

# Evaluación económica de dos variaciones de un tratamiento lactoinductor en vaquillas de reemplazo en un sistema de doble propósito tropical

## Economic evaluation of two variations of a hormonal induction treatment in replacement heifers in a tropical dual purpose system

Sinaí Centeno Bautista\* Carlos Luna Palomera\*\* Julio Armando Aguilar Cabrales\*\*  
Alfonso Pérez Mora\*\*\* Karla Rodríguez Hernández†  
Alejandro Villa Godoy‡ Rafael Trueta Santiago\*

---

### Abstract

The aim of this study was to evaluate the productivity and profitability of two commercial sources of progesterone therapy as part of a hormonal induction treatment in a heifer dual purpose herd. A second objective was to determine the productivity and profitability of a recombinant bovine somatotropin (ST) application during induced lactation. Forty four Holstein heifers × Zebu crosses were used. Four treatments and two control groups were evaluated. For economic analysis all components of total cost (TC) of the companies were considered, further there was a simulation which was designed for three natural lactations after the hormonal induction, based on two scenarios in which different body weights were considered as different periods. Artificial induction of lactation yielded a 100% success rate in the four groups of animals with no statistical differences between them ( $P > 0.05$ ). The best cost-benefit ratio (CBR) was recorded by CIDR treatment without ST. Although the four treatments showed economic viability, those without ST had a better ratio (B / C) than those supplemented with ST. As for the net present value (NPV), the benefits updated showed that the profits were higher when ST was not applied and, mainly, in the CIDR treatment. The internal rate of return (IRR) reveals that most of the treatments have a yield above 20%.

**Key words:** HORMONAL INDUCTION TREATMENT, INDUCED LACTATION, ECONOMIC ANALYSIS.

### Resumen

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) evaluar la productividad y rentabilidad de dos fuentes comerciales de progesterona como integrantes de un tratamiento lactoinductor en vaquillas de reemplazo de un hato de doble propósito y 2) determinar la productividad y rentabilidad de la aplicación de somatotropina bovina recombinante (ST) durante la lactación inducida. Se usaron 44 novillonas producto de cruza Holstein × Cebú. Se evaluaron cuatro tratamientos y se manejaron dos grupos testigo. Para el análisis económico se consideraron todos los componentes del costo total (CT) de las empresas, adicionalmente se realizó una simulación en la que se proyectó para tres lactaciones naturales posteriores a la lactoinducción, basadas en dos escenarios en los que se consideraron diferentes pesos corporales como diferentes periodos. En los cuatro grupos de animales lactoinducidos, el 100% de las vaquillas respondió al tratamiento sin diferencias estadísticas entre ellas ( $P > 0.05$ ). La mejor relación beneficio-costos (RBC) la registró el tratamiento CIDR sin ST. Si bien los cuatro tratamientos presentaron viabilidad económica, los tratamientos sin ST presentaron mejor relación (beneficio/costo) que aquellos tratamientos que sí fueron complementados con ST. En cuanto al valor actual neto (VAN), los beneficios actualizados de todos los años muestran que las utilidades que generaron los tratamientos fueron superiores cuando no se aplicó ST y, principalmente, en el tratamiento con CIDR. La tasa interna de rentabilidad (TIR) revela que la mayoría de los tratamientos tienen una rentabilidad arriba del 20%.

**Palabras clave:** TRATAMIENTO LACTOINDUCTOR, LACTACIÓN INDUCIDA, EVALUACIÓN ECONÓMICA.

---

Recibido el 15 de junio de 2011 y aceptado el 12 de marzo de 2012.

\*Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, DF.

\*\*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km. 25, Carretera Villahermosa-Teapa, Centro, 86000 Tabasco, México.

\*\*\*Práctica privada. Chiapas 136, Frac. Guadalupe, CP 86180, Villahermosa Tabasco

†Campo experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Torreón, Coahuila.

‡Departamento de Fisiología y Farmacología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, DF.

Responsable de correspondencia: Rafael Trueta Santiago, correo electrónico: trueta@unam.mx

## Introduction

Financial earnings in dairy production rely on a careful, efficient and profitable management of dairy herds. Poor reproductive performance of herds is a production limiting factor.<sup>1</sup> Management decisions in dairy production must be economically justified, thus a general purpose of studies relative to herd management is to evaluate economically any new procedure, to help farmers in taking the correct decision about adopting it or not as a new management tool.

The livestock enterprises engaged in dairy production have been affected by decreasing profitability. Some of the bottlenecks in production of dual purpose herds that operate under tropical conditions are: in heifers, the long interval between weaning and first calving, whereas in cows it is the long post-calving anestrus period.<sup>2</sup> However, from the producers' point of view, cows generate income from milk and calf sales; instead, heifers do not contribute to the liquidity of the farm. As consequence of that management decision, most heifers are left out from the best pastures and feed supplements, reaching first calving with a significant low body weight<sup>1-3</sup> and, in turn, recording low milk yields in at least their first two lactations.<sup>4</sup> Thus from the economic and scientific point of view results important to reverse the situation described before. To guarantee that dual purpose replacement heifers reached their first calving with an adequate body weight, it is suggested to induce hormonally a lactation before their first reproductive service, generate income by selling their own milk, insure the purchase of feed supplements for them, achieve adequate weight gain, breed the heifers during the hormonally induced lactation and get them into their first calving with an adequate body weight.

Hormonal induction of lactation has been developed to reduce the culling rates due to reproductive failure, extend the productive life of high yielding dairy cows to improve income and reduce production costs; for dairy heifers programmed for culling due to infertility, the aim of using this technology is to reduce costs for purchasing costly replacements that are frequently unavailable and to obtain an income due to the sold milk that otherwise would not be produced by the culled heifer. In previous studies conducted in Mexico,<sup>5-7</sup> it was shown that 100% of dairy cows and heifers responded with milk yields higher than 9 kg/day to treatments designed to induce lactations. Besides, those animals had a similar milk yield per day of lactation, than yield that obtained in their previous natural lactations<sup>5</sup>. In addition, animals induced to lactate produced between 78 and 82% of milk/day of lactation when contrasted with contemporary natural lac-

## Introducción

Las ganancias financieras en la producción de leche descansan en un manejo cuidadoso, eficiente y rentable de los hatos lecheros; en este sentido, el pobre desempeño reproductivo de los hatos es un factor limitante de la producción.<sup>1</sup> Las decisiones de manejo en las producciones lecheras deben justificarse económicamente, por lo que el objetivo final fue ayudar a los productores a tomar las mejores decisiones respecto a la gestión de sus hatos lecheros.

Las empresas ganaderas dedicadas a la producción lechera se han visto afectadas por la disminución de su rentabilidad. Algunos de los cuellos de botella en la producción de los hatos de doble propósito son: en las vaquillas, el prolongado intervalo del destete al primer parto, mientras que en las vacas destaca el largo período del anestro posparto.<sup>2</sup> No obstante, ante la visión del productor, las vacas generan ingresos provenientes de la venta de leche y de los becerros, en cambio las vaquillas no contribuyen a la liquidez de la empresa y por ello quedan relegadas de las mejores pasturas y de complementos alimenticios; de esta forma son mantenidas en las praderas de menor calidad, lo que explica que lleguen al primer parto con un peso corporal considerablemente menor al adecuado,<sup>1-3</sup> y a su vez condiciona los bajos niveles de producción registrados en al menos dos de sus lactaciones.<sup>4</sup> Existe el interés de revertir la situación descrita desde el punto de vista económico y científico. Una posibilidad de lograr que las vaquillas de reemplazo presenten su primer parto con un peso corporal adecuado sería la aplicación de tratamientos inductores de la lactación antes de su primer servicio reproductivo, para generar ingresos mediante la venta de la leche producida por ellas, asegurar la compra de concentrados para su consumo, lograr así ganancias de peso adecuadas, servir las y gestarlas durante la lactación inducida para lograr su primer parto con un peso corporal adecuado.

La tecnología para inducir la lactación por medios hormonales ha sido desarrollada para reducir la tasa de desechos por causas reproductivas, prolongar la vida productiva de las vacas y reducir los costos de producción en vacas de lechería tecnificada; en el caso de vaquillas del mismo sistema, mediante el uso de esta tecnología se pretende reducir la compra de reemplazos y pagar los costos de alimentación durante su crecimiento, que de otra manera serían eliminadas del hato por infertilidad. Estudios anteriores realizados en México<sup>5-7</sup> indican que el 100% de vacas y vaquillas lecheras responden con niveles de producción mayores a 9 kg/día a varios tratamientos diseñados para inducir la lactación; los animales lactoinducidos producen cantidades similares de leche por día de lactación, cuando

tating animals.<sup>6,8</sup> In a different line of research, it was determined that the administration of recombinant bovine somatotropin (ST) during a natural lactation, increases milk yield in cows from intensive<sup>9</sup> and dual purpose systems,<sup>10,11</sup> because it stimulates galactopoiesis or persistency;<sup>9,12</sup> however, it has not been established if ST affects milk production in animals whose lactation was hormonally induced, either in high yielding dairy females or dual purpose cattle. It has been observed that for several reasons, feed intake is commonly insufficient to satisfy nutrient requirements in dual purpose cows<sup>13,14</sup> as well as in dairy cows from intensive systems.<sup>15,16</sup> In this sense, the increase in energy requirements due to higher milk yields without the concomitant increase in energy intake, promotes a stage of negative energy balance,<sup>16,17</sup> induces mobilization of energy reserves stored in body tissues, as well as body condition (BC) and body weight (BW) losses, which are associated with poor reproductive performance in cows<sup>17-18</sup> and heifers<sup>19-21</sup> in both production systems. Thus, the importance of an adequate development of heifers, particularly during their first pregnancy, is that it will impact their productive life,<sup>4</sup> due to a reduced BW at first calving. This effect was demonstrated to be critical in Holstein × Zebu heifers,<sup>4</sup> since those who had a body weight  $\geq 450$  kg at first calving duplicated their milk yield during the first two lactations, in contrast to those that weighed  $\leq 400$  kg. In the cited work, heifers that registered less than 400 kg at first calving, showed a milk yield pattern similar to the low performance recorded in cows from the Mexican tropics.<sup>3</sup> Therefore, feeding and handling strategies of replacement heifers may not only affect the productivity of the raising process, but the productive life span of the animal in general.

Although several studies on reproductive efficiency and hormonal treatments to induce lactations in dairy cows have been conducted, few have included an economic analysis. In order to adopt the lactation induction technology as a management tool in milk production, it must be demonstrated that it is financially sound.<sup>12</sup> Therefore, in order to take rational decisions to adopt a new technology, the producer needs a valid estimate of the future profitability of it under the commercial environment that surrounds his/her enterprise.<sup>1</sup> With regard to the aforementioned, the main objective of the present study was to evaluate the productivity and profitability of two commercial sources of progesterone (injected or applied via an intravaginal progesterone-releasing device: CIDR), as components of a hormonal protocol to induce lactations (IL) in replacement heifers in a dual purpose herd. The second objective was to determine the productivity and profitability of ST administration during the induced lactation of IL animals. Both objectives are based on

se comparan con la producción de lactaciones naturales anteriores<sup>5</sup> y generan entre 78 y 82% de leche/día de lactación con respecto a animales de lactación natural.<sup>6,8</sup> Por otro lado, la aplicación de somatotropina bovina recombinante (ST) durante una lactación natural, aumenta la producción de leche en vacas de sistemas intensivos<sup>9</sup> y de doble propósito,<sup>10-11</sup> pues estimula la galactopoyesis o persistencia;<sup>9,12</sup> sin embargo, no se ha establecido si la ST afecta la producción láctea en animales cuya lactación fue inducida hormonalmente, tanto en sistemas de lechería tecnificada como en doble propósito. Se ha observado que por distintas razones, el consumo de alimento habitualmente es insuficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales tanto en vacas de doble propósito<sup>13,14</sup> como de lechería tecnificada.<sup>15,16</sup> En este sentido, el aumento de los requerimientos energéticos determinados por la producción de leche sin el concomitante aumento en el consumo de energía en la dieta, promueve una condición de balance negativo de energía,<sup>16,17</sup> induce la movilización de reservas almacenadas en los tejidos corporales,<sup>15</sup> la pérdida de condición corporal (CC) y el descenso en la actividad reproductiva de vacas<sup>17,18</sup> y vaquillas<sup>19-21</sup> de ambos sistemas de producción. Es así que la importancia de un desarrollo adecuado de la vaquilla, particularmente durante su primera gestación, impacta la vida productiva del animal,<sup>4</sup> aspecto demostrado en vaquillas Holstein × Cebú, ya que aquéllas que tienen un peso corporal  $\geq 450$  kg en su primer parto, producen más del doble de leche durante las dos primeras lactaciones, en comparación con las que pesan  $\leq 400$  kg, las cuales presentan un patrón de producción láctea similar al bajo promedio registrado en las vacas del trópico mexicano.<sup>3</sup> Por lo tanto, las estrategias de alimentación y manejo de las hembras de reemplazo pueden no sólo afectar la productividad del proceso de crianza, sino la vida productiva del animal.

Por otro lado, aunque se han realizado muchos estudios sobre la eficiencia reproductiva y los tratamientos hormonales en vacas lecheras, pocos han integrado un análisis económico. Con el fin de que la inducción de la lactancia sea adoptada como herramienta de gestión en las producciones lecheras, ésta debe demostrar ser económicamente viable,<sup>12</sup> por lo que, para tomar decisiones racionales, el productor necesita contar con una estimación válida de la rentabilidad futura de cada vaca.<sup>1</sup> En consideración a lo anterior, el principal objetivo del presente trabajo fue evaluar la productividad y rentabilidad de dos fuentes comerciales de progesterona, inyectada y en un dispositivo de liberación intravaginal o CIDR (por sus siglas en inglés), como integrantes de un tratamiento lactoinductor en vaquillas de reemplazo de un hato de doble propósito. El segundo objetivo fue determinar la productividad y rentabilidad de la aplicación de ST durante la lactación inducida en

the understanding that the production unit is an enterprise where all management decisions must be economically justified, as a strategy to optimize health and welfare of animals and efficiency of the enterprise.

## Material and methods

The study was carried out at Rancho La Carolina, located in the municipality of del Centro, Tabasco. The herd includes approximately 200 cows in line to be milked with double milking/day, and produces its own replacements by artificial insemination (AI) or natural service (NS). Calves are raised artificially from birth to weaning, initiating grazing gradually throughout the growth period.

Forty four Holstein × Zebu and 22 Simmental × Zebu heifers were used; in average their breeds' proportion was  $51.84 \pm .01\%$  (*Bos taurus* × *Bos indicus*). All heifers were clinically healthy, weighed in average,  $333.75 \pm 37.72$  kg and their BC was  $3.18 \pm 0.35$ . Animals were allowed to graze freely and received 2 kg (1 kg in the morning and 1 kg in the evening) of a commercial supplement with 18% crude protein and 3.0% fat. Heifers were randomly distributed in blocks (block criterion: body weight) and the experimental groups were homogenous with respect to breed composition and BC. Treatments were based on validated methodologies,<sup>5-8</sup> as described below:

1. Progesterone injection (PI, n = 11): a) Intramuscular administration (IM) of 0.5 mg/kg/day of progesterone\* and 0.06 mg/kg/day of estradiol cypionate\*\* from day 1 to 7; b) IM injection of 0.03 mg/kg/day of estradiol cypionate from day 8 to 14; c) Subcutaneous administration (SC) of 500 mg/animal of ST\*\*\* on days 1, 7, 14 and 21; and d) IM administration of 2.5 mg/cow/day of flumethasone† from days 18 to 21 (Figure 1).
2. Injected progesterone plus ST during lactation (PI + ST, n = 11): treatment was similar to the previous, but ST was administered (500 mg/animal) every 14 days after the initiation of lactation.
3. Progesterone with CIDR (CIDR, n = 11). The protocol was similar to the first treatment, but PI was substituted by CIDR\* with 1.9 mg of progesterone left *in situ* from day 1 to 7.
4. Progesterone in CIDR plus ST during lactation (CIDR + ST, n = 11): was similar to the third treatment, but heifers received ST every 14 days after the initiation of lactation.

Controls: The replacement females whose calving

los animales previamente indicados. Ambos objetivos se basan en que la unidad de producción de una empresa donde todas las decisiones de gestión, incluyendo las vacas y las decisiones de tratamiento, deben ser económicamente justificadas como una estrategia para optimizar la salud del hato y la eficiencia de la empresa.

## Material y métodos

La investigación se llevó a cabo en el Rancho La Carolina, ubicado en el municipio del Centro, Tabasco. El hato incluye aproximadamente 200 vacas en línea con doble ordeña/día, y produce sus propios reemplazos mediante inseminación artificial (IA) y monta natural (MN). Las becerras son criadas en forma artificial desde el nacimiento, iniciándolas al pastoreo en forma paulatina a lo largo de su desarrollo.

Se usaron 44 novillonas, producto de cruza Holstein × Cebú y en menor proporción Simmental × Cebú, con niveles de encaste de  $51.84 \pm .01\%$  en promedio (*Bos taurus* × *Bos indicus*). Las novillonas, clínicamente sanas, tuvieron un peso corporal promedio de  $333.75 \pm 37.72$  kg y la CC de  $3.18 \pm 0.35$ . Los animales fueron mantenidos en pastoreo y recibieron 2 kg (1 kg en la mañana y 1 kg en la tarde) de un concentrado comercial con 18% de proteína cruda y 3.0% de grasa. Las vaquillas fueron distribuidas en forma de bloques al azar (criterio de bloque: peso corporal) y se procuró que los grupos experimentales fueran homogéneos en cuanto a nivel de encaste racial y condición corporal. Los tratamientos se basaron en metodologías ya validadas,<sup>5-8</sup> como se describe a continuación:

1. Progesterona inyectada (PI, n=11): a) Administración intramuscular (IM) de 0.5 mg/kg/día de progesterona\* y de 0.06 mg/kg/día de cipionato de estradiol\*\* del día 1 al 7; b) Inyección IM de 0.03 mg/kg/día de cipionato de estradiol del día 8 al 14; c) Aplicación subcutánea (SC) de 500 mg/animal de ST\*\*\* los días 1, 7, 14 y 21; y d) Los días 18 al 20 se administró por vía IM 2.5 mg/vaca/día de flumetasona† (Figura 1).
2. Progesterona inyectada más ST durante la lactación (PI+ST, n=11); fue similar al anterior pero se administró ST (500 mg/animal) cada 14 días después de iniciada la lactación.
3. Progesterona en CIDR (CIDR, n = 11): El protocolo fue similar al del primer tratamiento, pero la PI fue sustituida por un CIDR‡ con 1.9 mg de progesterona que permaneció *in situ* del día 1 al 7.

\*Progesterona, Fort Dodge Animal Health, México.

\*\*ECP, Pfizer, México.

\*\*\*Lactotropina, Monsanto. Estados Unidos de América.

†Fluvel, Fort Dodge Animal Health, México.

‡ CIDR, Pfizer, México.

occurred around the beginning of milking of heifers in LI treatment ( $\pm 35$  days) were randomly distributed into two control groups: Natural lactation or absolute control (NL,  $n = 11$ ) in which animals did not receive any treatment, and a positive control group receiving ST every 14 days from day 14 post-calving (NL + ST,  $n = 11$ ).

All heifers receiving IL treatments were milked at fromday 21 after the beginning of treatments. Milk yield was recorded, for each animal, once a week. Both BC and BW were determined every 28 days.

The productive response variables were: milk yield per day of lactation, accumulated milk yield during milking period, changes in BW and BC. The continuous variables were analyzed by ANOVA using PROX MIXED (SAS statistic package).<sup>22</sup> In the statistical model, treatments, sampling periods and their interactions were considered as main effects, and the genetic group was considered as a block; cows within treatment, were considered as random effects.

In order to perform the economic analysis, data from the economic variables were obtained through semi-structured interviews, directed towards the owner of Rancho La Carolina. Once the information was obtained, a database was developed in Excell<sup>®23</sup> to quantify and evaluate costs and benefits of the different treatments administered. Simultaneously, economic information was obtained from a second dual purpose production unit: Rancho El 40, which was used as control in order to compare cost structure of both production units. Rancho El 40 counts with a herd of 30 cows in the milky line to be milked. In order to carry out this economic analysis, all total cost components (TC) of the enterprise (investment, labor, nutrition,

4. Progesterona en CIDR más ST durante la lactación (CIDR + ST,  $n=11$ ); fue como el tercer tratamiento, pero las vaquillas recibieron ST cada 14 días después de iniciada la lactación.

Las hembras de reemplazo cuyo parto ocurrió en la fecha de inicio de la ordeña de las vaquillas lactoinducidas ( $\pm 35d$ ) y aplicando los criterios descritos, se subdividieron en dos grupos testigo: testigo absoluto de lactación natural (LN,  $n = 11$ ), cuando los animales no recibieron tratamiento alguno, y testigo apoyado con ST cada 14d a partir del día 14 posparto (LN + ST,  $n = 11$ ).

Todas las vaquillas lactoinducidas (LI) se iniciaron en la ordeña a los 21 días del inicio del tratamiento. La producción de leche se registró para cada animal una vez por semana. Tanto la CC como el peso de los animales se determinaron cada 28 días.

Las variables de respuesta productiva fueron: producción de leche por día de lactación, producción acumulada de leche en el periodo de ordeña, cambios en el peso y en la CC. Las variables continuas fueron analizadas por ANDEVA mediante PROX MIXED del paquete estadístico SAS.<sup>22</sup> En el modelo estadístico se consideró el tratamiento, los periodos de muestreo y sus interacciones como efectos principales, y el grupo genético como bloque que, junto con las vacas dentro del tratamiento, fueron considerados efectos aleatorios.

Para realizar el análisis económico, la información de las variables económicas se obtuvo a través de entrevistas semiestructuradas, dirigidas al propietario del Rancho La Carolina. Una vez obtenida la información, se vació en una base de datos en Excel<sup>®23</sup> para cuantificar y valorar los costos y los beneficios de los diferentes tratamientos efectuados. De manera simultánea a la recopilación de la información en el Rancho La Carolina, se obtuvo información económica de una segunda unidad de producción de doble propósito: rancho El 40, la cual se utilizó como testigo para comparar la estructura de los costos de ambas producciones. El Rancho El 40 cuenta con un hato de 30 vacas en línea. Para la realización de este análisis económico, en ambas unidades de producción se consideraron todos los componentes del costo total (CT) de las empresas (inversión, mano de obra, alimentación, medicamentos y hormonas, entre otros). A partir de los CT se calcularon los costos unitarios (CU) y ambos fueron clasificados en las categorías de variables (CV) y fijos (CF). Del mismo modo se obtuvieron los ingresos que recibieron por ventas de leche y otros conceptos (becerros, desecho, pieles, etc.). Con esta información se estimaron las estructuras de costos e ingresos, las utilidades, la rentabilidad y el punto de equilibrio en las unidades de producción. En el caso específico de La Carolina se establecieron estos valores para el grupo

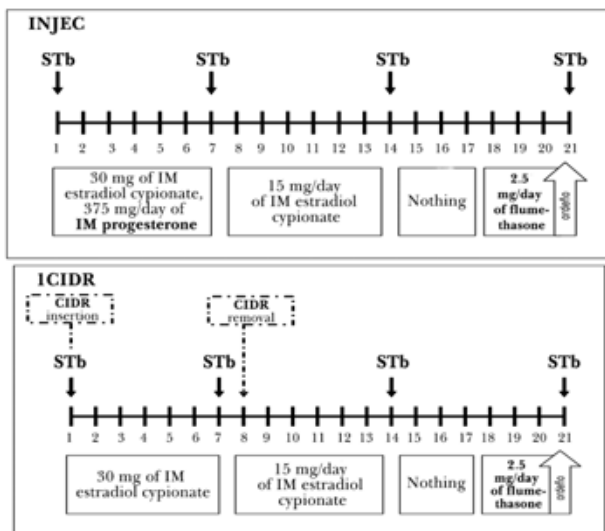


FIGURA 1. Protocolos utilizados para la inducción de la lactancia.<sup>8</sup>

FIGURE 1. Protocols used for induction of lactation.<sup>8</sup>

medicines and hormones, among others). From the total cost (TC), unit costs (UC) were calculated and both were classified in variable (VC) and fixed (FC) categories. In the same way, the income received for milk sales and other concepts (calves, waste, skin, etc.) were obtained. With this information, the structure of costs and incomes, profits, profitability and break-even point in the production units were estimated. In the specific case of La Carolina, these values were established for the group without treatment. Conversely, since this ranch counts with different buyers to which milk is sold at different prices, the retail milk price was pondered by volume and was fixed to 4.43 pesos/L.

Subsequently, for groups LI (PI + ST, CIDR, CIDR + ST), the cost of the different treatments was added, both for the concept of administering the treatment and for the increase of supplementing feeding and the additional labor associated with milk yield; for this, a format of part budgets<sup>24</sup> was used, in which additional, reduced or eliminated costs and incomes are taken into account (Table 1).

Additional incomes were considered from selling the milk produced by induced heifers. No reduced costs were identified, but the additional costs were identified as those that increased due to the administration of the treatment, that is, drugs (hormones), feed, labor and milking. In order to estimate the additional costs associated with labor, the number of days in which each treatment was administered; considering that a minimum of one person is needed for the administration of drugs and a salary cost of 130 pesos/day, which is what it is paid in that region, was evaluated. For feeding, cost of feed used for all treatments was estimated, including NL groups, based on intake of feed per day and feed price (3.38 pesos/kg); as well as the number of days of feeding (161 days). With regard to milking, an additional cost of 3.07 pesos/cow/day was estimated. In the case of NL groups, the attributed expenditures are the obtained in the La Carolina costs structure, which take into account drugs and labor costs. For group NL + ST, an expenditure of 957 pesos was added, corresponding to the ST cost along with the respective expense of labor. In order to explain the differences in expenditures on treatments, the weight of a heifer was standardized at 350 kg. It is worth mentioning that the development of the research was hampered by floods in the state of Tabasco in 2007, for which the milk yield record was interrupted on day 161 of lactation.

By knowing the production mean observed for each treatment in that period, it was proceeded to simulate what would have happened with the subsequent natural lactations, once the first lactation was concluded (induced or natural) and on the assumption that a greater weight of 300 kg had been reached.

sin complementación hormonal. Por otro lado, dado que este rancho cuenta con diferentes compradores a los que se les vende la leche a diferentes precios, el precio de venta de la leche se ponderó por volumen y se fijó el precio de \$4.43 por litro.

Posteriormente, para los grupos LI (PI+ST, CIDR, CIDR+ST) se adicionó el costo de los diferentes tratamientos utilizados, tanto por el concepto de la aplicación de los tratamientos como por el incremento en complementación de alimento y la mano de obra adicional asociada con la mayor producción de leche; para este fin se utilizó un formato de presupuestos parciales<sup>24</sup> en el que se consideraron ingresos y gastos adicionales, reducidos o eliminados (Cuadro 1).

Se consideraron como ingresos adicionales los obtenidos por la venta de leche producida por las vaquillas inducidas. No se identificaron gastos reducidos, pero se identificaron como gastos adicionales aquéllos que se incrementaron a consecuencia de la aplicación de los tratamientos, es decir por concepto de fármacos (hormonas), alimento, mano de obra y ordeña. Para el cálculo de los gastos adicionales relacionados con la mano de obra, se contempló el número de días que se aplicó cada tratamiento, tomando en cuenta que se requiere un mínimo de una persona que administre los fármacos, y se valoró un costo por jornal de \$130/día, que es el que se paga en la zona. Para la alimentación, se calculó el costo del alimento utilizado para todos los tratamientos, incluyendo los grupos de LN, basados en el consumo de alimento al día y el precio del alimento (\$3.38/kg), así como el número de días que se alimentaron (161 días). En relación con la ordeña se estimó un costo adicional de \$3.07/vaca/día. En el caso de los grupos LN, los costos que se atribuyen son los que se obtuvieron en la estructura de costos de La Carolina, que contempla los costos por el concepto de fármacos y mano de obra. Para el grupo de LN+ST se agregó, además, un costo de \$957, correspondiente al costo de la ST junto con el costo respectivo de la mano de obra. Para poder explicar las diferencias en los costos de los tratamientos se estandarizó el peso de una vaquilla a 350 kg. Conviene mencionar que el desarrollo de la investigación fue entorpecido por las inundaciones que se presentaron en el estado de Tabasco en 2007, por lo que el registro de producción de leche fue interrumpido el día 161 de lactación.

Al conocer la media de producción observada para cada uno de los tratamientos en ese periodo, se procedió a simular lo que hubiese sucedido en sus lactaciones naturales posteriores, una vez concluida su primera lactación (inducida o natural) y en el supuesto de haber adquirido un peso mayor a los 300 kg. Esta simulación se proyectó para tres lactaciones naturales, posteriores a la lactoinducción, basadas en dos escenarios en que se consideran tanto diferentes pesos como

This simulation was projected for three natural lactations, subsequent to induction of lactation, based on two scenarios in which either different weights or different periods are considered.<sup>4</sup> In the first scenario, an animal that reaches first calving at 380 kg and has a milk yield of 1283 L in 156 days in milk (DIM). In the second scenario, a cow reaches first calving, weighs 480 kg and has a milk yield of 2132 L in 239 DIM (Figure 2). For the two subsequent NL, either animals whose first lactation was induced or natural, the same parameters were taken into account. An additional cost on feed, from 150 to 250 g of feed/L of milk production, was granted to each one of the lactations.<sup>24</sup> For each scenario, a mean of 8 and 9 L of milk, respectively, was estimated and the expenditure on feed and milk sale was 3.38 pesos/L and 4.43 pesos/L, respectively.

Finally, milk yield increase and annual revenue on product sale, benefits and profits obtained at the end

diferentes periodos.<sup>4</sup> En el primer escenario se considera a un animal que llega a primer parto a los 380 kg y tiene una producción de leche de 1283 L en 156 d en leche (DEL). En el segundo escenario se contempla una vaca que llega a primer parto con un peso de 480 kg y tiene una producción de leche de 2132 L en 239 DEL (Figura 2). Para las dos LN posteriores, tanto en animales cuya primera lactación fue inducida, como en los que presentaron lactación natural, se consideraron los mismos parámetros. A cada una de las lactaciones se le otorgó un costo adicional por concepto de alimento, de 150 a 250 g de alimento/L de leche producido.<sup>24</sup> Para cada escenario se estimó una media de 8 y 9 litros de leche, respectivamente, y el precio utilizado para el alimento y venta de leche fue de \$3.38 por litro y \$4.43 por litro, respectivamente.

Finalmente, con el aumento de producción de leche y el ingreso anual por concepto de venta del

**CUADRO 1**

Costos de producción del Rancho La Carolina  
Production costs of Rancho La Carolina

<i>Milk and meat</i>		<i>Costs attributed to milk 76.9%</i>		
<i>Total annual fixed cost* 100%</i>		<i>Total annual fixed cost</i>		
	<i>TC</i>		<i>TC</i>	<i>UC</i>
Full cost investment*	\$361 111.55	Full cost investment**	\$277 694.78	\$0.46
FCI	\$361 111.55	FCI	\$277 694.78	\$0.46
<i>Total variable costs 100%</i>		<i>Total variable costs</i>		
Total cost taxes	\$11 933.00	Total cost taxes	\$9 176.48	\$0.02
Overall labor costs	\$555 308.25	Overall labor cost	\$427 032.04	\$0.71
Full cost of services	\$14 464.50	Full cost service	\$11 123.20	\$0.02
Total maintenance costs	\$182 606.85	Total maintenance costs	\$140 424.67	\$0.23
Total feed cost	\$948 000.00	Total feed cost	\$729 012.00	\$1.21
Total drug costs	\$436 415.00	Total drug cost	\$335 603.14	\$0.56
Hormone cost	\$56 160.00	Hormone cost	\$43 187.04	\$0.07
Additional expenditure	\$6 288.00	Additional expenditure	\$4 835.47	\$0.01
TVC	\$2 211 175.6	TVC	\$1 700 394.04	\$2.82
Total cost	\$2 572 287.15	Total cost	\$1 978 088.82	\$3.28
		Cost per cow	\$2 640.97	

\*The amount of investment contemplates the construction investment with or without engine powered equipment and cattle.

\*\*The investment made in construction, equipment and cattle was considered as fixed costs. Constructions were depreciated over 50 years. Construction without engine powered equipment was given a recovery value of 5% and was depreciated over 10 years; engine powered equipment had a recovery value of 7% and depreciated at 5 years; finally, cattle were given a life span of 7 years.

of the three lactations, cost/benefit relationship, net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) for each of the treatments was determined.

## Results

### Animal performance

In the four groups of IL animals, 100% of heifers responded to treatment (Figure 3), starting with averages of  $3.43 \pm 0.40$ ,  $3.01 \pm 0.42$ ,  $2.80 \pm 0.38$  and  $3.08 \pm .40$  kg of milk/day for PI, PI + ST, CIDR and CIDR + ST, respectively, without statistical differences between them ( $P > 0.05$ ). As lactation progressed, production levels changed, most of all from week 15, where statistical differences were reflected ( $P < 0.01$ ) in favor of treatments PI + ST and CIDR + ST. The peak milk production occurred around week 11 of lactation, with production levels of  $6.31 \pm .40$ ,  $7.40 \pm .42$ ,  $6.30 \pm .38$  and  $7.10 \pm .40$  kg/day for PI, PI + ST, CIDR and CIDR + ST, respectively.

Milk production of IL animals was 80% relative to milk yield of NL animals. With regard to BW and BC, no differences were detected ( $P > 0.05$ ) during the first four months of lactation, among heifers under IL treatments (Figures 4 and 5). However, loss of BW and BC was observed afterwards in all groups. These changes had an influence on the reproductive behavior of all animals, prolonging the postpartum anestrus and affecting, at least partially, the poor reproductive performance, which is evident if it is considered that pregnancies at 100 days after the beginning of lactation were: 0% in IL heifers with CIDR, 4.5% for PI and 40.9% for NL animals ( $P > 0.05$ ).

### Economic analysis

#### Rancho La Carolina

Since dual purpose generates two products simultaneously and expenses incurred are difficult to discriminate for one or other activity, the criterion of assign-

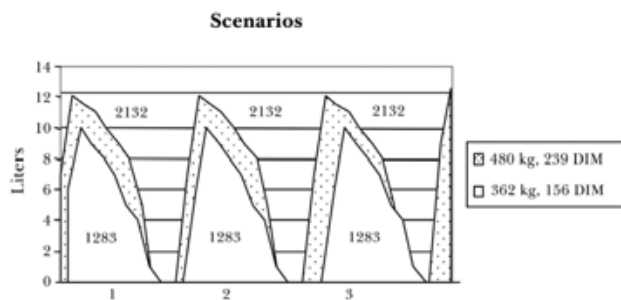


FIGURA 2. Alternativas de lactación.<sup>4</sup>

FIGURE 2. Lactation alternatives<sup>4</sup>

producto se determinaron los beneficios y utilidades obtenidos al final de las tres lactaciones, la relación beneficio-costo, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR) para cada uno de los tratamientos.

## Resultados

### Desempeño de los animales

En los cuatro grupos de animales lactoinducidos, el 100% de las vaquillas respondieron al tratamiento (Figura 3), iniciando con promedios de  $3.43 \pm 0.40$ ,  $3.01 \pm 0.42$ ,  $2.80 \pm 0.38$  y  $3.08 \pm .40$  kg de leche/d para PI, PI + ST, CIDR y CIDR + ST, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ellos ( $P > 0.05$ ). Conforme la lactancia fue avanzando, los niveles de producción fueron cambiando, sobre todo a partir de la semana 15, en la que se reflejaron diferencias estadísticas ( $P < 0.01$ ) a favor de los tratamientos PI + ST y CIDR + ST. El pico de producción ocurrió alrededor de la semana once de lactancia, con niveles de producción de  $6.31 \pm .40$ ,  $7.40 \pm .42$ ,  $6.30 \pm .38$  y  $7.10 \pm .40$  kg/día para PI, PI + ST, CIDR y CIDR + ST, respectivamente.

La producción láctea de los animales inducidos a lactar fue similar en 80% a la de las vacas de lactación natural. En relación con el peso y la condición corporal, no se detectaron diferencias ( $P > 0.05$ ) durante los primeros cuatro meses de lactación, entre las vaquillas de los grupos sometidos a LI (Figuras 4 y 5). No obstante, posteriormente se presentó una pérdida de peso y CC. Estos cambios influyeron sobre el comportamiento reproductivo de los animales, acentuando el anestro posparto y afectando, al menos parcialmente, el pobre desempeño reproductivo, lo que es evidente

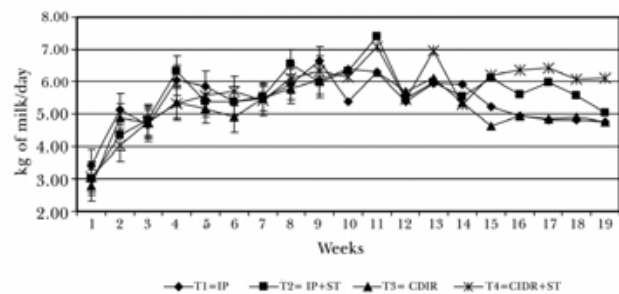


FIGURA 3. Producción promedio de leche por semana en los diferentes tratamientos de lactación inducida con progesterona inyectada o aplicada por vía intravaginal (PI o CIDR) y con somatotropina (ST) o sin ella durante la lactación. Tratamientos: (-◆-) CIDR, (-■-) CIDR + ST, (-▲-) PI, (-\*) PI + ST. No hubo diferencias entre ellos ( $P > 0.05$ ).

FIGURE 3. Average milk yield per week in different hormonal induction treatments with injected or intravaginal progesterone (IP or CIDR) and with or without somatotropin (ST) during lactation. Treatments: (-◆-) CIDR, (-■-) CIDR+ST, (-▲-) IP, (-\*) IP+ST. There were no differences between groups ( $P > 0.05$ ).

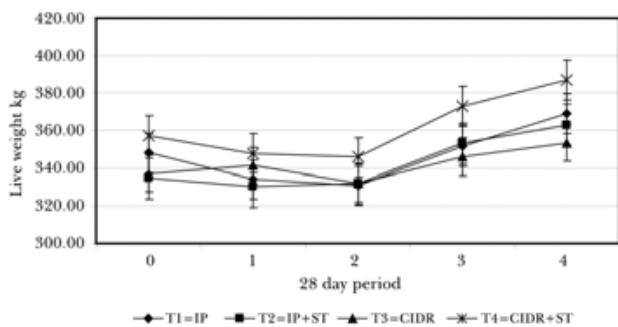


ment was considered as the percentage that each production represents of the total income. None of the two production units had access to credit. In this way, milk yield income at Rancho La Carolina represents 77% of the unit total income, so that same percentage was applied to total costs. Therefore, in the milk yield cost structure at Rancho La Carolina, fixed costs represent 14.04%, whereas variable costs represent 85.96% of total costs (Table 2 and 3). Monthly mean production was 272.24 L of milk/cow, with a unitary cost of 3.28 pesos/L and a selling price fixed at 4.43/L. Table 4 shows the estimation of the break-even point of production; it is evident that for a get even situation, Rancho La Carolina has to generate (present) a production of 172 164.91 liters of milk per year, which generate an annual income of \$762 874.94. This production level can be obtained using only 28.5% of its production capacity, that is, 53 cows with a monthly milk yield of 271.27 liters. Additionally, since incomes were \$2 673 996.53 and \$1 978 088.82 were the expenses, the amount of profits was \$695 907.71, which indicates a profitability of 26%.

### Rancho El 40

For Rancho El 40, milk yield income represents 70% of total income, so that same percentage was applied to total costs in order to attribute it to milk yield, obtaining the results shown in Table 5. The ranch has a monthly mean production of 283.86 liters of milk/cow, with a unit cost of 3.07 pesos. In the cost structure it can be observed that fixed costs represent 13.23%, whereas variable costs represent 86.77%. The selling price is 4.45 pesos and Table 6 depicts the break-even point of production.

The previous figures imply that to be able to cover all expenditures, Rancho El 40 must generate a production of 23 247.88 liters of milk, which generate a



**FIGURA 4.** Cambios de peso durante la lactación en animales lacto-inducidos con (-◆-) IP, (-■-) IP+ST, (-▲-) CIDR, (-\*-) CIDR + ST. No hubo diferencias entre grupos ( $P > 0.05$ ).

**FIGURE 4.** Weight changes in animals during hormonally induced lactation with (-◆-) IP, (-■-) IP+ST, (-▲-) CIDR, (-\*-) CIDR + ST. There were no differences between groups ( $P > 0.05$ ).

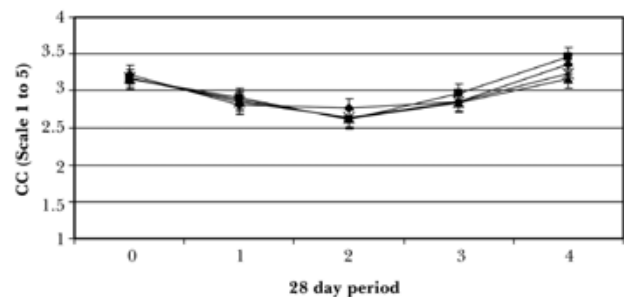
si se considera que las gestaciones a los 100 días posteriores al inicio de la lactación fueron para las vaquillas lactoinducidas con CIDR de 0%, para PI de 4.5% y para las de LN de 40.9% ( $P > 0.05$ ).

## Análisis económico

### Rancho La Carolina

En vista de que en el doble propósito se generan dos productos simultáneamente y que los costos que se erogan son difíciles de discriminar para una u otra actividad, se tomó como criterio de asignación el porcentaje que cada producción representa del ingreso total. Ninguna de las dos unidades de producción refirió contar con crédito de ningún tipo. Así, en el Rancho La Carolina el ingreso por la producción de leche representa 77% de los ingresos totales de la unidad, por lo que se aplicó ese mismo porcentaje a los costos totales. De este modo, en la estructura de costos de la producción de leche del Rancho La Carolina, los costos fijos representan 14.04 %, mientras que los costos variables, 85.96% de los costos totales (Cuadros 2 y 3).

La producción promedio mensual fue de 272.24 litros de leche/vaca, con un costo unitario de \$3.28/L, el precio de venta se fijó en \$4.43/L. En el Cuadro 4, se presenta la estimación del punto de equilibrio de producción; es evidente que para no perder ni ganar, La Carolina debe presentar una producción de 172,164.91 litros de leche por año que generan un ingreso anual de \$762,874.94. Este nivel de producción se puede obtener utilizando sólo el 28.5% de su capacidad de producción, es decir, con 53 vacas con una producción mensual de leche de 271.27 litros. Por otro lado, en vista de que los ingresos fueron de \$2, 673,996.53 pesos y los gastos de \$1, 978,088.82, las utilidades tienen un monto de \$695,907.71, lo que indica que se tiene una rentabilidad de 26 por ciento.



**FIGURA 5.** Cambios de peso durante la lactación en animales lacto-inducidos con (-◆-) IP, (-■-) IP+ST, (-▲-) CIDR, (-\*-) CIDR + ST. No hubo diferencias entre grupos ( $P > 0.05$ ).

**FIGURE 5.** Body condition score changes during hormonally induced lactations with (-◆-) IP, (-■-) IP+ST, (-▲-) CIDR, (-\*-) CIDR+ST. There were no differences between groups ( $P > 0.05$ ).

benefit of \$103 453.04, and this production can be obtained using only 38.27% of its production capacity, that is, 7 cows with a production of 283.86 liters of milk. On the other hand, since incomes were \$454 742.80 and expenditures \$313 803.04, the amount of profits was \$140 939.76, which indicates a profitability of 31%.

### Economic evaluation of hormonal induction treatments

Costs of treatments are shown in Table 7. by comparing costs between treatments (PI *vs* CIDR and PI + ST *vs* CIDR +ST) it is observed that by using CIDR instead of PI it is 120 pesos cheaper in both treatments, which represents a decrease in costs of 6.68% and 4.36%, respectively. Conversely, milk yield is greater in treatment (833 L in IP and 903.5 L for IP + ST) than in CIDR treatment.

In contrast, milk yield in ST treatments, although the production was greater than in the correspondent groups without ST (7.8% more in IP + ST and 9.5% in CIDR +ST), the costs of these decreased in 34.6% when using IP and 36.24% with CIDR as progesterone source (Table 8). The assessment of additional costs associated with labor, feeding and milking are depicted in Table 9.

In considering benefits for dairy mean production from groups exposed to IL treatment and controls (Table 10), there is a difference between expenditures implied in each treatment per cow and generated profits. The earnings obtained from milk sale in PI and CIDR treatments indicate that heifers, besides paying their

**CUADRO 2**

Estructura de costos (leche)

Structural costs (milk)

<i>Fixed costs</i>	<i>Percentage %</i>
Investment	14.04
TFC	14.04
<i>Variable costs</i>	
Taxes	0.46
Overall labor costs	21.59
Services	0.56
Maintenance	7.1
Feed cost	36.85
Drugs	16.97
Hormones	2.18
Additional	0.24
TVC	85.96
Total cost	100

### Rancho El 40

Para el Rancho El 40, el ingreso por la producción de leche representa el 70% de los ingresos totales de la unidad, por lo que se aplicó ese mismo porcentaje a los costos totales para atribuírselo a la producción de leche (Cuadro 5). El rancho tiene una producción promedio mensual de 283.86 litros de leche/vaca, con costo unitario de \$3.07 pesos. En la estructura de costos se puede apreciar que los costos fijos representan 13.23%, mientras que los costos variables, 86.77%. El precio de venta es de \$4.45 y el Cuadro 6 muestra el punto de equilibrio de producción.

Lo anterior implica que para lograr sufragar todos sus gastos, el Rancho El 40 debe generar una producción de 23,247.88 litros de leche, que generan un ingreso de \$103,453.04 y esta producción se puede obtener utilizando sólo 38.27% de su capacidad de producción, es decir, con 7 vacas con una producción de 283.86 L de leche. Por otro lado, en vista de que los ingresos fueron de \$454,742.80 y los gastos de \$313,803.04, las utilidades fueron de \$140,939.76, lo que indica una rentabilidad de 31 por ciento.

### Evaluación económica de los tratamientos lactoinductores

El costo de los tratamientos se presenta en el Cuadro 7. Al comparar los costos entre tratamientos (PI *vs* CIDR y PI + ST *vs* CIDR + ST) se observa que utilizar CIDR en lugar de progesterona inyectada es \$120 pesos más

**CUADRO 3**

Punto de equilibrio y rentabilidad\*

Break-even point and profitability\*

FC	\$277 694.78
AFC**	\$0.46
VC	\$1 700 394.04
AVC*	\$2.82
TC	\$1 978 088.82
ATC†	\$3.28
Milk liters produced	603 380.38
Selling Price	\$4.43

\* Annual figures.

\*\* Costs per liter of milk.

Break-even point in sales	\$762 874.94 Pesos
Break-even point in units	172 164.91 Liters of milk
% of occupation	28.5%
Gross profit	\$695 907.71 Pesos
Profitability	26.0%

**CUADRO 4**

Costos de producción del Rancho El 40

Production costs of Rancho El 40

<i>Milk</i>			<i>Milk</i>	
<i>Total annual fixed costs 70%</i>			<i>Cost structure</i>	
	<i>Ct</i>	<i>Cu</i>	<i>Fixed costs</i>	<i>Percentage %</i>
Total cost of investment*	41 506.04	\$0.41	Total cost of investment	13.23
TFC	\$41 506.04	\$0.41	TFC	13.23
<i>Costos variables 70%</i>			<i>Variable costs</i>	
Total cost of taxes	\$1679.12	\$0.02	Total cost of taxes	0.54
Overall labor costs	\$101 487.38	\$0.99	Overall labor costs	32.34
Full cost of services	\$1 733.33	\$0.02	Full cost of services	0.55
Maintenance total cost	\$40 271.25	\$0.39	Maintenance total cost	12.83
Feed cost	\$104 030.38	\$1.02	Feed cost	33.15
Drug cost	\$1 649.59	\$0.11	Drug cost	3.71
Additional	\$11 445.96	\$0.11	Additional	3.65
TVC	\$272 297	\$2.66	TVC	86.77
Total cost	\$313 803.04	\$3.07	Total cost	100
Cost per cow	\$3874.11			

\* The amount of investment contemplates the construction investment with or without engine powered equipment and cattle.

**CUADRO 5**

Punto de equilibrio y rentabilidad

Break-even point and profitability

CF	\$41 506.04
AFC**	\$0.41
VC	\$272,297
AVC*	\$2.66
TC	\$313,803.04
ATC*	\$3.07
Liters produced	102 189.39
Selling price	\$4.45

\* Annual figures.

\*\*Cost per liter of milk.

Selling break-even point	\$103 453.04 Pesos
Break-even point in units	23 247.88 Liters of milk
% of occupation	22.7%
Gross profit	\$140 939.76 Pesos
Profitability	31.0%

extra feeding and treatment cost, generated an extra income. However, heifers in which a CIDR was applied generated more income, despite their milk yield was 2.4% lower than in IP treated animals; nevertheless,

económico en ambos tratamientos, lo que representa una disminución en el costo de 6.68 y 4.36% respectivamente. Por otro lado, la producción de leche es mayor en los tratamientos con progesterona inyectada (833 L en PI y 903.5 L para PI + ST) en comparación con los tratamientos con CIDR.

En contraste, la producción de leche en los tratamientos en los que se administró ST, a pesar de que la producción fue mayor que en los correspondientes grupos sin ST (7.8% más en PI + ST y 9.5% en CIDR + ST), el costo en éstos se redujo en 34.6% cuando se utilizó PI, y 36.24% con CIDR como fuente de progesterona (Cuadro 8). El cálculo de los gastos adicionales relacionados con la mano de obra, la alimentación y la ordeña se presentan en el Cuadro 9.

Al examinar los beneficios cuantificados para la producción láctea promedio de los grupos expuestos a la lactoinducción y los testigo (Cuadro 10), resalta la diferencia entre los costos que implican cada tratamiento por vaca y las utilidades que generaron. Las ganancias obtenidas por la venta de la leche en los tratamientos con PI y CIDR indican que las vaquillas, además de pagar su alimentación y el costo del tratamiento, generan un ingreso extra. Sin embargo, las vaquillas en las que se usó como fuente de progesterona el CIDR generaron más ingresos, pese a que la producción de leche fue 2.4% menor en comparación con las de PI; no obstante, con el uso del CIDR se re-

**CUADRO 6**

Costo de los diferentes tratamientos

Cost of different treatments

<i>Treatment</i>	<i>Induced heifers</i>				<i>Control cows</i>	
	<i>IP</i>	<i>IP + ST</i>	<i>CIDR</i>	<i>CIDR + ST</i>	<i>NL</i>	<i>NL + ST</i>
Progesterone	\$262.44	\$262.44	\$142.00	\$142.00		
Estradiol	\$1 124.55	\$1 124.55	\$1 124.55	\$1 124.55		
ST / dose	\$348.00	\$348.00	\$348.00	\$348.00		
FLUVET	\$69.12	\$69.12	\$69.12	\$69.12		
ST/ dose 14 days		\$957.00		\$957.00		\$957.00
Total/heifer	\$1 804.11	\$2 761.11	\$1 683.67	\$2 640.67	\$ -	\$957.00
Savings	•	•	6.68%	4.36%	•	•
L/milk yield	833	903.51	813.02	898.3	1063.97	1169.29

Note: A weight of 350 kg was considered at 2008 prices.

with the use of CIDR, IL treatments and labor associated costs were reduced.

On the contrary, in those treatments where ST was administered during lactation there was a negative balance (deficit) of 274 pesos and 106 pesos for IP + ST and CIDR + ST, respectively, although ST induced greater persistence and milk yield production, the high relative expenditure of these two treatments was higher than IP and CIDR without ST during lactation.

### *Scenarios of body weight at the beginning of lactation*

One of the objectives of the induction of lactation in replacement heifers is that they reach first calving with an adequate weight that will allow them to have high milk yield performance. In this way, based on the assumption that lactations subsequent to the experimental will have a similar behavior in the two scenarios contemplated by Deresz<sup>4</sup>: live weight at the beginning of first lactation: 380 and 480 kg, benefits and profits estimated at the end of the three lactations, are shown in Tables 11 to 18. And again, treatments with lower costs of production were those in which progesterone was administered through CIDR (Tables 13, 14, 17 and 18). Although the same milk yield was projected for all groups in each scenario, it was observed that high treatment costs where ST was used during lactation, is reflected in lower profits in both cases (Tables 12, 14, 16 and 18).

In both scenarios, the best cost-benefit ratio (CBR)

dujeron los costos del tratamiento lactoinductor y los de mano de obra.

Por el contrario, aquellos tratamientos donde se administró ST durante la lactación presentaron un saldo negativo de \$274 y \$106 para PI + ST y CIDR + ST, respectivamente. A pesar de que la ST indujo una mayor persistencia y producción de leche, el elevado costo relativo de estos dos tratamientos fue mayor en comparación con PI y CIDR sin la ST durante la lactación.

### *Escenarios de peso corporal al inicio de la lactación*

Uno de los propósitos de la inducción de lactación en vaquillas de reemplazo es promover que lleguen a primer parto con un peso adecuado que les permita tener altos rendimientos en producción láctea. Así, en el supuesto de que las lactaciones posteriores a la experimental presentaran un comportamiento similar en los dos escenarios contemplados por Deresz<sup>4</sup> peso vivo al inicio de la primera lactación de 380 y 480 kg, los beneficios y utilidades estimados al final de las tres lactaciones se presentarían como se muestran en los Cuadros 11 al 18. Nuevamente, los tratamientos que presentaron los menores costos de producción fueron aquéllos en los que la progesterona fue administrada a través de un CIDR (Cuadros 13, 14, 17 y 18). Pese a que se otorgó una misma producción de leche para todos los grupos en cada escenario, se observa que el alto costo de los tratamientos en los que se utilizó ST durante la lactación, se ve reflejado en menores utilidades en ambos casos. (Cuadros 12, 14, 16 y 18).

**CUADRO 7**

Costo de los diferentes tratamientos  
Cost of different treatments

<i>Treatment</i>	<i>Induced heifers</i>				<i>Control cows</i>	
	<i>IP</i>	<i>IP + ST</i>	<i>CIDR</i>	<i>CIDR + ST</i>	<i>NL</i>	<i>NL + ST</i>
Progesterone	\$262.44	\$262.44	\$142.00	\$142.00		
ECA	\$1,124.55	\$1 124.55	\$1 124.55	\$1 124.55		
ST / dose	\$348.00	\$348.00	\$348.00	\$348.00		
FLUVET	\$69.12	\$69.12	\$69.12	\$69.12		
ST/ dose 14 days		\$957.00		\$957.00		\$957.00
Total heifer	\$1 804.11	\$2 761.11	\$1 683.67	\$2 640.67	\$-	\$957.00
Savings	34.6%	•	36.24%	-	-	-
L/milk production*	833	903.51	813.02	898.3	1063.97	1169.29

Note: A weight of 350 kg was considered at 2008 prices.

\*Milk yield up to week 23.

**CUADRO 8**

Costos implicados en los tratamientos  
Costs involved in treatment

<i>Treatment</i>	<i>Hormone product costs</i>	<i>Labor* costs</i>	<i>Feed costs**</i>	<i>Milking costs</i>	<i>Total per heifer</i>	<i>Total per NL cow</i>
IP	\$1 804.11	\$42.55	\$1 088.36	\$494.50	\$3 429.52	
IP+ST	\$2 761.11	\$68.55	\$1 088.36	\$494.50	\$4 412.52	
CIDR	\$1 683.67	\$28.36	\$1 088.36	\$494.50	\$3 294.89	
CIDR + ST	\$2 640.67	\$54.36	\$1 088.36	\$494.50	\$4 277.89	
NL		\$-	\$1 088.36		\$1 088.36	\$2 164.22
NL + ST	\$957.00	\$26.00	\$1,088.36		\$2 071.36	\$3 147.22
		\$-				

\*A salary of 130 pesos per day distributed between the number of cows treated per day was considered. Days per treatment were: 18, 29, 12, 23 days, respectively.

\*\*Heifers were supplemented with 2 kg. of feed per day. The cost of kg was 3.38 pesos/ kg.

Note: Days in milk were 161.

**CUADRO 9**

Costos y beneficios de los tratamientos  
Costs and benefits of treatments

<i>Treatment</i>	<i>IP</i>	<i>IP + ST</i>	<i>CIDR</i>	<i>CIDR +ST</i>	<i>NL*</i>	<i>NL+ST</i>
Lactation average (L)	833	903.51	813.02	898.3	1063.97	1169.29
IL/ NL %	78	85	76	84	100	110
Selling price \$/L	\$4.43	\$4.43	\$4.43	\$4.43	\$4.43	\$4.43
Income/lactation	\$3 690.19	\$4 002.55	\$3 601.68	\$3 979.47	\$4 713.39	\$5 179.95
Costs	\$3 429.52	\$4 412.52	\$3 294.89	\$4 277.89	\$2 164.22	\$3 147.22
Profits**	\$260.67	-\$409.97	\$306.78	-\$298.42	\$2 549.16	\$2 032.73

\* Although lactation lasted 210 days in control cows, in terms of evaluation, DIM were homogenized at 161 days.

\*\* Profits per cow.

CUADRO 10

Escenario 1. PI, 380 kg 156 DEL y 1283 l de leche/lactación  
 Scenario 1. IP, 380 kg od body weight, 156 DIM and 1283 L of milk/lactation

	IP	Year	Investment TX	Fedd cost	Total costs	Present value 5%	Income	Valor actual 5%	BCR	NPV profits	IRR
Treatment 1	Inductiuon	1	3 429.52		3 429.52	3 266.21	260.67	248.26			
	NL 1	2		843.65	843.65	765.21	5 681.92	5 153.67			
	NL 2	3		843.65	843.65	728.77	5 681.92	4 908.25			
	NL 3	4		843.65	843.65	694.07	5 681.92	4 674.53			
	Annual profits without updating					5 960.46		17 306.43			23%
	Updated benefits and costs						5 454.26	14 984.71	2.75	9 530.45	

was recorded by CIDR treatment without ST. Although the four treatments showed economic viability, those without ST had a better ratio (C/B) than those supplemented with ST (Table 18 and 19).

As for the net present value (NPV), the updated benefits showed that the profits were higher when ST was not administered and, mainly, in the CIDR treatment. Conversely, the internal rate of return (IRR) reveals that most of the treatments have a yield of 20% (Table 18 and 19).

## Discussion

The response of 100% of IL treated agrees with the results obtained by Isidro *et al.*,<sup>5</sup> Espinosa,<sup>6</sup> and Yáñez,<sup>7</sup> who worked with high yielding dairy cows, thus the present study is the first result reported in dual purpose females. In the present study it was observed that as lactation advanced, production profile behavior between groups changed, specifically from week 15 where PI + ST and CIDR + ST treatments showed greater persistency in the reported periods. The cause of this variation, can be attributed to ST, since this hormone had an effect on milk yield similar to what the natural, endogenous hormone evokes.<sup>9</sup>

Application of ST induced an increase of 7.8% and 9.5% in milk yield average, in PI and CIDR groups, respectively; both increments were statistically similar between them and are equivalent to values observed in other studies where similar increases have been obtained;<sup>10,11</sup> however, the response here obtained is lower than the mentioned in other studies, where increases above 20% were reported relative to yield of the control animals, however those results were observed

En ambos escenarios, el tratamiento CIDR sin ST registró la mejor relación beneficio costo (RBC). Si bien los cuatro tratamientos presentaron viabilidad económica, los tratamientos sin ST presentaron mejor relación B/C que aquellos tratamientos que sí fueron complementados con ST (Cuadros 18 y 19).

En cuanto al valor actual neto (VAN), los beneficios actualizados de todos los años muestran que las utilidades que generaron los tratamientos fueron superiores cuando no se aplicó ST, principalmente en el tratamiento con CIDR. Por otra parte, la tasa interna de rentabilidad (TIR) revela que la mayoría de los tratamientos tiene una rentabilidad arriba del 20% (Cuadros 18 y 19).

## Discusión

La respuesta del 100% de las vacas a los tratamientos aplicados concuerdan con los obtenidos por Isidro *et al.*,<sup>5</sup> Espinosa,<sup>6</sup> y Yáñez.<sup>7</sup> En el presente trabajo se observó que conforme la lactancia fue avanzando, el comportamiento de los perfiles de producción entre grupos fue cambiando, específicamente a partir de la semana 15, donde los tratamientos PI + ST y CIDR + ST mostraron una mayor persistencia en los periodos informados. La causa de esta variación puede atribuirse a la ST aplicada, ya que el efecto de ésta sobre la producción de leche es similar al que provoca la hormona natural.<sup>9</sup>

Dependiendo del vehículo de la progesterona, la utilización de ST produjo un aumento de 7.8 y 9.5% en la producción de leche promedio, como se ha observado en otros trabajos donde se han obtenido incrementos similares;<sup>10,11</sup> sin embargo, la respuesta aquí

under very different management and temperature conditions as well as a different breed of cattle.<sup>9,25</sup>

IL heifers produced quantities of milk per day of lactation statistically similar to the NL cows; however, when results are compared in proportional terms, all variables that describe performance: production per day of lactation, as well as duration of lactation and production per lactation are slightly lower in IL heifers (20%) than variables registered under NL. These results are consistent with those obtained in high producing dairy cows and heifers recorded by other authors.<sup>5-8</sup> Taking into account data derived from the aforementioned studies, it is clear that the variation in response to IL treatments is relatively low and that this technology may be successfully administered in cows and heifers.

Although there are no statistical differences detected in BW and BC between treatments during the first four months in milking, a subsequent decrease in these variables was recorded, without differences attributed to treatment. The registered changes in BW and BC throughout lactation may be explained by the higher nutritional requirements imposed by demands of milk yield, specially energy, because it has been documented that demands due to milk production surpass the animal's feed intake capacity, situation that induces a negative energy balance.<sup>13,14,16-18</sup>

On the other hand, the obtainment of profits is the most important economic objective of all farmers; profits depend on the market prices, such as supplies that affect costs, as well as value of products that affects directly income and economic efficiency;<sup>24</sup> in this sense, by comparing both production units it can be observed that in spite of differences in the enterprise size and some existing contrasts in supplies costs that are being used, such as drugs, the cost structure is maintained constant and it is costs of feeding the concept that represents the largest proportion of costs with 30%, followed by labor with 20%. Likewise, in both, profitability is above 20%. These results markedly differ from the obtained in studies conducted by Luna<sup>26-28</sup> in dual purpose livestock units located in different states of the Mexican Republic. One of this studies carried out in the state of Chihuahua,<sup>27</sup> reveals that feeding expenditure represents 52.82% of the costs, followed by labor, with 20.51% and IRR of 13%, while in another study conducted in the state of Tabasco,<sup>28</sup> the concept that represents the largest cost rate is labour, with 46.43%, followed by feeding, with 21.26% and in which IRR was only 0.93%.

With respect to the evaluation of the IL treatments, it was observed that CIDR was the most economic treatment, followed by PI without the use of ST, these data are in agreement with those observed by Rodriguez<sup>8</sup> in high producing dairy cows, in which CIDR as source of

obtenida es inferior a la mencionada en otros estudios, en los que se registraron incrementos superiores al 20% con respecto al testigo, pero bajo condiciones de manejo, temperatura y componente genético del ganado muy diferentes.<sup>9,25</sup>

Las vaquillas hormonalmente inducidas a lactar produjeron cantidades de leche por día de lactancia similares a las vacas de lactancia natural; sin embargo, cuando se contrastan los resultados con los de vacas testigo, se observa que tanto la producción por día de lactancia, como la duración de la lactación y la producción por lactancia son ligeramente menores en las vaquillas lactoinducidas y son similares en 80% a las producciones de lactancia natural, resultados consistentes con los obtenidos en vacas y vaquillas lecheras especializadas y con lo encontrado por otros autores.<sup>5-8</sup> Tomando en cuenta los datos derivados de los estudios mencionados, es claro que la variación en cuanto a la respuesta al tratamiento es relativamente baja, y que el tratamiento se puede aplicar con éxito en vacas y en vaquillas.

Si bien no se detectaron diferencias estadísticas de peso vivo y CC entre tratamientos durante los primeros cuatro meses en leche, sí se registró una disminución en estas variables posteriormente, aunque sin diferencias adjudicables al tratamiento. Esta diferencia se explica por los requerimientos de nutrientes impuestos por la producción de leche, especialmente de energía, ya que sobrepasan a la capacidad de ingesta de los animales, e induce a la vaca a recurrir a sus propias reservas para mantener la producción, al entrar en un balance energético negativo.<sup>13,14,16-18</sup>

Por otro lado, la obtención de utilidades es el objetivo económico de tipo comercial más importante para todos los productores; éstas dependen de los precios del mercado, tanto de insumos que afectan los costos, como de productos que inciden en los ingresos y de la eficiencia económica;<sup>24</sup> en este sentido, al comparar ambas unidades de producción se puede apreciar que pese a las diferencias en el tamaño de las empresas y a que existen algunos contrastes en los costos de los insumos que utilizan, como en el concepto de medicamentos, la estructura de costos se mantiene constante y es la alimentación el concepto que representa la mayor proporción en los costos (30%), seguido por la mano de obra (20%). Asimismo, en ambas la rentabilidad es superior al 20%. Estos resultados difieren totalmente de los obtenidos en estudios realizados por Luna<sup>26-28</sup> en explotaciones de doble propósito en diferentes estados de la República Mexicana. Uno de estos estudios realizado en el estado de Chihuahua,<sup>27</sup> revela que el costo de alimentación representa 52.82% de los costos, seguido por la mano de obra, con 20.51% y en el que la TIR resultó de 13%; mientras que en otro estudio realizado en el estado de Tabasco,<sup>28</sup> el concepto

**CUADRO 11**

Escenario 1. PI + ST 380 kg de peso, 156 DEL y 1283 L/leche

Scenario 1. IP + ST 380 kg of body weight, 156 DIM and 1283 L/milk

	<i>IP + ST</i>	<i>Year</i>	<i>Investment TX</i>	<i>Feed costs</i>	<i>Total costs</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>Income</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>BCR</i>	<i>NPV profits</i>	<i>IRR</i>
<i>Treatment 2</i>	Induction	1	4 412.52		4 412.52	4 202.40	-409.97	-390.44			
	NL 1	2		843.65	843.65	765.21	5 681.92	5 153.67			
	NL 2	3		843.65	843.65	728.77	5 681.92	4 908.25			
	NL 3	4		843.65	843.65	694.07	5 681.92	4 674.53			
	Annual profits without updating					6 943.46		16 635.79			18%
	Updated benefits and costs						6 390.46	14 346.01	2.24	7 955.55	

**CUADRO 12**

Escenario 1. CIDR 380 kg de peso, 156 DEL y 1283 L/leche

Scenario 1. CIDR 380 kg of body weight, 156 DIM and 1283 L/milk

	<i>CIDR</i>	<i>Year</i>	<i>Investment TX</i>	<i>Feed costs</i>	<i>Total cost</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>Income</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>BCR</i>	<i>NPV profits</i>	<i>IRR</i>
<i>Treatment 3</i>	Induction	1	3 294.89		3 294.89	3 137.99	306.78	292.18			
	NL 1	2		843.65	843.65	765.21	5 681.92	5 153.67			
	NL 2	3		843.65	843.65	728.77	5 681.92	4 908.25			
	NL 3	4		843.65	843.65	694.07	5 681.92	4 674.53			
	Annual profits without updating					5 825.84		17 352.54			24%
	Updated benefits and costs						5 326.05	15 028.63	2.82	9 702.57	

**CUADRO 13**

Escenario 1. CIDR + ST 380 kg de peso, 156 DEL y 1283 L/leche

Scenario 1. CIDR + ST 380 kg of body weight, 156 DIM and 1283 L/milk

	<i>CIDR + ST</i>	<i>Year</i>	<i>Investment TX</i>	<i>Feed costs</i>	<i>Total cost</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>Income</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>BCR</i>	<i>NPV profits</i>	<i>IRR</i>
<i>Treatment 4</i>	INDUCTION	1	4 277.89		4,277.89	4,074.18	-298.42	-284.21			
	NL 1	2		843.65	843.65	765.21	5 681.92	5 153.67			
	NL 2	3		843.65	843.65	728.77	5 681.92	4 908.25			
	NL 3	4		843.65	843.65	694.07	5 681.92	4 674.53			
	Annual profits without updating					6 808.84		16 747.33			18%
	Updated benefits and costs						6 262.24	14 452.24	2.31	8 189.99	



**CUADRO 14**

Escenario 2. PI 480 kg de peso, 239 DEL y 2132 L/leche  
 Scenario 2. IP 480 kg of body weight, 239 DIM and 2132 L/milk

<i>Treatment 1</i>	<i>IP</i>	<i>Year</i>	<i>Investment TX</i>	<i>Feed costs</i>	<i>Total cost</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>Income</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>BCR</i>	<i>NPV profits</i>	<i>IRR</i>
	Induction	1	3 429.52			3 429.52	3 266.21	260.67	248.26		
NL 1	2			1 817.60	1 817.60	1 648.61	9 443.43	8 565.47			
NL 2	3			1 817.60	1 817.60	1 570.11	9 443.43	8 157.59			
NL 3	4			1 817.60	1 817.60	1 495.34	9 443.43	7 769.13			
Annual profits without updating					8 882.30		28 590.97				27%
Updated benefits and costs						7 980.26		24 740.46	3.10	16 760.19	

**CUADRO 15**

Escenario 2. PI + ST 480 kg de peso, 239 DEL y 2132 L/leche  
 Scenario 2. IP + ST 480 kg of body weight, 239 DIM and 2132 L/milk

<i>Treatment 2</i>	<i>IP + ST</i>	<i>Year</i>	<i>Investment TX</i>	<i>Feed costs</i>	<i>Total cost</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>Income</i>	<i>Valor actual 5%</i>	<i>BCR</i>	<i>NPV profits</i>	<i>IRR</i>
	Induction	1	4 412.52			4 412.52	4 202.40	-409.97	-390.44		
NL1	2			1 817.60	1 817.60	1 648.61	9 443.43	8 565.47			
NL 2	3			1 817.60	1 817.60	1 570.11	9 443.43	8 157.59			
NL 3	4			1 817.60	1 817.60	1 495.34	9 443.43	7 769.13			
Annual profits without updating					9 865.30		27 920.33				23%
Updated benefits and costs						8 916.45		24 101.75	2.70	15 185.30	

**CUADRO 16**

Escenario 2. CIDR. 480 kg de peso, 239 DEL y 2132 L/leche  
 Scenario 2. CIDR 480 kg of body weight, 239 DIM and 2132 L/milk

<i>Treatment 3</i>	<i>CIDR</i>	<i>Year</i>	<i>Investment TX</i>	<i>Feed costs</i>	<i>Total cost</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>Income</i>	<i>Present value 5%</i>	<i>BCR</i>	<i>NPV profits</i>	<i>IRR</i>
	Induction	1	3 294.89			3 294.89	3 137.99	306.78	292.18		
NL1	2			1 817.60	1 817.60	1 648.61	9 443.43	8 565.47			
NL 2	3			1 817.60	1 817.60	1 570.11	9 443.43	8 157.59			
NL 3	4			1 817.60	1 817.60	1 495.34	9 443.43	7 769.13			
Annual profits without updating					8 747.67		28 637.08				28%
Updated benefits and costs						7 852.05		24 784.37	3.16	16 932.32	

**CUADRO 17**

Escenario 2. CIDR + ST. 480 kg de peso, 239 DEL y 2132 L/leche  
 Scenario 2. CIDR + ST. 480 kg of weight, 239 DIM and 2132 L/milk

Treatment 4	CIDR + ST	Year	Investment TX	Feed costs	Total cost	Present value 5%	Income	Present value 5%	BCR	NPV profits	IRR
	Induction		1	4 277.89		4 277.89	4 074.18	-298.42	-284.21		
NL1		2		1 817.60	1 817.60	1 648.61	9 443.43	8 565.47			
NL 2		3		1 817.60	1 817.60	1 570.11	9 443.43	8 157.59			
NL 3		4		1 817.60	1 817.60	1 495.34	9 443.43	7 769.13			
Annual profits without updating					9 730.67		28 031.87				24%
Updated benefits and costs						8 788.24		24 207.98	2.75	15 419.74	

**CUADRO 18**

Comparación entre tratamientos, alternativa 1  
 Comparison between treatments, alternative 1

NL 3	Induction treatment	Milk yield (L)	Investment TX	Feed costs	Total cost	Updated costs at 5%*	Sales revenue	Updated income at 5%*	Profits	BCR	IRR
	P <sub>4</sub> I	1283	\$3 429.52	\$2 530.94	\$5 960.46	\$5 454.26	\$17 306.43	\$14 984.71	\$9 530.45	2.75	23%
P <sub>4</sub> I + STb	1283	\$4 412.52	\$2 530.94	\$6 943.46	\$6 390.46	\$16 635.79	\$14 346.01	\$7 955.55	2.24	18%	
CIDR	1283	\$3 294.89	\$2 530.94	\$5 825.83	\$5 326.05	\$17 352.54	\$15 028.63	\$9 702.57	2.82	24%	
CIDR+STb	1283	\$4 277.89	\$2 530.94	\$6 808.84	\$6 262.24	\$16 747.33	\$14 452.24	\$8 189.99	2.31	18%	

Note. Money value was updated up to three years at an interest rate of 5%.

**CUADRO 19**

Comparación entre tratamientos, alternativa 2  
 Comparison between treatments, alternative 2

NL 3	Induction treatment	Milk yield (L)	Investment TX	Feed costs	Total cost	Updated costs at 5%*	Sales revenue	Updated income at 5%*	Profits	BCR	IRR
	P <sub>4</sub> I	2132	\$3 429.52	\$5 452.79	\$8 882.30	\$7 980.26	\$28 590.97	\$24 740.46	\$16 760.19	3.10	27%
P <sub>4</sub> I + STb	2132	\$4 412.52	\$5 452.79	\$9 865.30	\$8 916.45	\$27 920.33	\$24 101.75	\$15 185.30	2.70	23%	
CIDR	2132	\$3 294.89	\$5 452.79	\$8 747.68	\$7 852.05	\$28 637.08	\$24 784.37	\$16 932.32	3.16	28%	
CIDR+STb	2132	\$4 277.89	\$5 452.79	\$9 730.68	\$8 788.24	\$28 031.87	\$24 207.98	\$15 419.74	2.75	24%	

Note. Money value was updated up to three years at an interest rate of 5%.

progesterone was used. In that study, the use of CIDR reduced costs in 40% relative to using PI. However, considering the magnitude of savings in the present study, it was observed that the total costs of treatments were reduced only by 6.68% and 4.36%, which are considerably lower than the recorded in the aforementioned study,<sup>8</sup> where cost was reduced by 12%.

que representa la mayor proporción de los costos es la mano de obra, con 46.43%, seguido de la alimentación, con 21.26% y en el que la TIR sólo fue de 0.93 por ciento.

En lo que respecta a la evaluación de los tratamientos lactoinductores se observa que por concepto de productos hormonales, el tratamiento más económico

Once calculated the profits, the difference of costs between treatments is striking. The earnings from milk sales from PI and CIDR treated animals indicate that these heifers, besides to pay for the extra feeds and the treatment cost, produced a cash income. These results are in agreement with those observed by Magliaro *et al*<sup>12</sup> who found a significant economic advantage when induced the lactation in healthy non-pregnant cows. Nevertheless, it is convenient to note that CIDR treated heifers produced more profit, despite that their milk yield was 2.4% lower, than PI heifers; apparently the advantage was due to the lower cost of the CIDR progesterone and the reduced labour cost attributable to the application of CIDRS versus PI.

In contrast, the two treatments that included ST during lactation reported losses of \$ 274 and \$106, respectively for PI + ST and CIDR + ST, despite that in both groups it was registered a longer persistency and higher milk yield. Again, losses may be attributed to the ST relatively high cost.

In the scenario that IL heifers reached their first calving with a BW of 380 kg and had three subsequent natural lactations, based on data from Deresz *et al*,<sup>4</sup> it could be expected that in 161 DIM, they would produce in 156 DIM, 1282.6 L, that is 218.63 L more of milk than in natural lactation cows with a milk yield of 1063.97 L. Alternatively, if IL heifers would reach 480 kg BW at first calving, would be expected to yield in 239 DIM, 2123 L. This yield would represent an additional amount of 1067.73 L of milk than in cows under natural lactation.

When the above alternatives are evaluated, again treatments that had the lowest production costs were those in which progesterone was administered via CIDR. Despite that in all scenarios a similar milk production in animals of all treatments and for all alternatives was considered, it was observed that the higher costs in protocols that included ST during lactation generated less profits, both in NL and IL animals. In view that during the year when induction of lactation in heifers occurred treatments with ST during lactation yielded losses, at the end of the three projected natural lactations, it was observed that in spite of that initial "loss", both ST treated groups generated profits and are economically viable.

It is convenient to point out that the estimations of the present study are conservative because costs due to artificial insemination and animal health were not considered, but based on the results reported here, it may be inferred that IL treatments applied to heifers had a positive effect on milk yield which produced earnings to acquire feed, that once consumed by heifers induced a higher BW and BC.

With regard to treatments, the differences recorded between costs of different alternatives, is explained

es aquél en el que se utilizó CIDR, seguido por el de PI, sin el uso de ST, datos que concuerdan con lo observado por Rodríguez<sup>8</sup> en vacas lecheras especializadas, en los que el uso de CIDR como fuente de progesterona, en comparación con progesterona inyectada, redujo los costos por concepto de este producto hormonal hasta en 40%. En los tratamientos en los que se utilizó progesterona en CIDR, los costos totales de los tratamientos se redujeron en 6.68 y 4.36%, en comparación con aquéllos en los que se utilizó PI; no obstante, este ahorro es menor al informado en el trabajo antes mencionado, donde el costo se redujo 12 por ciento.

Una vez calculadas las utilidades, resalta la diferencia entre los costos que implican cada tratamiento por vaca y las utilidades que generaron. Las ganancias obtenidas por la venta de la leche en los tratamientos con PI y CIDR indican que las vaquillas, además de pagar su alimentación y el costo del tratamiento, generan un ingreso extra, resultados que concuerdan con los observados por Magliaro *et al.*,<sup>12</sup> en los que se encontró una ventaja económica significativa al inducir vacas sanas no gestantes. Sin embargo, es importante hacer notar que en aquellas vaquillas en las que se usó como fuente de progesterona CIDR, generaron más utilidades, pese a que la producción de leche fue 2.4% menor, en comparación con las de PI, debido a que con el uso del CIDR además de reducir los costos por concepto de progesterona, se reduce la mano de obra.

Por el contrario, aquellos tratamientos en los que se administró ST iniciada la lactancia, presentan una pérdida de \$274 y \$106 para PI + ST y CIDR + ST, respectivamente, a pesar de mostrar una mayor persistencia y producción de leche, lo que se debe al alto costo del tratamiento.

En el supuesto de que las vaquillas inducidas llegaran a su primer parto con un peso mayor a 300 kg y tuvieran posteriormente tres lactaciones naturales, con base en los datos de Deresz<sup>4</sup> se esperaría que, a diferencia de una vaca con lactación natural y que tiene una producción de 1063.97 L en 161 DEL, una vaquilla inducida, si llegara a primer parto a los 380 kg, produciría en 156 DEL, 1282.6 L, es decir 218.63 L de leche adicionales si se comparan ambas producciones. Por otro lado, una vaquilla que llega a primer parto a los 480 kg produciría en 239 DEL, 2123 L, lo que significa una producción adicional de 1067.73 L.

Evaluando estas alternativas, nuevamente los tratamientos que presentaron los menores costos de producción fueron aquéllos en los que la progesterona fue administrada a través de un CIDR. Pese a que se proyectó una misma producción de leche para todos los grupos en cada alternativa, se observa que el alto costo de los tratamientos en los que se utilizó ST iniciada la lactación, se ve reflejado en menores utilidades en ambos casos. En vista de que el año en el que se

by the increase in milk yield and by drug cost difference. It is important to point out that although ST treatments can generate milk yield increases, high costs of this hormon do not compensate the income derived from higher milk sales. Considering the profits that each treatment pays off at the end of the third lactation and from the productive point of view, induction of lactation results economically viable. These results are in accordance with the reported by Magliaro *et al.*,<sup>12</sup> in which it is concluded that producers can benefit not only from the induction of lactation of cows, but also from subsequent natural lactations that usually follow the induced lactation.

Finally, although it was documented that 48%<sup>6</sup> to 82%<sup>29</sup> pregnancies of infertile dairy cows and heifers occurred during hormonally induced lactations, there are no evidences that could indicate a negative effect of IL treatments on reproduction of replacement heifers. It is evident that the evaluation of reproductive performance in this type of animals subjected to hormonal induction treatments should be performed. Therefore, this aspect that impacts productivity importantly remains unknown in bovine fertile females managed under any production system. Although the cost-benefit ratio generates results that make attractive the application of IL treatments in dual purpose replacement heifers, caution should be taken before that technology is recommended, since variation on reproductive performance could considerably affect cost structure.

## Acknowledgements

This study is part of a series of works conducted in the framework of Macroproyecto 07 of the Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia of the Universidad Nacional Autonoma de Mexico, "Sustainable productivity of breeding herds on pasture", Line 03, Project 04 "Induction of lactation", Secretaria de Desarrollo Institucional, Unidad de Apoyo a Facultades y Escuelas (SDEI-UAIFE-PTEI-UNAM 07.03.04). Special thanks to the Universidad Juarez Autonoma de Tabasco; to Sr. Jorge Priego Noguera, owner of Rancho La Carolina (municipality of Centro, Tabasco) and to Sr. Virgilio Briceño Hernandez, owner of Rancho El 40 (municipality of Huimanguillo, Tabasco).

## Referencias

1. GRÖHN YT, RAJALA-SCHULTZ PJ. Epidemiology of reproductive in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 2000, 60-61: 605-614.
2. VILLA-GODOY A. Diseño y aplicación de protocolos lactoinductores en hembras bovinas y caprinas para atenuar secuelas de trastornos reproductivos. VI Curso Internacional de Innovaciones en Reproducción

desarrolló la inducción de la lactancia en las vaquillas, los tratamientos con ST resultaron con un déficit, al final de tres lactancias naturales proyectadas, se observa que pese a esa "pérdida" inicial, ambos tratamientos generan utilidades y son viables económicamente.

Estas estimaciones son conservadoras, ya que los costos por inseminación y de salud no fueron contemplados; sin embargo, a partir de los resultados de esta investigación se puede concluir que en las vaquillas, estos tratamientos tuvieron un efecto positivo sobre la producción de leche, lo que coadyuva a que sean mejor alimentados y tengan un mayor crecimiento y condición corporal.

En relación con los tratamientos, las diferencias registradas entre los costos de las diferentes alternativas se explican por el aumento en el volumen de producción y por la diferencia en el costo de los fármacos que se emplearon. Si bien los tratamientos con ST pueden generar un aumento en la producción de leche, los altos costos de este producto hormonal no compensan el beneficio que induce en la producción. Al considerar las utilidades que reditúa cada tratamiento al final de la tercera lactancia y desde el punto de vista productivo, la inducción de la lactación resulta económicamente viable. Estos resultados concuerdan con los registrados por Magliaro *et al.*<sup>12</sup> en los que se concluye que los productores pueden beneficiarse no sólo de la lactancia inducida de estas vacas, sino también de las lactancias naturales posteriores que presenten.

Finalmente, a pesar de que los tratamientos lactoinductores han permitido la gestación de entre 48%<sup>6</sup> y 82%<sup>29</sup> de las vacas y vaquillas lecheras infértiles, y de que no hay evidencias que pudieran sugerir un efecto negativo en la reproducción de vaquillas de reemplazo, es evidente que debe evaluarse el desempeño reproductivo de dichos animales sometidos a un tratamiento lactoinductor. Este aspecto de la productividad aún no ha sido examinado en hembras bovinas fértiles en ningún sistema de producción, por lo que resulta útil llevar un seguimiento de la respuesta,—ya que los parámetros reproductivos son factores que deben tomarse en cuenta en la evaluación económica de los tratamientos. Si bien la relación beneficio/costo puede generar resultados atractivos, la variación en la respuesta reproductiva podría afectar considerablemente la estructura de costos.

## Agradecimientos

Este artículo es parte de una serie de trabajos realizados en el marco del Macroproyecto 07 de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), "Productividad sostenible de los hatos de cría en pastoreo", Línea 03, Proyecto 04 "Inducción de la lactación", Secretaría

- Animal; 2009 septiembre 24-26; Chapingo, estado de México. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, estado de México: 2009:186-206.
3. VILLA-GODOY A, ARREGUÍN AJA. Tecnología disponible para optimizar el desempeño reproductivo en hembras bovinas del trópico. Memorias del XVI Simposium de Ganadería Tropical. Veracruz (Veracruz, México 1993: 55-84.
  4. DERESZ F, JAUME CM, CARVALHO DE MR, GONZALEZ CA. The effect of body weight at calving on milk production and reproductive performance of Friesian x Zebu heifers. *Anim Prod* 1987; 45: 325-333.
  5. ISIDRO VR, VILLA-GODOYA, GONZÁLEZ PE, RUIZ DR. Inducción de la lactancia por medios hormonales en vacas Holstein. Datos preliminares. Memorias de XXV Congreso Nacional de Buiatría. 2001 Agosto 16 -18; Veracruz (Veracruz) México. México (DF): Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 2001: 18-20.
  6. ESPINOSA UJ. Evaluación reproductiva de vacas y vaquillas Holstein con problemas de infertilidad, tratadas o no con progesterona al inicio de una lactación inducida hormonalmente (tesis maestría) México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2005.
  7. YÁÑEZ, MA. Efectos de la aplicación de progesterona durante las etapas tempranas de una lactación inducida sobre el desarrollo mamario y la producción láctea de vacas y vaquillas Holstein (tesis maestría). Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2005.
  8. RODRÍGUEZ HK. Diferentes esquemas de aplicación de progesterona como parte de un protocolo lactoinductor y sus efectos en la producción de vacas Holstein (tesis de maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2007.
  9. BAUMAN DE. Bovine somatotropin: Review of an emerging animal technology. *J Dairy Sci* 1992; 75:3432-3455.
  10. VARGAS A, OSORIO CA, LOAIZA J, VILLA NA, CEBALLOSA. Efecto del uso de una somatotropina bovina recombinante (STr) en vacas lecheras a pastoreo bajo condiciones tropicales. *Arch Med Vet* 2006; 38:33-38.
  11. PHIPPS RH, HARD DL, ADRIAENS F. Use of bovine somatotropin in the tropics: The effects of Sometribove on milk production in western, eastern, and southern Africa. *J Dairy Sci* 1997; 80:504-510.
  12. MAGLIARO AL, KENSINGER RS, FORD SA, O'CONNOR ML, MULLER LD, GRABOSKI R. Induced lactation on dairy cows: profitability and response to bovine somatotropin. *J. Dairy Sci.* 2004; 87:3290-3297.
  13. VILLAGOMÉZ I AE, GONZÁLEZ PE, VILLA-GODOY A, VALVERDE RC, ZÁRATE MJ. Efecto de la dieta y el amamantamiento sobre la concentración de hormonas y metabolitos en vacas de doble propósito. Memorias del XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, 11 al 15 de septiembre de 2000 Panamá, Panamá, 2000:291.
  - de Desarrollo Institucional, Unidad de Apoyo a Facultades y Escuelas (SDEI-UAIFE-PTEI-Universidad Nacional Autónoma de México 07.03.04). Se agradece el apoyo otorgado por la Universidad Autónoma Juárez del estado de Tabasco, al señor Jorge Priego Noguera, propietario del Rancho La Carolina (municipio del Centro, Tabasco), y al señor Virgilio Briceño Hernández, propietario del Rancho El 40 (municipio de Huianguillo, Tabasco).
  14. VILLAGOMEZ 2 AE, VILLA-GODOY A, GONZÁLEZ PE, ZÁRATE MJ, VÁSQUEZ PC. 2000. La suplementación energética y el amamantamiento afectan el consumo voluntario y la producción de leche en vacas de doble propósito durante el anestro posparto. Memorias del XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Panamá, Panamá, 11 al 15 de septiembre de 2000: 292.
  15. FENWICK MA, FITZPATRICK R, KENNY DA, DISKIN MG, PATTON J, MURPHY JJ *et al.* Interrelationships between negative energy balance (NEB) and IGF regulation in liver of lactating dairy cows. *Dom Anim Endocrinol* 2008; 34:31-44.
  16. BAUMAN DE, CURRIE WB. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci* 1980; 63:1514-1529.
  17. BUTLER WR, EVERETT RW, COPPOCK CE. The relationship between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J Anim Sci* 1981; 53:742-750.
  18. VILLA-GODOYA, HUGHES TL, EMERY RS, CHAPIN LT, FOGWELL RL. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1988; 71:1063-1072.
  19. VILLA-GODOY A, HUGHES TL, EMERY RS, ENRIGHT WJ, ZINN SA, FOGWELL RL. Energy balance and body condition influence luteal function in Holstein heifers. *Dom Anim Endocrinol* 1990; 72:135-148.
  20. LEON HV, HERNÁNDEZ-CERÓN J, KEISLER DH, GUTIÉRREZ CG. Plasma concentrations of leptin, IGF-I, and insulin in relation to changes in body condition score in heifers. *J Anim Sci* 2004; 82:445-451.
  21. VILLA-GODOYA. Experiencia sobre la lactoinducción y sus efectos en el desempeño productivo y reproductivo de vacas y vaquillas lecheras. Memorias del curso de problemas reproductivos en bovinos lecheros y sus alternativas de solución; 2009 junio 12-13; Pachuca (hidalgo) México. Colegio de Médicos Veterinarios Zootecnistas del Estado de Hidalgo, Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos del Estado de Hidalgo, Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos: 2009: 115-135.
  22. SAS Institute. In SAS OnlineDoc® 9.1.3. SAS Institute Inc: Cary, NC, 2000.
  23. MICROSOFT EXCEL (version 12), Office 2007.
  24. CASTLE EN, BECKER MH, NELSON AG. Farm Business Management. 3ª ed. USA; Macmillan Publishing Company, 1987:107.

25. SHER W, TWELE B, ROSALES L. Uso de la somatotropina recombinante en vacas lecheras. Arch Zootecnia 2001; 50: 419-422.
26. LUNA PC, RAMÍREZ GJ, RODRÍGUEZ AF, GUTIÉRREZ AJ. Milk production with oxytocin in dual purpose cows under Mexican humid tropic conditions. Arch Latinoam Prod Anim. 2007; 15:15-24.
27. LUNA PC, RODRÍGUEZ AF, MARTÍNEZ NJ, GRADO AJ. El doble propósito: una alternativa de producción para los ganaderos de las zonas áridas y semiáridas de México. Memorias XXX Reunión Anual Asociación Mexicana de Producción Animal; 2002 octubre 13-15; Guadalajara, (Jalisco) México. Asociación Mexicana de Producción Animal AC. 2002: 253-256
28. LUNA PC. Rentabilidad de una explotación bovina de doble propósito diversificada. Memorias XXXII Reunión Anual Asociación Mexicana de Producción Animal; 2004 octubre 28-29 Monterrey (Nuevo León) México. Asociación Mexicana de Producción Animal. 2004: 101-105.
29. GONZALEZ-DE-LA-VARA M, DE ANDA F, VAZQUEZ CJC, ROMERO A, ROMANO MC, VILLA-GODOY, A. Grouping primiparous dairy cows: Production performance and cortisol in serum and hair. 42<sup>nd</sup> Congress of the International Society of Applied Ethology: Applied Ethology, addressing future challenges in animal agriculture. Dublin, Ireland, 2008:82.