

Calving percentage and previous annual rainfall in three cattle ranches in the Potosino-Zacatecano highlands

Partos y precipitación anual previa en tres ranchos ganaderos del Altiplano Potosino-Zacatecano

Juan R. Aguirre-Rivera¹; Luis O. Negrete-Sánchez^{2*}; Ramiro López-Trujillo³

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, calle Altair número 200, Fracc. Del Llano, San Luis Potosí, México. C. P. 78377.

²Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Facultad de Agronomía y Veterinaria, San Luis Potosí, México. C.P. 78290.

³Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*Corresponding author: luis.negrete@uaslp.mx tel. +52 (444) 8524056 al 59.

Abstract

Functional relations between calving percentage (y) and total previous year's rainfall (TPYR, x) were estimated using data from three private cattle ranches in the Potosino-Zacatecano highlands. TPYR data were obtained from the two official weather stations nearest to each ranch and with the same climate type. Using these relations, the calving percentage that occurred in 2015 (a year not included in the estimation of these relations) was predicted and statistically collated for the Laguna Seca (LS), San José (SJ) and El Porvenir (EP) ranches. Estimated correlations between calving percentage and rainfall were positive and significant for each ranch. Simple linear regression models were: $y=26.2800 + 0.0629(x)$ for LS; $y=30.2438 + 0.0973(x)$ for SJ; and $y=23.6172 + 0.0808(x)$ for EP. The variation in the calving percentage explained by TPYR was 59.2 % for LS, 62.0 % for SJ and 84.9 % for EP. Calving percentages recorded during 2015 for EP and LS (72.2 and 64.0 %, respectively) were greater than the 95 % confidence intervals, due to various recent improvements in herd reproduction; on the other hand, the calving percentage recorded during 2015 for SJ did fall within this range.

Keywords: Rangelands, beef cattle, Chihuahuan Desert, total previous annual rainfall, calving percentage.

Resumen

Las relaciones funcionales entre porcentaje de partos (y) y precipitación total del año previo (PTAP, x) fueron estimadas con datos de tres ranchos ganaderos privados del Altiplano Potosino-Zacatecano. Los datos de PTAP se obtuvieron de las dos estaciones meteorológicas oficiales más próximas a cada rancho y con el mismo tipo de clima. Con estas relaciones, el porcentaje de partos ocurridos en 2015 (año que no fue incluido en la estimación de dichas relaciones) fue predicho y cotejado estadísticamente, en los casos de los ranchos Laguna Seca (LS), San José (SJ) y El Porvenir (EP). Las correlaciones estimadas entre porcentaje de partos y precipitación fueron positivas y significativas en los tres casos. Los modelos de regresión lineal simple fueron $y=26.2800 + 0.0629(x)$, para LS; $y=30.2438 + 0.0973(x)$, para SJ; y $y=23.6172 + 0.0808(x)$, para EP. La variación de la tasa de partos explicada por la PTAP fue de 59.2 % en LS, 62.0 % en SJ y 84.9 % en EP. Los porcentajes de partos registrados durante 2015 en EP y LS (72.2 y 64.0 %, respectivamente) fueron mayores que los intervalos al 95 % de confianza, debido a diversas mejoras recientes en la reproducción de los hatos; mientras que en el caso de SJ, el porcentaje de partos sí quedó comprendido en el intervalo.

Palabras clave: Agostaderos, bovinos para carne, Desierto Chihuahuense, precipitación total anual previa, porcentaje de partos.



Introduction

In the northern region of Mexico, bovine meat production is mainly based on the production and sale of calves at weaning for live export to the United States of America, or for their development and finalization in feedlots or meadows (García, 2006), which corresponds to the cow-calf production system described by Carpenter (1998). This system consists of a base herd formed by breeding cows, which produce calves that are sold at weaning, from six to seven months of age (Aguirre, 1983). The main drawback of this type of system is its almost exclusive dependence on rain to produce spontaneous forage (Holechek, Pieper, & Herbel, 2011). On the other hand, efficiency in reproduction is one of the main factors leading to economic success in any beef production system (Ruechel, 2012). This efficiency can be measured through different indicators, but the basic one is the birth rate (De Alba, 1985) since in meat production systems the main objective is to produce one calf per cow per year (Field, 2006).

Currently, the predominant beef production system is still extensive, based on grazing (Ruechel, 2012). In rangelands, forage productivity is poor due to their physical and climatic limitations; therefore, the best technical resource is to make rational use of the spontaneous plant cover with cattle (Holechek et al., 2011). Spontaneous forage production in these sites varies in quantity and quality depending on the time of year and between years; thus, there are frequent nutritional deficiencies, especially during the dry period of the year, so that herd reproduction and production diminish (Aguirre, 1983). Normally, as in Mexico, cattle remain in the rangelands all year round, even though the nutritional levels of the grasses only cover their requirements during a short period of the year; it is therefore recommended to establish a controlled mating season, which allows having dry cows when the forage is dry, as well as lactating cows when the forage is green (Carpenter, 1998). Thus, cows can wean heavier calves and get pregnant during this mating period, that is, when they have an optimal body condition score (OBCS) (Wright, Rhind, & Whyte, 1992; Morrison, Spitzer, & Perkins, 1999; García, 2006; Ruechel, 2012). The OBCS between 5 and 7 on the American scale can ensure pregnancy. Thus, the corresponding birth is achieved with the forage produced and consumed the year immediately before the birth (Bishop, 1978; Field, 2006; Ruechel, 2012), which depends directly on the amount of rainfall that occurred. In the Chihuahuan Desert (ChD), a region of which the Potosino-Zacatecano highlands is a part, abnormally excessive or deficient precipitation in a specific year can influence forage production, animal performance and the condition of the rangeland for

Introducción

En la región norte de México predomina la explotación de bovinos para carne basada en la producción y venta de becerros al destete para su exportación en pie a los Estados Unidos de América, o para su desarrollo y finalización en corrales de engorda o praderas (García, 2006), lo cual corresponde al sistema de producción vaca-becerro descrito por Carpenter (1998). Este sistema consiste en un hato base formado por vacas reproductoras, las cuales producen becerros que son vendidos al destete, de seis a siete meses de edad (Aguirre, 1983). El inconveniente principal de este tipo de explotación es su dependencia casi exclusiva de la lluvia para la producción de forraje espontáneo (Holechek, Pieper, & Herbel, 2011). Por otra parte, la eficiencia en la reproducción es uno de los factores principales del éxito económico en cualquier explotación de ganado bovino para carne (Ruechel, 2012). Dicha eficiencia puede ser medida a través de distintos indicadores, pero el básico es la tasa de partos (De Alba, 1985) ya que en los sistemas de producción para carne el principal objetivo es producir un becerro por cada vaca por año (Field, 2006).

En la actualidad, la producción preponderante de carne de vacuno es aún extensiva, basada en pastoreo (Ruechel, 2012). En los agostaderos, la productividad de forraje es pobre debido a sus limitaciones físicas y climáticas; por ello, el mejor recurso técnico es aprovechar racionalmente la cobertura vegetal espontánea con ganado (Holechek et al., 2011). La producción de forraje espontáneo en estos sitios varía en cantidad y calidad según la época del año y entre años; así, de manera frecuente hay deficiencias nutricionales, sobre todo, durante el periodo seco del año, de manera que la reproducción y producción de los hatos disminuyen (Aguirre, 1983). Normalmente, como sucede en México, el ganado permanece todo el año en los agostaderos, aunque los niveles nutricionales de los zacates solo cubren sus requerimientos durante un periodo corto del año; por ello, la recomendación es establecer una época de monta controlada, que permita tener vacas secas cuando el forraje esté seco, así como vacas en lactación cuando el forraje esté verde (Carpenter, 1998). Así, las vacas pueden destetar becerros más pesados y preñarse en dicho periodo de monta, esto es, cuando presentan un grado óptimo de condición corporal (GOCC) (Wright, Rhind, & Whyte, 1992; Morrison, Spitzer, & Perkins, 1999; García, 2006; Ruechel, 2012). El GOCC entre 5 y 7 de la escala estadounidense puede asegurar la preñez. Así, el parto correspondiente se logra con el forraje producido y consumido el año inmediato anterior al parto (Bishop, 1978; Field, 2006; Ruechel, 2012), lo cual depende directamente de la cantidad de lluvia que se presentó. En el Desierto Chihuahuense (DCh), región de la que forma parte el Altiplano Potosino-Zacatecano, la precipitación anormalmente

several years (Thomas, Hawkes, Khumalo, & Holechek, 2007; Luna et al., 2010). At the same time, ranch records in this region have generally been limited to genealogical aspects and less to those required for increasing efficiency in cattle production and reproduction, because they still disregard economically important aspects, such as reproduction, animal health and feed requirements (Garrick & Golden, 2009).

Thus, predicting the expected calving percentage in a given year, based on the recorded TPYR data, seems feasible. With the prediction being made between three and six months in advance, the probable number of expected births allows predicting what is required to attend the cows and their offspring and having income expectations and a robust indicator of the ranch's operational efficiency. Therefore, the aim of this research was to obtain and test a prediction model that allows estimating the percentage of expected births in three ranches based on the previous year's rainfall. Consequently, the development of equations predicting the number of expected births the following year based on the total annual rainfall recorded during the current year is feasible.

Materials and methods

Study area

The study area is located in the Potosino-Zacatecano highlands in the southern portion of the ChD (Giménez & González, 2011). Data from three privately-owned ranches were used (Figure 1): a) Laguna Seca (LS), municipality of Charcas, San Luis Potosí, Mexico, with an area of 8,000 ha and Beefmaster cattle breeding; its extreme coordinates are 23° 13' 27.326" to 23° 22' 46.046" N, and 101° 1' 6.494" to 101° 5' 27.608" W, with an average elevation of 2,030 m (INEGI, 2001); b) San José (SJ), municipality of Villa de Cos, Zacatecas, Mexico, with an area of 6,500 ha and breeding of various European cattle breeds (Charolais, Angus, Limousin, Simmental and Hereford), located between 23° 26' 48.396" and 23° 35' 1.528" N, and between 101° 41' 40.926" and 101° 48' 55.610" W, with an average elevation of 2,038 m (INEGI, 2001); and c) El Porvenir (EP), municipality of Santo Domingo, San Luis Potosí, Mexico, with 3,000 ha and also Beefmaster cattle breeding, located between the coordinates 23° 33' 46.427" and 23° 38' 18.624" N, and between 101° 30' 5.339" and 101° 34' 21.587" W, with an average elevation of 2,137 m (INEGI, 2001).

The three production units are located in the geomorphological region called Altiplanicie Septentrional (Tamayo, 2012). The geologic substrate in SJ and EP is of quaternary origin; on the other hand, the substrate in LS is sedimentary of Triassic shale-sandstone, with outcrops of acid extrusive igneous

excesiva o deficiente en un año específico puede influir sobre la producción de forraje, el desempeño animal y la condición del agostadero durante varios años (Thomas, Hawkes, Khumalo, & Holechek, 2007; Luna et al., 2010). A la vez, los registros en los ranchos de esta región generalmente se han limitado a aspectos genealógicos y menos a los requeridos para incrementar la eficiencia en la producción y reproducción del ganado, pues aún se desestiman aspectos económicamente importantes sobre reproducción, salud y requerimientos alimentarios (Garrick & Golden, 2009).

Así, parece viable la predicción del porcentaje de partos esperable en un año determinado con base en los datos de PTAP registrados el año precedente. Con la predicción asociada entre tres y seis meses de anticipación, el número probable de partos esperable permite predecir lo requerido para atender a las vacas y sus crías, contar con expectativas de ingresos y disponer de un indicador robusto de la eficiencia de operación del rancho. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue obtener y probar un modelo de predicción que permita estimar el porcentaje de partos esperables en tres ranchos en función de la precipitación del año anterior. Entonces, el desarrollo de ecuaciones de predicción del número de partos esperable el año siguiente con base en la precipitación total anual registrada durante el año en curso es factible.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se localiza en el Altiplano Potosino-Zacatecano situado en la porción sur del DCh (Giménez & González, 2011). Datos de tres ranchos de propiedad privada fueron involucrados (Figura 1): a) Laguna Seca (LS), municipio de Charcas, San Luis Potosí, México, con una superficie de 8,000 ha y cría de ganado Beefmaster; sus coordenadas extremas son 23° 13' 27.326" a 23° 22' 46.046" N, y 101° 1' 6.494" a 101° 5' 27.608" O, con altitud media de 2,030 m (INEGI, 2001); b) San José (SJ), municipio de Villa de Cos, Zacatecas, México, tiene una superficie de 6,500 ha, con cría de ganado de diversas razas europeas (Charolais, Angus, Limousin, Simmental y Hereford); localizado entre los 23° 26' 48.396" y 23° 35' 1.528" N, y entre 101° 41' 40.926" y 101° 48' 55.610" O, con altitud media de 2,038 m (INEGI, 2001); y c) El Porvenir (EP), municipio de Santo Domingo, San Luis Potosí, México, con 3,000 ha de extensión y también con cría de ganado Beefmaster; ubicado entre las coordenadas 23° 33' 46.427" y 23° 38' 18.624" N, y entre 101° 30' 5.339" y 101° 34' 21.587" O, con altitud media de 2,137 m (INEGI, 2001).

Las tres unidades de producción se encuentran en la región geomorfológica denominada Altiplanicie

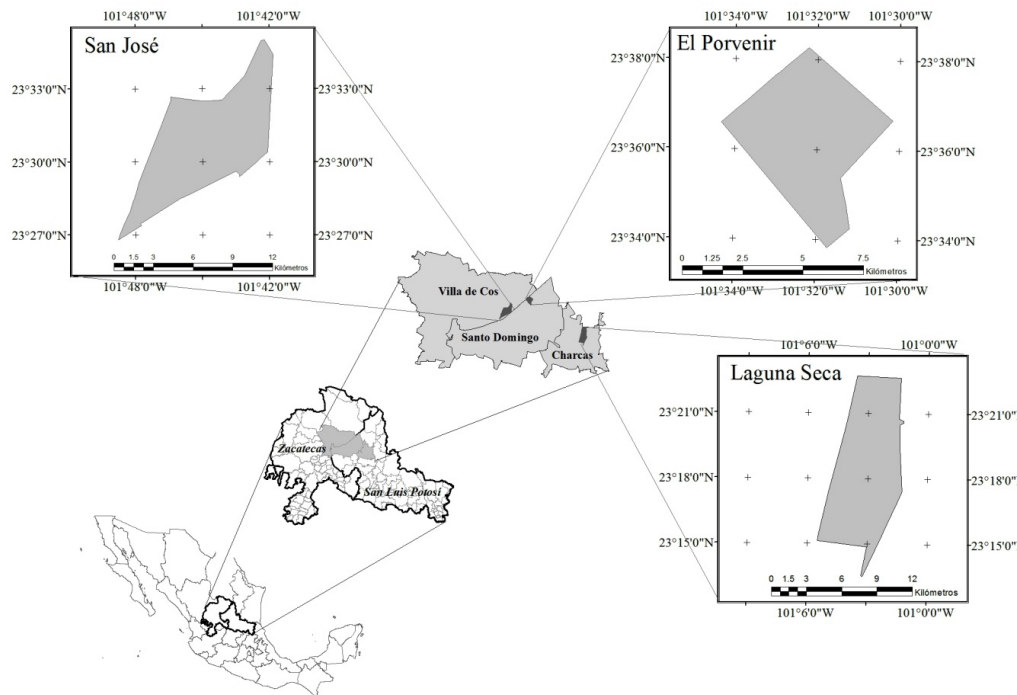


Figure 1. Geographic location of the Laguna Seca (LS), San José (SJ) and El Porvenir (EP) ranches.
Figura 1. Localización geográfica de los ranchos Laguna Seca (LS), San José (SJ) y El Porvenir (EP).

rock of tertiary origin. The three ranches are in the “El Salado” hydrological region and have medium-permeability units, composed of unconsolidated material; in addition, in LS there are low-medium permeability units of consolidated material (INEGI, 2001). The dominant soil in SJ and EP is calcium xerosol and the secondary one is medium-structure haplic in petrocalcic phase. The predominant soil in LS is calcium xerosol but the secondary one is medium-structure gypsic in gravelly phase; additionally, this ranch has areas with medium-structure rendzina, leptosol and calcareous regosol in lithic phase (INEGI, 2001). According to the climate chart published by INEGI (2001), LS has a $BS_0kw(x')$ climate, that is, extreme temperate dry with a mean annual temperature between 12 and 18 °C and a mean temperature of the coldest month between -3 and 18 °C, with summer rains and winter precipitation percentage greater than 10.2 and warm summers. On the other hand, SJ and EP have a BS_0kw climate, only differing with the other climate classification by having a lower winter precipitation percentage (between 5 and 10.2). Figure 2 shows the climate diagrams of the three ranches made using average records, weighted by years of observations by considering information from the two weather stations closest to each ranch. For LS, the Laguna Seca and Charcas weather stations with data for 38 and 73 years respectively were used. For EP, the La Victoria and Sierra Hermosa stations with data for 38 and 53 years respectively were considered. In the case of SJ, the Santo Domingo and Sierra Hermosa stations were considered, both with data for 53 years. In general, the dry period of the year in the three ranches covers

Septentrional (Tamayo, 2012). El sustrato geológico en SJ y EP es de origen cuaternario; por su parte, en LS el sustrato es sedimentario de lutita-arenisca del triásico, con afloramientos de roca ígnea extrusiva ácida de origen terciario. Los tres ranchos se ubican en la región hidrológica “El Salado” y presentan unidades de permeabilidad media, compuestas de material no consolidado; además, en LS se presentan unidades de permeabilidad baja-media de material consolidado (INEGI, 2001). El suelo dominante en SJ y EP es xerosol cálcico y el secundario es háplico, de estructura media, en fase petrocálcica. El suelo predominante en LS es xerosol cálcico pero el secundario es gypsic, de estructura media en fase gravosa; además, en este rancho también hay áreas con rendzina, litosol y regosol calcárico, de estructura media en fase lítica (INEGI, 2001). De acuerdo con la carta de climas del INEGI (2001), el clima correspondiente a LS es $BS_0kw(x')$; esto es, seco templado extremoso con temperatura media anual entre 12 y 18 °C y temperatura media del mes más frío entre -3 y 18 °C; con lluvias en verano y porcentaje de precipitación invernal mayor que 10.2 y verano cálido. Por su parte, el clima es BS_0kw en SJ y EP; y solo presenta menor porcentaje de precipitación invernal (entre 5 y 10.2) que el anterior. En la Figura 2 se presentan los diagramas climáticos de los tres ranchos elaborados con base en los registros medios, ponderados por años de observaciones al considerar la información de las dos estaciones meteorológicas más próximas a cada rancho. A LS correspondieron las estaciones Laguna Seca con datos de 38 años y Charcas con datos de 73 años. A EP corresponden las estaciones

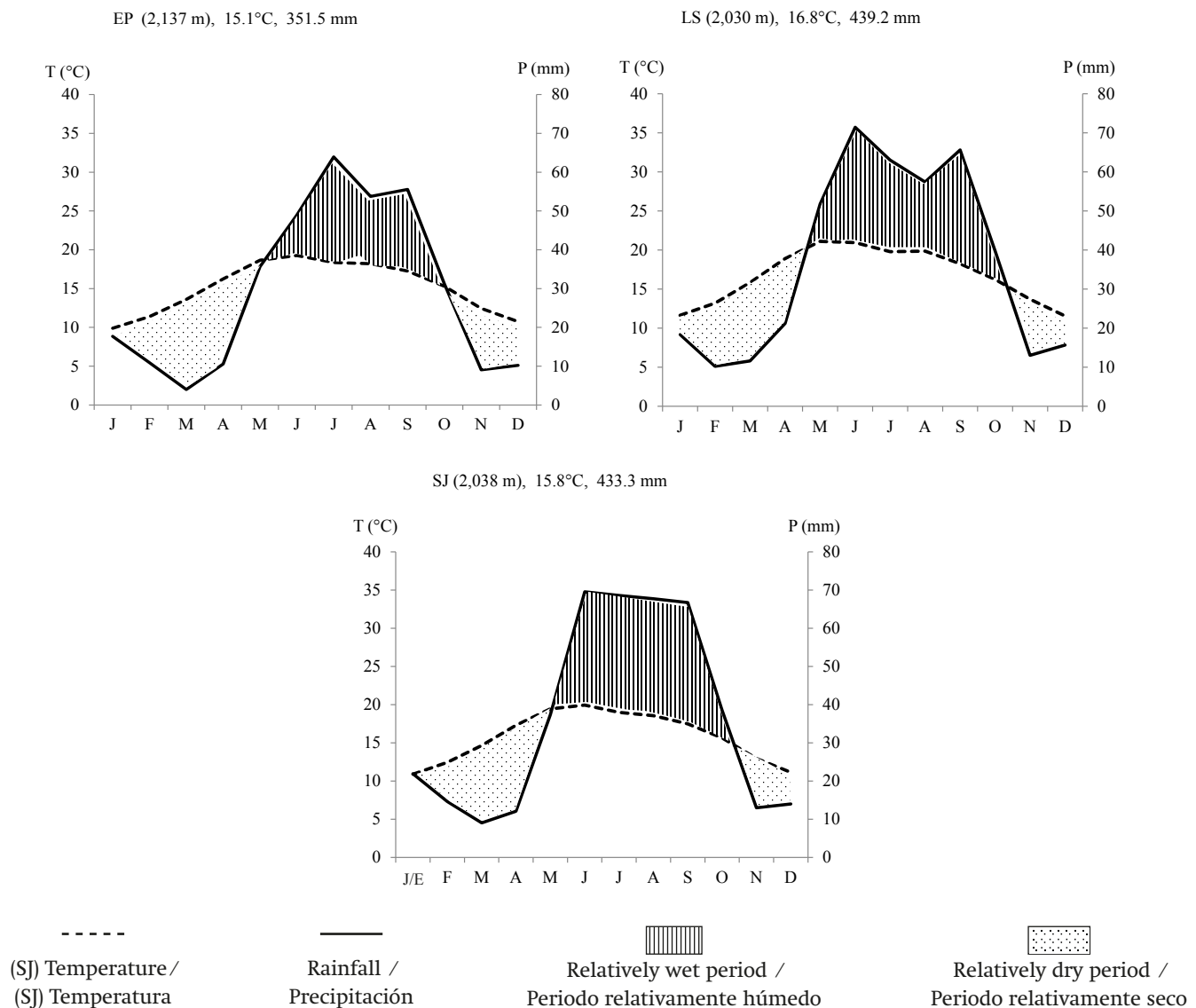


Figure 2. Climate diagrams for the Laguna Seca (LS), El Porvenir (EP) and San José (SJ) ranches.
Figura 2. Diagramas climáticos para los ranchos Laguna Seca (LS), El Porvenir (EP) y San José (SJ).

approximately 7 months. LS and SJ have the most rainfall in the months of June and September, whereas EP has the highest weighted historical rainfall and it occurs in July and September; however, it should be mentioned that the lowest weighted historical rainfall occurred in this production unit. The vegetation types present in SJ and EP are mainly Microphyllous Desert Scrub and, to a lesser extent, Rosetophyllous Desert Scrub; in LS there are areas with Crassicaulous Scrub (INEGI, 2001) due to the presence of igneous outcrops.

The rangelands of the three ranches are in fair to good condition with basic works for their use; also, some reproduction practices are performed periodically. Thus, in SJ and EP a controlled 90-day mating period is conducted, between June and August, while in LS that period reaches up to seven months; in SJ and LS, artificial insemination is practiced in a part of the herd. Currently, commercial feed is provided in the three

La Victoria con datos de 38 años y Sierra Hermosa con datos de 53 años; En el caso de SJ se consideraron las estaciones Santo Domingo y Sierra Hermosa, ambas con datos de 53 años. En general, el periodo seco del año en los tres ranchos abarca aproximadamente 7 meses; LS y SJ tienen la mayor precipitación en los meses de junio y septiembre; mientras que a EP corresponde la mayor precipitación histórica ponderada y se presenta en julio y septiembre; sin embargo, cabe mencionar que en esta unidad de producción ocurrió la precipitación histórica ponderada menor. Los tipos de vegetación presentes en SJ y EP son principalmente Matorral Desértico Micrófilo y, en menor proporción, Matorral Desértico Rosetófilo; en LS además hay áreas con Matorral Crasicaule (INEGI, 2001) debido a la presencia de afloramientos ígneos.

Los agostaderos de los tres ranchos presentan condición de regular a buena y obras básicas para su

ranches, mainly during the dry season of the year; this allows achieving outstanding levels of reproduction and production of calves at weaning at the regional level, since, according to the president of the *Unión Ganadera Regional* (Regional Cattle Ranchers' Union) in San Luis Potosí, the calving average in the ranches of this area is about 35 %.

Calving and rainfall records

For LS, nine years of continuous birth records (2006 to 2014) were available and for EP there were eight years (2007 to 2014). However, the 2014 data for LS and the 2007 data for EP were abnormal and thus removed from the calculations. In the case of SJ, records associated with tuberculin and brucellosis test findings were used. These data were generated by the national campaign against these diseases and used because the ranch owners did not record births; thus, in this case birth data were collected for only seven years, when the test dates were prior to weaning. To calculate the calving percentage per year in each ranch, the number of calves recorded was divided by the total number of cows aged 36 months and over. The total previous year's rainfall (TPYR) of the corresponding periods, for each of the three production units, was based on the data recorded by the National Weather Service (SMN, 2015) and by the local management offices of the National Water Commission in San Luis Potosí and Zacatecas, through the average weighted by the number of years with observations in the two weather stations closest to each ranch and with the same type of climate.

Development of the models

The correlation coefficients between the calving percentage and TPYR were estimated for each ranch in XLSTAT 2017. Then, with Excel 2007®, simple linear models were estimated using the least squares procedure (Steel, Torrie, & Dickey, 1997), since the nonlinear models were ruled out; e.g., the logistic and log-linear regression models were discarded, since their application is incongruent with the nature of the data used. The annual calving percentage was the dependent variable (y) and the total previous year's rainfall (TPYR) was the independent variable (x).

Results and discussion

Calving percentage and TPYR

The calving percentages of the three production units were not statistically different ($P \leq 0.05$). However, the calving percentages between years in each production unit were different at $P \leq 0.05$ (Table 1). It should be noted that the lowest calving percentages in two of the three ranches occurred in the same year (2012), while

aprovechamiento; también, algunas prácticas sobre reproducción se realizan periódicamente. Así, en SJ y EP se contempla un periodo de monta controlado de 90 días, entre junio y agosto, mientras que en LS dicho periodo llega a ser hasta de siete meses; en SJ y LS se practica inseminación artificial en una parte del hato. Actualmente, en los tres ranchos se proporcionan piensos comerciales, principalmente en la época seca del año; ello permite alcanzar niveles sobresalientes de reproducción y producción de becerros al destete a nivel regional, ya que, de acuerdo con el presidente de la Unión Ganadera Regional en San Luis Potosí, el promedio aproximado de partos en los ranchos de esta zona es de 35 %.

Registros de partos y precipitación

Para LS se dispuso de nueve años de registros continuos de partos (2006 a 2014) y para EP fueron ocho años (2007 a 2014). Sin embargo, los datos de 2014 para LS y de 2007 para EP eran anormales y se eliminaron de los cálculos. En el caso de SJ, los registros asociados a los dictámenes de las pruebas de tuberculina y brucelosis fueron usados; esos datos fueron generados por la campaña nacional contra dichas enfermedades, ya que sus propietarios no registraron los nacimientos; así, en este caso se recopilaron datos de partos únicamente para siete años, cuando las fechas de las pruebas fueron anteriores al destete. Para calcular el porcentaje de partos por año en cada rancho, el número de becerros registrados se dividió entre el número total de vacas con 36 meses y más de edad. La Precipitación Total de Años Previos (PTAP) de los periodos correspondientes, para cada una de las tres unidades de producción, se basó en los datos registrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2015) y por las Direcciones Locales de la Comisión Nacional del Agua en San Luis Potosí y en Zacatecas, mediante el promedio ponderado por el número de años con observaciones en las dos estaciones meteorológicas más próximas a cada rancho y con el mismo tipo de clima.

Desarrollo de los modelos

Los coeficientes de correlación entre porcentaje de partos y PTAP fueron estimados para cada rancho en XLSTAT 2017. Luego, con Excel 2007® se estimaron modelos lineales simples mediante el procedimiento de mínimos cuadrados (Steel, Torrie, & Dickey, 1997), pues los modelos no lineales se desestimaron; e.g., los modelos de regresión logística y log-lineal fueron descartados, pues su aplicación es incongruente con la naturaleza de los datos usados. El porcentaje de partos anual fue la variable dependiente (y) y la precipitación total del año inmediato anterior (PTAP) fue la variable independiente (x).

Table 1. Births (%) in three ranches in the Potosino-Zacatecano highlands, total previous year's rainfall (TPYR, mm), and average annual precipitation (AAP, mm) at the two weather stations closest to each of them and with the same type of climate.

Cuadro 1. Partos (%) en tres ranchos del Altiplano Potosino-Zacatecano, precipitación total anual previa (PTAP, mm) y precipitación media anual (PMA, mm) en las dos estaciones más próximas a cada uno de ellos y con el mismo tipo de clima.

Year/ Año	LS		SJ		EP	
	Births/Partos	TPYR [†] /PTAP [†]	Births/Partos	TPYR [†] /PTAP [†]	Births/Partos	TPYR [†] /PTAP [†]
2004	U	NA	69.6	401.5	U	NA
2005	U	NA	U	NA	U	NA
2006	37.5	236.6	53.8	269.2	U	NA
2007	48.7	525.6	73.0	460.1	NA*	NA*
2008	69.8	646.1	68.1	284.8	49.2	242.5
2009	70.5	508.4	U	NA	56.0	401.5
2010	62.6	555.2	73.6	386.0	43.3	351.4
2011	61.0	589.7	47.5	303.8	52.0	398.8
2012	35.0	312.3	49.4	189.2	34.3	140.2
2013	51.1	218.5	U	NA	46.0	239.3
2014	NA*	NA*	U	NA	76.0	595.3
\bar{X}	54.5	449.0	62.1	327.8	51.0	338.4
CV (%)	25.1	37.3	18.4	28.2	40.6	26.5
PMA [‡]	-	439.3	-	433.3	-	351.5

[†] It refers to the total annual rainfall of the previous year.

[‡] Weighted average annual rainfall (mm).

* Visibly extreme values consequently eliminated from the calculations.

U: unavailable. NA: not applicable.

[†] Se refiere a la precipitación total anual del año inmediato anterior.

[‡] Precipitación media anual ponderada (mm).

* Valores visiblemente extremos, por tanto, eliminados de los cálculos.

ND: no disponible. NA: no aplica.

the second lowest percentage (49.4 %) occurred in the third ranch that year.

Comparing the average recorded calving percentages with the norms for judging the efficiency of cattle reproduction proposed by De Alba (1985) suggests that the averages of the three ranches can be rated as 'medium.' The average calving percentage of the three ranches was much lower than the one reported by Luna *et al.* (2010) in Brangus cows in New Mexico (81.8 %). The difference may be because in the case of the Luna *et al.* (2010) study, the births of two-year-old heifers were included, estrous synchronization procedures were performed for artificial insemination, cows that failed to become pregnant after the second insemination were culled and weaning was carried out during the droughts, while those technical aspects were not considered in the ranches of the present study.

Winder, Bailey, Thomas, and Holechek (2000) found that the difference between weaned calf percentages of 1993 and 1994 was significant under grazing and

Resultados y discusión

Porcentaje de partos y PTAP

Los porcentajes de partos de las tres unidades de producción fueron estadísticamente no diferentes ($P \leq 0.05$). Sin embargo, los porcentajes de partos entre años en cada unidad de producción fueron diferentes a $P \leq 0.05$ (Cuadro 1). Cabe señalar que los porcentajes menores de partos en dos de los tres ranchos ocurrieron el mismo año (2012), mientras que el segundo porcentaje menor (49.4 %) ocurrió en el tercer rancho dicho año.

El contraste de los porcentajes medios de partos registrados con las normas para juzgar la eficiencia de la reproducción para bovinos propuestas por De Alba (1985) sugiere que los promedios de los tres ranchos califican como 'medianos'. El porcentaje medio de partos de los tres ranchos fue mucho menor que el consignado por Luna *et al.* (2010) en vacas Brangus en Nuevo México (81.8%). La diferencia puede deberse a que

conservative stocking conditions; this difference was attributed to the fact that only 38 % of the cows calved in 1993 and that probably during that year the cows were able to recover the OBCS and in 1994 there were 87 % births. These extreme values are similar to those recorded in this study. Therefore, the OBCS can be associated with the climatic condition (i.e. the previous year's rainfall). The average calving percentage in the three ranches studied was lower than the five-year average (80.3%) recorded by Bishop (1978) in the case of a South African herd of Afrikander x Hereford cows; however, in this case, continuous mating and culling of cows that had not calved in two years were practiced and the average annual rainfall was notable (540 mm). Callejas, Aranda, Rebollar, and De la Fuente (2014), and Negrete, Aguirre, Pinos, and Reyes (2016) found that calving percentages in rangelands of Chihuahua, Mexico and the ejido "El Castañón y Anexos" in Catorce, San Luis Potosí are 70 %; however, it is necessary to point out that this is data from one year, in both cases.

On the other hand, the historical and weighted Average Annual Rainfall (AAR) is 439.3 mm for LS, 433.3 mm for SJ and 351.5 mm for EP. It should be noted that the calving rate decreased when the TPYR was lower than the AAR in LS during 2006, 2012 and 2013. Something similar happened during 2008, 2010, 2012 and 2013 in EP; the same occurred during 2006, 2011 and 2012 in SJ and although in 2008 there was less rainfall than the AAR, the calving rate was acceptable.

The coefficients of variation (CV's) of the TPYR associated with the LS and EP ranches are greater than those linked to New Mexico rangelands reported by Herbel and Gibbens (1996) and Khumalo and Holechek (2005), 34 and 30 %, respectively. By contrast, the CV corresponding to SJ was lower than those cited, possibly because the period (years) considered was shorter than those of the other two ranches.

Correlation coefficients and regression models

The Pearson correlation coefficients (r) between calving percentage and TPYR were positive and statistically significant (Fisher & Yates, 1963). The values estimated for SJ ($r = 0.7872$, $P \leq 0.05$), LS ($r = 0.7695$, $P \leq 0.05$) and EP ($r = 0.9210$, $P \leq 0.01$) were almost equal to the figure reported by Bishop (1978) ($r = 0.8355$, $P \leq 0.05$) for a ranch in South Africa, but higher than the one indicated by Jöchle (1972) for a case in the Gulf of Mexico area ($r = 0.6430$, $P \leq 0.05$). The differences between the r 's of the present case and that of the Gulf of Mexico area could be due to the lower fertility inherent to the Brahman cattle used at the latter site (De Alba, 1985).

The regression lines between the calving percentage and TPYR (Table 2) show that the smallest intercept corresponds to EP; that is, if the rainfall of the year

en el caso del trabajo de Luna *et al.* (2010) se incluyeron los partos de vacas de dos años, se sincronizaron estros para inseminación artificial, se descartaron las vacas sin preñar tras la segunda inseminación y el destete se adelantaba durante las sequías, mientras que esos aspectos técnicos no fueron considerados en los ranchos del presente estudio.

Winder, Bailey, Thomas, y Holechek (2000) encontraron que la diferencia entre porcentajes de becerros destetados de 1993 y 1994 fue significativa en condiciones de pastoreo y carga animal conservadora; tal diferencia se atribuyó a que solo 38 % de las vacas parieron en 1993 y que probablemente durante dicho año las vacas pudieron recuperar el GOCC y en 1994 se tuvo 87 % de partos; estos valores extremos son similares a los registrados en este estudio. Por lo tanto, el GOCC puede asociarse a la condición climática (i.e. de la precipitación del año anterior). El porcentaje medio de partos en los tres ranchos estudiados fue menor que el promedio de cinco años (80.3 %) registrado por Bishop (1978) para el caso de un hato sudafricano de Afrikander x Hereford; sin embargo, en este caso se practicó monta continua, eliminación de vacas sin parir en dos años y la precipitación media anual fue notable (540 mm). Callejas, Aranda, Rebollar, y De la Fuente (2014), y Negrete, Aguirre, Pinos, y Reyes (2016) encontraron que los porcentajes de partos en agostaderos de Chihuahua, México y del ejido "El Castañón y Anexos" en Catorce, San Luis Potosí son de 70 %; sin embargo, es necesario señalar que se trata de datos de un año, en ambos casos.

Por otra parte, la Precipitación Media Anual (PMA) histórica y ponderada es de 439.3 mm para LS, 433.3 mm para SJ y 351.5 mm para EP. Cabe mencionar que la tasa de partos disminuyó cuando la PTAP fue menor que la PMA en LS durante 2006, 2012 y 2013; algo similar sucedió durante 2008, 2010, 2012 y 2013 en EP; lo mismo ocurrió durante 2006, 2011 y 2012 en SJ y, aunque en 2008 ocurrió una precipitación menor a la PMA, la tasa de partos fue aceptable.

Los coeficientes de variación (CV's) de la PTAP asociados a los ranchos LS y EP son mayores que los vinculados a agostaderos de Nuevo México consignados por Herbel y Gibbens (1996), y Khumalo y Holechek (2005), 34 y 30 %, respectivamente; En contraste, el CV correspondiente a SJ fue menor que los citados, posiblemente porque el periodo (años) considerado fue menor a los de los otros dos ranchos.

Coefficientes de correlación y modelos de regresión

Los coeficientes de correlación de Pearson (r) entre porcentaje de partos y la PTAP fueron positivos y significativos estadísticamente (Fisher & Yates, 1963). Los valores estimados para SJ ($r = 0.7872$, $P \leq 0.05$), LS

Table 2. Regression equation for the calving percentage (y) and TPYR (x) in three ranches of the Potosino-Zacatecano highlands.

Cuadro 2. Ecuación de regresión para el porcentaje de partos (y) y la PTAP del año inmediato anterior (x) en tres ranchos del altiplano potosino zacatecano.

Ranch/ Rancho	Sample size (n)/ Tamaño de muestra (n)	Prediction equation/ Ecuación de predicción	Amplitude of TPYR (mm)/ Amplitud de la PTAP (mm)	Coefficient of determination (R^2)/ Coeficiente de determinación (R^2)	Standard error ($S\hat{y}$)/ Error estándar ($S\hat{y}$)
Laguna Seca	8	$y = 26.2800 + 0.0629 x$	$218.5 < x < 646.1$	0.5921	9.45
San José	7	$y = 30.2438 + 0.0973 x$	$189.2 < x < 460.1$	0.6196	7.73
El Porvenir	7	$y = 23.6172 + 0.0808 x$	$140.2 < x < 595.3$	0.8482	5.54

prior to the prediction had not been recorded, there would have been an expected calving percentage of at least 23.6, followed in ascending order by LS with 26.3 and SJ with 30.2.

With respect to the slope or rate of change, the calving percentage increased faster as a function of TPYR recorded in SJ, while the smallest increase in calving percentage was in LS. This may be related to the breeds that make up the herds. In SJ, the breeds are of European origin, both pure and their crosses, which even allows the expression of hybrid vigor, while, in the herds of the other two ranches, the animals are Beefmaster, a breed with zebu Brahman genes, with a lower degree of inherent fertility.

The estimated regression equations (Table 2) allowed making calving percentage predictions for each year, based on the TPYR recorded (Figure 3).

The values of the coefficient of determination (R^2 , Table 2), as an estimator of the model's goodness of fit, can be considered adequate since rainfall is usually very variable in the rangelands (Herbel & Gibbens, 1996, Khumalo & Holechek, 2005). Likewise, the standard error associated with a value predicted by the regression equations was estimated for each ranch (Table 2).

The calving percentages predicted for 2015 (TPYR of 2014) were contrasted with the calving percentages recorded in each of the three ranches (Table 3). Although the predictions made for the three ranches are acceptable, the calving percentage recorded in LS during 2015 (64%) was 11.7% higher than that predicted at 95% confidence; this result may be because, in recent years, permanent protein supplementation in the breeding herd has been initiated, a part of the herd is artificially inseminated and direct mating is also allowed; all these practices can favor conception and birth rates, although at a higher cost.

($r = 0.7695$, $P \leq 0.05$) y EP ($r = 0.9210$, $P \leq 0.01$) fueron casi iguales al consignado por Bishop (1978) ($r = 0.8355$, $P \leq 0.05$) para el caso de un rancho en Sudáfrica, pero mayores al señalado por Jöchle (1972) para un caso del área del Golfo de México ($r = 0.6430$, $P \leq 0.05$). Las diferencias entre los r 's del presente caso y el del área del Golfo de México se pudo deber a la fertilidad menor inherente al ganado Brahman aprovechado en el último sitio (De Alba, 1985).

Las líneas de regresión entre el porcentaje de partos y PTPA (Cuadro 2) muestran que a EP corresponde el intercepto menor; es decir, si no se hubiese registrado la precipitación del año previo a la predicción, al menos se tendría un porcentaje de partos esperable de 23.6, luego le seguiría LS con 26.3 y el mayor porcentaje lo tendría SJ con 30.2.

Con respecto a la pendiente o razón de cambio, el porcentaje de partos se incrementó más rápido en función de la PTAP registrada en SJ; mientras que el incremento menor de porcentaje de partos le corresponde a LS. Lo anterior puede tener relación con las razas que componen los hatos. En SJ, las razas son de origen europeo, tanto puras como sus cruces, lo que inclusive posibilita la expresión de vigor híbrido; mientras que, en los hatos de los otros dos ranchos, los animales son Beefmaster, raza con genes de cebú Brahman, con menor grado de fertilidad inherente.

Las ecuaciones de regresión estimadas (Cuadro 2) permitieron realizar predicciones de porcentaje de partos para cada año, con base en la PTAP registrada el año inmediato anterior (Figura 3).

Los valores del coeficiente de determinación (R^2 , Cuadro 2), como estimador de la bondad de ajuste del modelo, pueden considerarse adecuados, pues la precipitación es normalmente muy variable en los agostaderos (Herbel & Gibbens, 1996; Khumalo & Holechek, 2005). Asimismo, el error estándar asociado

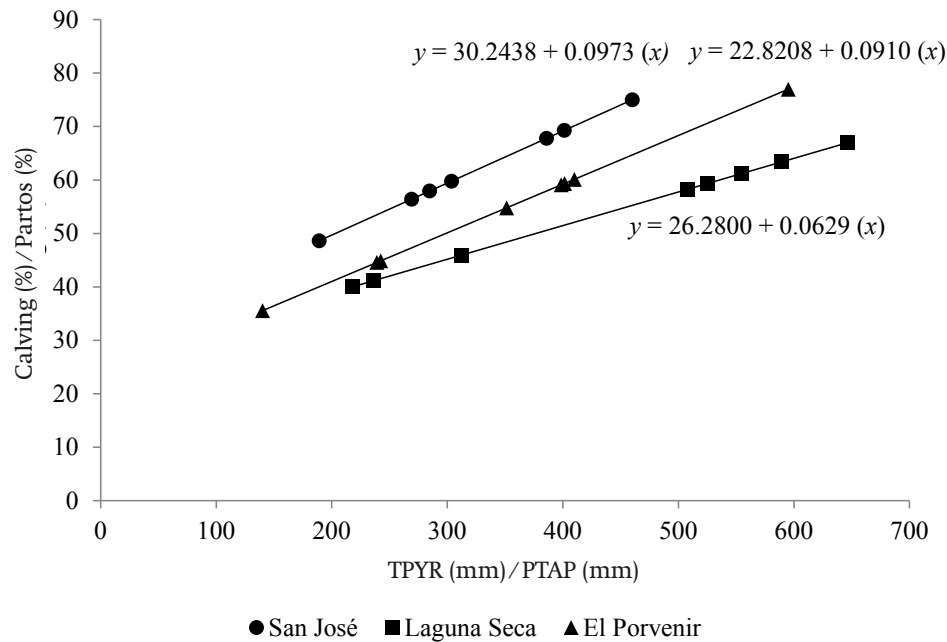


Figure 3. Regression lines and equations of the calving percentage (y) and the total previous year's rainfall, TPYR (x), associated with the three ranches considered.

Figura 3. Líneas y ecuaciones de regresión del porcentaje de partos (y) y la precipitación total anual de año anterior, PTAP (x) asociadas a los tres ranchos considerados.

Table 3. Predicted and recorded calving percentages in 2015 based on the rainfall in 2014, in three ranches in the Potosino-Zacatecano highlands.

Cuadro 3. Porcentaje de partos predichos y registrados en 2015 con base en la precipitación de 2014, en tres ranchos del Altiplano Potosino-Zacatecano.

Ranch/ Rancho	2014 TPYR (mm)/ PTAP 2014 (mm)	2015 Calving %/Partos 2015 (%)		
		Predicted/ Predichos	Recorded/ Registrados	Confidence interval/ Intervalo de confianza 95 %
Laguna Seca	363.4	49.1	64.0	41.0 - 57.3
San José	394.8	68.7	66.5	60.7 - 76.6
El Porvenir	454.5	60.4	72.2	53.6 - 67.1

In SJ, a calving percentage occurred between the confidence limits, predicted at 95 %. It should be noted that in this ranch the supplementary feeding is exclusively for the calves. In the case of EP, the calving percentage recorded in 2015 (72.2 %) was 7.6 % higher than the prediction at 95 % confidence; this may have been due to the supplementation prior to the mating season, lower cow/bull ratios and recent sire renewal.

Conclusions

With regression equations based on the births recorded each year and the rainfall recorded in the immediately preceding year, a reliable estimate of the number of expected births in the current year can be obtained.

a un valor predicho por las ecuaciones de regresión fue estimado para cada rancho (Cuadro 2).

Los porcentajes de partos predichos para 2015 (PTAP de 2014) se contrastaron con los porcentajes registrados para el mismo en cada uno de los tres ranchos (Cuadro 3). Aunque las predicciones de los tres ranchos son aceptables, el porcentaje de partos registrado en LS durante 2015 (64 %) fue 11.7 % mayor que el predicho al 95 % de confianza; este resultado puede deberse a que en años recientes se inició la suplementación proteica permanente en el hato reproductor, una parte del hato se insemina artificialmente y también se permite la monta directa; todas esas prácticas pueden favorecer las tasas de concepción y partos, aunque a mayor costo.

Thus, these functions can be used to make decisions and generate efficiency indicators of ranch production.

The calving percentages recorded in Laguna Seca and El Porvenir were 11.7 and 7.6 %, respectively, greater than the predictions, probably due to recent practices that favor herd reproduction but that also make production more expensive.

Acknowledgments

The authors wish to thank the following:

Jaime Valle Méndez, owner of the LS ranch; María de los Ángeles Vega Calzada, owner of the SJ ranch; and Herminio Gutiérrez Uribe, owner of EP, for their excellent disposition and for providing the reproductive records of their cattle.

Jesús Liñán Guevara, local CONAGUA director in San Luis Potosí and Humberto A. Díaz Valdez, head of the hydrometeorology project of the local CONAGUA management office in Zacatecas for providing the 2011-2014 rainfall figures.

Estaro Camacho Rosales, BSc in geography, for providing the location map of the study area.

Mexico's National Science and Technology Council for scholarship 230424 awarded to the corresponding author for his doctoral studies.

End of English version

References / Referencias

- Aguirre, J. R. (1983). Enfoques para el estudio de las actividades agrícolas en el Altiplano Potosino-Zacatecano. In: J. T. Molina. (Ed.), *Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México* (pp. 105-115). Chapingo, México: Colegio de Postgraduados.
- Bishop, E. J. B. (1978). The performance of a beef breeding herd subjected to continuous mating in the Valley Bushveld of the Eastern Cape. *South African Journal of Animal Science*, 8,15-18.
- Callejas, J. N., Aranda, G. H., Rebollar, R. S., & De la Fuente, M. M.L. (2014). Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México. *Agronomía Mesoamericana*. 25(1),133-139.
- Carpenter, B. B. 1998. Beef cattle reproduction in the south Texas region of Tamaulipas Biotic Province. In: Memoria del taller de ganadería de bovinos de carne del noreste de México y sur de Texas. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. UAT. Ciudad Victoria, Tamaulipas. México. pp. 145-152.

Por su parte, en SJ ocurrió un porcentaje de partos ubicado entre los límites de confianza predichos al 95 %; cabe señalar que en este rancho la alimentación suplementaria es exclusivamente para los becerros. En el caso de EP, el porcentaje de partos registrado en 2015 (72.2 %) fue mayor 7.6 puntos porcentuales que la predicción al 95 % de confianza; ello pudo deberse a la suplementación previa a la época de monta, relaciones vacas/toro menor y renovación reciente de sementales.

Conclusiones

Con las ecuaciones de regresión basadas en los partos registrados cada año y la precipitación registrada en el año inmediato anterior correspondiente se puede tener una estimación confiable de la cantidad de partos esperables en el año en curso. Entonces, esas funciones pueden ser usadas para tomar decisiones y generar indicadores de eficiencia de la producción de los ranchos.

Los porcentajes de partos registrados en Laguna Seca y El Porvenir fueron 11.7 y 7.6 %, respectivamente, mayores que las predicciones, debido probablemente a prácticas recientes que favorecen la reproducción del ható pero que encarecen la producción.

Agradecimientos

A Jaime Valle Méndez, propietario del rancho LS; a María de los Ángeles Vega Calzada, propietaria del rancho SJ; y Herminio Gutiérrez Uribe, propietario de EP, por su excelente disposición y por proporcionar los registros reproductivos de su ganado.

A Jesús Liñán Guevara, Director Local de la CONAGUA en San Luis Potosí y a Humberto A. Díaz Valdez, Jefe del Proyecto de Hidrometeorología de la Dirección Local de la CONAGUA en Zacatecas por facilitar las cifras de precipitación de 2011-2014.

A Estardo Camacho Rosales, por facilitar el plano de localización del área de estudio.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca 230424 otorgada al autor para correspondencia durante sus estudios doctorales.

Fin de la versión en español

- De Alba, J. (1985). Reproducción animal. México: La Prensa Médica Mexicana.
- Field, T. G. (2006). Beef production and management decisions. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Fisher, R. A., & F. Yates. (1963). Statistical tables for biological, agricultural and medical research. 6th ed. London, England: Longman.
- García, E. R. (2006). Factores nutricionales y de manejo que afectan la eficiencia productiva de vacas Charolais y Hereford en agostadero. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México.
- Garrick, D. J., & Golden, B. L. (2009). Producing and using genetic evaluations in the United States beef industry of today. *Journal of Animal Science*, 87(14_suppl), E11-E18.
- Giménez, de A. J., & González, C. O. (2011). Pisos de vegetación de la sierra de Catorce y territorios circundantes (San Luis Potosí, México). *Acta Botánica Mexicana*. (94), 91-123.
- Herbel, C. H., & Gibbens, R. P. (1996). Post-drought vegetation dynamics on arid rangelands in southern New Mexico. Las Cruces, New Mexico. USA: New Mexico Agricultural Experiment Station Bulletin 776.
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H. (2011). Range management, principles and practices. 6th ed. Upper Saddle River, New Jersey. USA: Prentice Hall.
- INEGI. (2001). Cartas físicas temáticas (climatológica, geológica, hidrología superficial, hidrología subterránea, edafológica, y vegetación y uso actual) de San Luis Potosí y Zacatecas. Retrieved from: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes. México.
- Jöchle, W. (1972). Seasonal fluctuations of reproductive functions in Zebu cattle. *International Journal of Biometeorology*. 16 (2), 131-144.
- Khumalo, G., & Holechek, J. (2005). Relationships between Chihuahuan Desert perennial grass production and precipitation. *Rangeland Ecology & Management*, 58(3), 239-246.
- Luna, N. P., Bailey, D. W., Bailey, C. C., VanLeeuwen, D. M., Enns, R. M., Silver, G. A., deAtley, K. L., & Thomas, M. G. (2010). Growth characteristics, reproductive performance, and evaluation of their associative relationships in Brangus cattle managed in a Chihuahuan Desert production system. *Journal of Animal Science*, 88(5), 1891-1904.
- Morrison, D. G., Spitzer, J. C., & Perkins, J. L. (1999). Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. *Journal of Animal Science*, 77(5), 1048-1054.
- Negrete, S. L. O., Aguirre, R. J. R., Pinos, R. J. M., & Reyes, H. H. (2016). Beneficio de la parcelación de los agostaderos comunales del ejido "El Castañón", municipio Catorce, San Luis Potosí: 1993-2013. *Agrociencia* 50 (4), 511-532.
- Ruechel, J. (2012). Grass-fed cattle: How to produce and market natural beef. Storey Publishing.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2015). Normales climatológicas por estación. Retrieved from: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). Principles and procedures of statistics. *A biometrical approach*. 3rd ed. Boston, Massachusetts, USA: Mc Graw-Hill.
- Tamayo, J. L. (2012). Geografía moderna de México. 13^a ed. México, D.F. México: Trillas.
- Thomas, M., Hawkes, J., Khumalo, G., & Holechek, J. L. (2007). Brangus cow-calf performance under two stocking levels on Chihuahuan Desert rangeland. *Rangeland Ecology and Management*, 60,110-114.
- Winder, J. A., Bailey, C. C., Thomas, M., & Holechek, J. (2000). Breed and stocking rate effects on Chihuahuan Desert cattle production. *Journal of Range Management*. 53: 32-38.
- Wright I. A., Rhind, S. M., & Whyte, T. K. (1992). A note on the effects of pattern of food intake and body condition on the duration of the post-partum anoestrus period and LH profiles in beef cows. *Animal Production*. 54, 143-146.