with Ohio State Sheep Improvement Association, 1996: 13 -20.
3. CÁRDENAS SJ. Comparación de dos sistemas de empadre en ovejas Pelibuey. Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México; 1996 diciembre 2-4; Cuernavaca (Morelos) México. México DF: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1996: 337.
4. JENKINS TG, FORD JJ. Productivity of ewes assigned to twice a year lambing compared to productivity of annual lambing ewes. Sheep Research Program Progress Report No. 4. Fort Collins (Colorado) USA: The Agricultural Research Service Northern Plains Area. US Department of Agriculture, 1991: 25-27.
5. RAWLINGS NC, JEFFCOATE IA, HOWELL WE. Response of purebred and crossbred ewes to intensified management. J Anim Sci 1987; 65: 651-657.
6. HOGUE DE. Accelerated lambing. National Sheep Reproduction Symposium; 1989 July 10 - 11; Fort Collins (Colorado) USA. Colorado State University: Sponsored by Sheep Industry Development Program, 1989: 87- 94.

embargo, también hay experiencias en que no se ha encontrado una superioridad del sistema intensivo sobre el anual, como lo informa Cárdenas,[3] quien en su estudio con ovejas Pelibuey no encontró ninguna ventaja del sistema intensivo contra el anual, en corderos producidos por oveja. Por otra parte, Fogarty *et al.*[36] en un estudio muy completo, en el que además de comparar un sistema anual contra uno intensivo cada ocho meses, también equiparan las épocas de apareamiento y encontraron superioridad manifiesta del sistema anual.

Un segundo enfoque de la eficacia reproductiva del sistema es qué tan eficientes fueron las ovejas dentro de éste. El análisis del sistema intensivo muestra que sólo 55.7% de las ovejas logró parir las tres veces que les correspondía, mientras que en el sistema anual, 80% de las ovejas parió en las dos ocasiones. Estos resultados muestran un alto grado de ineficacia en el sistema intensivo. En pocos trabajos se informa sobre el porcentaje de ovejas que paren en todos los empadres de un sistema intensivo. Sin embargo, cuando se presenta el dato generalmente se pone en evidencia una ineficacia similar a la encontrada en el presente trabajo. Por ejemplo, O´Ferrall[61] menciona que en ovejas cruza Finn-Dorset, sólo 56% de las ovejas produjeron corderos en las tres pariciones consecutivas, mientras que Cárdenas,[3] con ovejas Pelibuey, registra 69%; finalmente, Urrutia[62] con ovejas Rambouillet en un estudio que involucró cuatro empadres, encontró que sólo 23.1% logró parir en los cuatro. Estos resultados indican que se requiere un análisis más fino para poder establecer las posibles causas del alto porcentaje de ovejas no paridas en sistemas intensivos, como podría ser el efecto del parto sobre el siguiente reempadre, la pérdida de condición corporal, o incluso un efecto de estacionalidad.

Finalmente, se debe mencionar que en un trabajo previo se informó sobre el crecimiento de los corderos nacidos como resultado del presente estudio, demostrándose que tanto el peso final como el peso a los 60 días de edad fue similar en los corderos provenientes de ambos grupos,[63] por lo que la cantidad total de kilos de cordero producido dependió del número de corderos destetados en cada sistema, y no del peso de dichos corderos. En el sistema intensivo, la época del año no tuvo un efecto sobre el peso al destete de los corderos, lo que seguramente se debió al uso de praderas irrigadas.

En el presente estudio se demuestra la posibilidad de que, con el apoyo del "efecto macho" y de praderas irrigadas que puedan mantener la alimentación base del rebaño, se puedan realizar empadres en la raza Columbia en el mes de marzo, en la latitud en que se encuentra el altiplano mexicano, lo que permite la instrumentación de sistemas intensivos con empa-

dres cada ocho meses. Con estos sistemas intensivos se logra incrementar el número total de corderos obtenidos por oveja, en comparación con los que se obtienen con empadres anuales. Sin embargo, si se toma en cuenta cada empadre por separado, tanto la fertilidad como la prolificidad se reducen en el sistema intensivo con respecto al anual, lo que denota una mayor ineficacia biológica en los sistemas intensivos. Es necesario realizar un análisis económico de costo-beneficio en el que se analice si los costos adicionales impuestos por el sistema intensivo son compensados por la mayor producción de corderos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al ingeniero Lorenzo Yano Bretón las facilidades y el apoyo para la realización de este trabajo, a los MVZ EPO Eva Valdés Loranca, EPO Gonzalo Valenzuela R. y EPO Roberto Gómez G., su apoyo en la toma de datos, así como al personal administrativo y de campo de la explotación. Asimismo, José de Lucas agradece el apoyo otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de México, para su beca de doctorado.

7. LAND RB, McCLELLAND TH. The performance of Finn-Dorset sheep allowed to mate four times in two years. Anim Prod 1971;13:637-641.
8. NOTTER DR, COPENHAVER JS. Performance of Finnish Landrace crossbred ewes under accelerated lambing. I. Fertility, Prolificacy and ewe productivity. J Anim Sci 1980; 51 1033-1042.
9. SCHOEMAN SJ, BURGER R. Performance of Dorper sheep under an accelerated lambing system. Small Ruminant Res 1992;.9:265-281.
10. URRUTIA J, OCHOA M, MEZA H, MANCILLA C. Reproductive performance of Merino Rambouillet ewes under three cycles of accelerated lambing. Wool Tech Sheep Breed. 2001; 49: 100-108.
11. GARCÍA DE ME. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 3ª ed. México D.F: Instituto de Geografía de la UNAM. 1981.
12. DE LUCAS TJ, GONZÁLEZ PE, MARTÍNEZ RL. Estacionalidad reproductiva de cinco razas ovinas en el altiplano central mexicano. Téc Pecu Méx 1997; 35:25-31.
13. RUSSEL AJF, DONEY JM, GUNN RG. Subjective assessment of body fat in live sheep. J Agric Sci 1969: 72: 451-454.
14. SAS PROCEDURES GUIDE. Version 8.2. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000.
15. DZAKUMA JM, STRITZKE DJ, WHITEMAN JV. Fertility and prolificacy of crossbred ewes under two cycles of accelerated lambing. J Anim Sci 1982; 54: 213-220.
16. VESELY JA. Induction of lambing every eight months in two breeds of sheep by light control with o without hormonal treatment. Anim Prod 1975; 21: 165-174.
17. SPEEDY AW, FITZSIMONS J. The reproductive performance of Finnish Landrace × Dorset Horn and Border Leicester × Scottish Blackface ewes mated three times in 2 years. Anim Prod 1977; 24: 189-196.
18. ABRAHAM JG, DE LUCAS TJ, ARBIZA AS. Comportamiento reproductivo en ovejas de la raza Suffolk en cuatro épocas de apareamiento. Memorias del VI Congreso Nacional de Producción Ovina; 1993 mayo 12-14; Ciudad Valles (San Luis Potosí) México. México DF: Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura. 1993; 131-134.
19. ABRAHAM JG, DE LUCAS TJ, ARBIZA AS. Comportamiento reproductivo en ovejas de la raza Corriedale en cuatro épocas de apareamiento. Memorias del VII Congreso Nacional de Producción Ovina. 1994 junio 15-17; Toluca (Estado de México) México. México DF: Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura. 1994; 45-48.
20. SHEEPMAN'S PRODUCTION HANDBOOK. Sheep Improvement Development. Denver (Colorado) USA: American Sheep Industry Association, Production Education and Research Council, 1975.
21. STELLFLUG JN, RODRIGUEZ F, LAVOIE VA, GLIMP HA. Influence of stimulated photoperiod alteration and induced estrus on reproductive performance of spring-born Columbia and Targhee ewe lambs. J Anim Sci 1994; 72: 1, 29-33.
22. DE LUCAS TJ, ZARCO QLA, VÁSQUEZ PC. El efecto macho como inductor de la actividad reproductiva en sistemas intensivos de apareamiento en ovinos. Vet Méx 2008; 70: 2.
23. MOLLE G, BRANCA A, LIGIOS S, SITZIA M, CASU S, LANDAU S. ZOREF Z. Effect of grazing background and flushing supplementation on reproductive performance in Sarda ewes. Small Ruminant Res. 1995; 17: 245-254.
24. HARESING W. The influence of nutrition on reproduction in the ewe. I Effects on ovulation rate, follicle development and luteinizing hormone release. Anim Prod 1981; 32: 197- 202.
25. KNIGTH TW, OLDHAM CM, LYNDSAY DR. Studies on ovine infertility in agricultural regions in Western Australia: the influence of supplement of Lupins (*Lupinus angustifolius* cv. Uniwhite) at joining on the reproductive performance of ewes. Aust J Agric Res 1975; 26: 567-575.
26. SMITH JF, JAGUSCH KT, FARQUHAR PA. The effect of the duration and timing of flushing on the ovulation rate of ewes. Proc NZ Soc Anim Prod 1983; 43:13-16.
27. SCARAMUZZI RJ, RADFORD HM. Factors regulating ovulation rate in the ewe. J Reprod Fert 1983; 69: 353-367.
28. RESTALL BJ. Reproduction in the ewe. In: Edited by LIVESTOCK AND GRAIN PRODUCERS INDUSTRIAL ASSOC. OF NEW SOUTH WALES AUSTRALIA. Sheep Guide. Parramatta, Australia. McArthur Press 1978; 44-69.
29. HINDSON J. Differential diagnosis of weight loss in the ewe. Farm animal practice. 1994; 204-208.
30. GUNN RG, DONEY JM. Fertility in Cheviot ewes. 1. The effect of body condition at mating on ovulation

rate and early embryo mortality in North and South Country Cheviot ewes. Anim Prod 1979;29: 11-16.
31. NEWTON JE, BETTS JE, WILDE RENÉE. The effect of body condition and time of mating on the reproductive performance of Masham ewes. Anim Prod 1980; 30: 235-260.
32. GUNN RG. The influence of nutrition on the reproductive performance of ewes. Chapter 5. The influence of nutrition on the reproductive performance of ewes. In: HARESING W, editor. Sheep Production, London–Boston; Butterworths, Co. Pub. Ltd. 1983; 99-110.
33. KING CF. Seasonal changes in the ovulatory activity of ewes slaughtered in Northern Tasmania. Proc Aust Soc Anim Prod 1976;11: 121-124.
34. LAMBERSON WR, THOMAS DL. Effects of season and breed of sire on incidence of estrus and ovulation rate in sheep. J Anim Sci 1982; 54: 533-539.
35. MONTGOMERY GW, SCOTT IC, JOHNSTONE PD. Seasonal changes in ovulation rate in Coopworth ewes maintained at different live weights. Anim Rep Sci 1988;17: 197-205.
36. FOGARTY NM, DICKERSON GE, YOUNG LD. Lamb production and its components in pure breed and composite lines. I. Seasonal and other environmental effects. J Anim Sci 1984; 58: 285-300.
37. RICORDEAU G, TCHAMITCHIAN L, THIMONIER, FLAMANT C, THIERIEZ M. First survey of results obtained in France on reproductive and maternal performance in sheep with particular reference to Romanov breed and crosses with it. Livest Prod Sci 1978; 5:181-201.
38. 41 BUNGE R, THOMAS DL, NASH TG, STOOKEY JM, WALDRON DF. Factors affecting reproduction and productivity in a Midwest Rambouillet flock. J Anim Sci 1989; 67: Suppl 1:423 - 424.
39. ERCANBRACK SK, KNIGHT AD. Responses to various selections protocols for lamb production in Rambouillet, Targhee, Columbia and Polypay sheep. J Anim Sci 1998; 76:1311-1325.
40. RAMÍREZ BE, LOZADA DE GA, HERNÁNDEZ CLM. Análisis de parámetros y actividad reproductiva en ovejas de raza Columbia bajo las condiciones ambientales de Huamantla Tlaxcala. Memorias del IV Congreso Nacional de Producción Ovina; 1991 marzo 20 - 23; San Cristóbal de Las Casas (Chiapas) México. México DF: Talleres gráficos de la UNACH, Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura, 1991: 160-162.
41. LEWIS RD, BURFENING PJ. Comparison of Finnish Landrace crossbred ewes with Columbia, Rambouillet and Targhee ewes on western range. J Anim Sci 1988; 66: 1059-1066
42. OKUT H, BROMLEY CM, VAN VLECK LD, SNOWDER GD. Genotypic expression at different ages: I. Prolificacy traits of sheep. J Anim Sci 1999; 77: 2357-2365.
43. BROMLEY CM, VAN VLECK LD, SNOWDER GD. Genetic correlations for litter weight weaned with growth, prolificacy, and wool traits in Columbia, Polypay, Rambouillet, and Targhee sheep. J Anim Sci 2001; 79: 339-346.
44. BONILLA ALMA, TORRES HG, RUBIO RM. Fertilidad, prolificidad y sobrevivencia de crías en un rebaño comercial de ovinos Suffolk. Vet Méx 1993; 24: 231-234.
45. JIMÉNEZ BR. Productividad de la oveja Suffolk en México (tesis de maestría). Cuautitlán (Estado de México) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1996.
46. LARA PJ, GUTIÉRREZ YA, DE LUCAS TJ. Parámetros productivos y reproductivos de una explotación comercial Suffolk. Memorias del III Congreso Nacional de Producción Ovina. 1990 abril 25 - 28; Tlaxcala, Tlaxcala México. México DF: Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura. 1990; 121-124.
47. TREJO GA, DE LUCAS TJ. Comportamiento reproductivo de rebaños Suffolk en el Altiplano Mexicano. Memorias del 1er. Congreso Nacional de Producción Ovina. 1988 marzo 8-9; Calera (Zacatecas) México. México DF: Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura. 1988; 133-135.
48. MANCILLA DI, URRUTIA MJ, OCHOA CM. Comportamiento de ovejas de la raza Rambouillet en un sistema acelerado de partos. Rev Latinoam Pequeños Rumiantes 1993 a; 3: 11-219.
49. URRUTIA MJ, MARTÍNEZ RL, SÁNCHEZ GFF, PIJOAN AP. Características reproductivas de ovejas de la raza Rambouillet en México. 1. Empadre cada 12 meses. Téc Pecu Méx 1988b; 26:137-147.
50. MARTÍNEZ MG, URRUTIA MJ, MARTÍNEZ RL. Efecto de la época de empadre sobre la eficiencia reproductiva de borregas Corriedale. Téc Pecu Méx 1992; 30: 45-51
51. Dickerson GE, Glimp HA. Breed and age effects on lamb production of ewes. J Anim Sci 1975; 40: 397- 408.
52. ROWLAND JP, SALMAN MD, KIMBERLING CV, SCHWEUZER DJ, KEEFE TJ. Epidemiological factors involved in perinatal lamb mortality on four range sheep operations. Am J Vet Res 1992; 53: 262- 267.
53. HUFFMAN EM, KIRK JH, PAPPAIOANOU M. Factors associated with neonatal lamb mortality. Theriogenology 1985; 24: 163-171.
54. ROOK JS. Reducing lamb mortality. 1989 July 10-11, Fort Collins (Colorado) USA: Colorado State University, Sponsored by Sheep Industry Development Program, 1989; 95-111.
55. SCALES GH, BURTON RN, MOSS RA. Lamb mortality, birth weight, and nutrition in late pregnancy. NZ J Agric Res 1986; 29: 75:82.
56. DE LUCAS TJ, ARBIZA AS. Producción ovina en el Mundo y México. México DF: Editores Mexicanos Unidos S.A. 2000.
57. ERCANBRACK SK, KNIGHT AD. Responses to various selections protocols for lamb production in Rambouillet, Targhee, Columbia and Polypay sheep. J Anim Sci 1998; 76: 1311-1325.
58. VESELY JA, PETERS HF, SLEN SB. Lamb and wool production from five breeds on range. Can J Anim Sci 1966; 46: 9-18.
59. VÁCLAV J. Productivity of crosses based on prolific breeds of sheep. Lives Prod Sci 1977; 4: 379-392.
60. JELBART RA, DAWE ST. Management strategies for high lambing rates. Anim Prod Aust 1984; 19: 75-79.
61. O´FERALL GJM. Reproductive performance of Finn-Dor-

set ewes on an 8-month lambing system. Anim Prod 1977; 24:129.
62. URRUTIA MJ. Evaluación de la eficiencia reproductiva y un sistema intensivo de empadre en borregas Rambouillet, bajo las condiciones del altiplano mexicano (tesis maestría) Cuautitlán (Estado de México) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1986.
63. DE LUCAS TJ, ZARCO QLA, GONZÁLEZ PE, TÓRTORA PJ, VILLA-GODOY A, VÁSQUEZ PC. Crecimiento predestete de corderos Columbia en sistemas intensivos de pastoreo y de manejo reproductivo en el Altiplano Central de México. Vet Méx 2003; 34: 235-245.