



www.relainep.ufpr.br



# INDUSTRY DEVELOPMENT THROUGH ENGINEERING IN THE LIVESTOCK SECTOR

## DESARROLLO DE LA INDUSTRIA A TRAVÉS DE LA INGENIERÍA EN EL SECTOR GANADERO

Melissa Montoya<sup>1</sup>✉, Aileen Aguilar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), San Pedro Sula, Cortés, Honduras

✉ [meli\\_pao96@hotmail.com](mailto:meli_pao96@hotmail.com)

Recebido: 23 novembro 2019 / Aceito: 12 dezembro 2019 / Publicado: 17 dezembro 2019

**ABSTRACT.** The main cause of the project was to investigate how to make dairy farming more efficient in the tropics of Honduras, analyzing racial, nutritional and cattle management factors of a farm to obtain a more profitable production at a lower cost. The dairy farm that served as a study for this research is located in Mezapita, Arizona on the Atlantic coast of Honduras. Through interviews conducted with experts, relevant data were obtained that allowed the application of tools such as the factor weighting method and linear programming, favoring the decision making process and the minimization of costs that were developed throughout the research. The ideal breed of dairy cattle for the tropics was determined by the factor weighting method, as well as the optimal food mix using the POM QM program to obtain a minimum cost. Likewise, a new modern grazing method that allows a higher performance in dairy cattle.

**Keywords:** Dairy Farming, Cattle Ranch, Linear Programming, Grazing, Tropic, Factor Weighting Method.

**RESUMEN.** El objetivo principal del proyecto fue investigar cómo hacer más eficiente la ganadería lechera en el trópico de Honduras, analizando factores raciales, alimenticios y del manejo vacuno de una hacienda para obtener una producción más rentable a un menor costo. La hacienda lechera que sirvió de estudio para esta investigación está situada en Mezapita, Arizona zona del litoral atlántico de Honduras. Por medio de las entrevistas realizadas a expertos se obtuvieron datos relevantes que permitieron la aplicación de herramientas como el método de ponderación de factores y la programación lineal, favoreciendo la toma de decisiones acertada y la minimización de costos que fueron desarrolladas en la investigación. Se determinó mediante el método de factores ponderados la raza ideal para el trópico, así como la mezcla óptima de alimento utilizando el programa POM QM para obtener un costo mínimo. Asimismo se analizó un método de pastoreo moderno que permite el rendimiento del ganado.

**Palabras-clave:** Ganadería Lechera, Hacienda, Programación Lineal, Pastoreo, Trópico, Método de Factores Ponderados.



## 1 INTRODUCCIÓN

La importancia de la ganadería lechera y su impacto en la economía nacional es contundente puesto que Honduras produce anualmente alrededor de 650 millones de litros de leche cruda representando un 28% de la producción total de Centroamérica. Sin embargo, la ganadería lechera hondureña presentó altibajos en el 2018 al caer su producción en un 30%. Ser eficiente, productivo y rentable en las ganaderías de hoy en día es todo un reto, y más si la hacienda cuenta con un espacio limitado y está situada en el trópico, lo cual sucede con la mayoría de pequeños y medianos ganaderos del país.

En este rubro la producción de leche es prioridad y para ello es vital concentrarse en tener vacas lecheras saludables y en brindarles la mejor nutrición, garantizando la calidad y aumento en su producción. Para lograr esa eficiencia es fundamental tomar en cuenta los cuatro pilares de la ganadería que son: la nutrición, manejo, sanidad y genética del animal. Por este motivo se planteó el objetivo de investigar cómo hacer más eficiente la ganadería lechera en el trópico de Honduras, todo ello con el fin de compartir mejoras que los pequeños y medianos productores puedan implementar de manera que les ayude significativamente en las distintas áreas que se decidió investigar.

### 1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Aproximadamente 20 millones de litros de leche se dejaron de producir en el año 2018 en Honduras. Esto se debe a diversos factores relacionados con la inadecuada alimentación del ganado, falta de buenas técnicas de pastoreo y el tipo de raza empleada para la producción de leche. El consumo de alimento es el factor más importante y limitante de la producción de leche y un mayor conocimiento sobre la mezcla adecuada de alimento para las vacas permitirá un aumento en la producción de leche; de igual forma una buena técnica de pastoreo permitirá una dieta equilibrada en la alimentación del ganado. Cabe destacar que cuando se quiere obtener una producción continua de leche es muy importante el tipo de raza de ganado lechero que se esté utilizando, ya que no todas las razas se adaptan al trópico y la calidad de la leche dependerá del tipo de ganado.

### 1.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN



El objetivo principal consiste en investigar cómo hacer más eficiente la ganadería lechera en el trópico de Honduras, analizando factores raciales, alimenticios y del manejo vacuno de una hacienda para obtener una producción más rentable a un menor costo generando mayores ingresos.

Los objetivos específicos que permitirán llevar a cabo el general son: identificar cuál es la raza ideal para el trópico mediante un análisis comparativo de sus características a través del método de factores ponderados, desarrollar un modelo de programación lineal que determine la mezcla diaria de alimento a un costo mínimo por medio del programa POM QM y analizar el aprovechamiento del ganado implementando el método semi-estabulado y el pastoreo intensivo rotacional.

### 1.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### *A. Los pilares de la ganadería*

“La columna vertebral en la producción pecuaria es la nutrición”, señala Aguirre un zootecnista y especialista con diecisiete años de experiencia en nutrición animal. Afirma también como la dieta alimenticia adecuada hace que se exprese el máximo potencial productivo del animal. Una buena alimentación no solo beneficia la producción, sino también la calidad de la leche, reproducción y sanidad del ganado. Las vacas deben ser alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutritivos. Todos estos aspectos deben ser considerados para obtener la ración óptima, las cuales van a variar según el peso, nivel de producción y momento de lactancia en el cual se encuentran los animales (Santos, 2015).

#### *B. Requerimientos nutritivos de vacas lecheras*

Uno de los aspectos más importantes que se debe considerar en la alimentación de las vacas lecheras es que ellas realicen un alto consumo de alimento, de manera de maximizar la producción. Existe una serie de factores que influye en el consumo voluntario de los ruminantes en general y, de las vacas lecheras en particular. Estos pueden agruparse en (Hazard, 2001, p. 1):

- *Características propias del animal;*
- *Características del alimento que reciben;*
- *Efecto del manejo a que están sometidos;*
- *Efecto de las condiciones climáticas.*



Hazard (2001, p. 2) afirma:

*A través del consumo de los animales, ingieren los nutrientes que son indispensables para vivir, reproducirse, producir entre otros. Los principales nutrientes son: azúcares, proteína, grasa, agua, minerales y vitaminas. Los factores a continuación se deben tomar en cuenta al momento de proceder a alimentar al ganado.*

### **C. Eficiencia alimentaria en el ganado**

Araujo-Febres (2005, p. 1) afirma:

*La eficiencia alimentaria en el ganado bovino está influenciada por la digestibilidad de la dieta, y otros factores ambientales, la habilidad genética y el estado fisiológico. El animal con un déficit fisiológico de algunos nutrientes (hambre) se moviliza para buscar alimentos que le satisfagan (apetito) y los consume hasta sentir la sensación de saciedad. El apetito varía de un animal a otro. En la ganadería moderna se busca maximizar el consumo, y minimizar las pérdidas de energía, para alcanzar el máximo potencial de producción.*

La energía es el limitante más importante en la nutrición de vacas al pastoreo. Además vacas en pastoreo requieren de mayor energía para mantenimiento debido a su actividad física al caminar hacia los potreros. La suplementación es una práctica rentable siempre y cuando se mantenga en proporciones bajas. Suplementar ensilajes es requerido para suplir el déficit productivo y nutricional de las pasturas, especialmente en vacas de alta producción. El ensilaje de maíz ha sido la opción por excelencia de suplementación de energía en sistemas pastoriles intensivos debido a su bajo costo y practicidad (Kolver *et al.*, 2001, p. 195-201).

La suplementación con fuentes energéticas y proteicas no solo contribuye a incrementar la producción de leche, sino que también contribuye a mejorar la condición corporal (o sea el balance energético de la vaca), lo cual beneficia sustancialmente los índices reproductivos en el ganado lechero. La condición corporal debe monitorearse durante toda la lactancia para tener un sistema de producción de leche sostenible (Barton, 1996, p. 17-32).

### **D. Características propias del animal**

Las características propias del animal en conjunto con las características de la dieta, son los factores más importantes. El animal está capacitado para realizar un cierto consumo potencial, que está afectado por una serie de factores, tales como:



- **Peso del animal:** El peso del animal juega un papel fundamental, al momento de saber la cantidad de comida que va a ingerir ya que el consumo ideal en alimento debe ser el 10% de su peso;
- **Rendimiento potencial de leche:** Depende de la capacidad productiva que heredaron de sus padres. Si la alimentación suministrada a la vaca es la correcta, en cantidad como en calidad, el rendimiento potencial de la leche prevalecerá;
- **Estado de la lactancia:** La máxima producción de leche se logra entre los 45-60 días después del parto y es por eso que el productor debe tratar de obtener el punto de máxima producción. Los requerimientos nutritivos de las vacas lecheras varían en función de la etapa de la lactancia en la que se encuentren (Hazard, 2001, p. 2-3).

#### ***E. Características del alimento suministrado a las vacas***

Las vacas lecheras se caracterizan por ser muy selectivas en lo que comen. Son capaces de distinguir cuales son los forrajes de mejor calidad y dentro de la misma planta preferirán las hojas antes que los tallos. Los alimentos más comunes para las vacas se clasifican en dos tipos: forrajes y concentrados. Los forrajes están constituidos por tallos, hojas y flores de las plantas de especies forrajeras como la cebada, avena, vicia vellosa, alfalfa, trébol, pasto oville, etc. Los animales pueden consumir forrajes en los siguientes estados: verde, heno y ensilaje. Se llaman alimentos concentrados a granos y frutos de origen vegetal con muy poca fibra, formados en gran parte por sustancias nutritivas altamente digestibles, como en el maíz, cebada, arveja, habas, arroz, trigo, sorgo, soya, pepa de algodón, etc (Samaniego, 2009, p. 2-3).

#### ***F. Efectos del manejo***

Hazard (2001, p. 6) menciona:

*Que los efectos del manejo se refieren básicamente al tiempo de acceso que tienen los animales al alimento. Además se consideran los efectos de frecuencia (número de veces que ingresan las vacas a comer) y forma de presentaciones de las dietas (enteras, molidas, otros.). Es importante tener orden y control en el manejo para obtener los beneficios y resultados esperados.*

#### ***G. Efecto de las condiciones climáticas***



El factor climático es una de las condiciones que más influye en el sector agropecuario. La hacienda que servirá de estudio para esta investigación está situada en la zona del litoral atlántico del país. Es importante determinar en qué zona del país se encuentra la hacienda para así poder establecer los beneficios y retos existentes que influirán directamente en la producción.

Los efectos del clima sobre la producción animal son directos e indirectos. Directos porque afectan las necesidades energéticas de los animales e indirectos porque influyen sobre la disponibilidad del forraje. Los fenómenos meteorológicos que influyen en el consumo son: temperatura, humedad, viento, radiación, lluvia y altitud. La máxima producción de leche se logra con una temperatura que oscila entre 4-21 ° C.

Las ganaderías ubicadas en esta zona del trópico bajo (departamentos calurosos), afrontan un momento crítico debido a lo impredecibles que se han vuelto los fenómenos de cambio climático del momento. Las desventajas están a la orden del día también para esa zona, como lo son el calor, moscas, garrapatas, virus o los climas irregulares siendo algunos factores que afectan a los animales.

### ***H. Manejo Animal***

El manejo animal abarca varios puntos esenciales para lograr que la dieta dada al rumiante surta efecto positivo. El confort en los predios, la cantidad de comida y la hora establecida para darla, la rotación de potreros, división de praderas, la movilización del ganado, la separación de reses por edad, raza y zona forman parte de este factor.

Gilberto Camacho, zootecnista y profesional en Gestión Productiva y Salud Animal del Fondo Nacional del Ganado, afirma a la revista colombiana “Contexto Ganadero” que la clave del manejo animal es conformar grupos por edades productivas. Las hembras de levante estarán en un lote, al igual que las novillas preñadas (Santos, 2015).

### ***I. Semi-estabulación***

Una propuesta tecnológica acertada es brindar al ganado un espacio donde se pueda alimentar a plena satisfacción y de forma que tengan la absoluta capacidad de controlar esta alimentación, para así evitar al máximo las pérdidas. El establo es un lugar que si está bien diseñado de acuerdo a las exigencias de los bovinos para su comodidad y óptimo desempeño fisiológico, puede garantizar que la alimentación del ganado sea de



una forma más controlada. Encerrar al animal en un establo de forma permanente resulta costoso y riesgoso. La estabulación permanente no es viable para todo tipo de ganado en el trópico ya que si la finalidad es el ganado destinado a la lechería pues el método que se recomienda es el combinado entre potreros y establo llamado semi-estabulación (Rúa Franco, 2010).

### ***J. Inseminación artificial***

La necesidad de reducir las deficiencias en la detección de celo ha llevado a diseñar protocolos de Inseminación a Tiempo Fijo (IATF) y aun cuando puede existir variabilidad de resultados, es claro que se puede contar con una alternativa para contribuir a disminuir las deficiencias reproductivas. Los costos de administración de protocolos de IA a tiempo fijo pueden parecer elevados, pero las deficiencias en la detección de celos es un problema importante y que puede afectar la productividad de un establecimiento (Huanca, 2001).

La necesidad de reducir y corregir las deficiencias que se presentan en el ganado a nivel productivo, reproductivo y corporal ha llevado a que la implementación de la inseminación artificial (IA) sea cada vez más utilizada. La inseminación artificial ha demostrado su gran aporte al mejoramiento genético en la ganadería lechera en diferentes partes del mundo. Es por eso que es una alternativa eficiente que permite utilizar espermatozoides de toros élite con las mejores características a nivel mundial permitiendo llegar al nivel genético deseado. La IA es un método de reproducción que sustituye el apareamiento natural entre el macho y la hembra. Se debe extraer el semen al macho, diluirlo y conservarlo. Mediante una técnica e instrumental adecuado depositarlo en el aparato reproductor de la hembra con el fin de fecundarla.

### ***K. Raza Holstein***

La raza de ganado Holstein se originó en dos provincias de Holanda: Frisia Occidental y País Bajo del Norte. Es la más pesada y productiva de todas las razas lecheras. Basta decir que, a la fecha, la vaca más notable en cuanto a rendimiento lechero pertenece a esta raza; su nombre Arlinda Ellen, produjo en una lactación 25,300 kg de leche en 365 días netos. La inseminación artificial ha tenido un impacto sobre el mejoramiento genético de la raza. Desde el perfeccionamiento del proceso de congelamiento del semen en los 40's, ha permitido el uso de toros probados. El 85 por ciento de los nacimientos son a consecuencia del uso de la



inseminación artificial. Esta raza se encuentra en cada continente y en casi cada país (Características de la raza Holstein, 2018).

El peso vivo en las hembras es de 600 a 700 kg aproximadamente en su edad adulta, este ganado es el más pesado de todas las razas lecheras. La alzada de esta raza es superior a los 1.50 metros (Ruiz, 2016b).

### ***L. Raza Jersey***

La raza Jersey se caracteriza por ser más pequeña y más ligera que la vaca Holstein, otras características importantes son su precocidad para reproducirse y sus sólidos totales en leche. Tiene como atributos su fácil manejo, su excelente fertilidad, tiene un ordeño rápido y no tiene problemas con la facilidad de parto, además tiene mejor conversión alimenticia comparada con otras razas lecheras. Una hembra adulta pesa entre 430 y 450 Kg, su altura es de 1.20 m en promedio (Ruiz, 2016a).

La vaca Jersey come el 80% de la ingesta de una vaca Holstein, pero tiene el 75% de peso corporal que una Holstein. "Las vacas Jersey son capaces de captar energía que comen adicional a su peso corporal y ponerla en la leche" (Pine Creek Nutrition service Inc, Denair, California). La energía corregida en leche es mayor por libra de materia seca en la raza Jersey que en la Holstein (65, 66).

### ***M. Raza Gyr***

Son animales de tamaño mediano, cuerpo bien proporcionado de líneas nítidas y constitución robusta. El promedio de peso de las hembras adultas es de 450 kg y de los machos de 800 kg. Se caracteriza por presentar una cabeza prominente, frente larga y ultra convexa; los cuernos son gruesos, algunas veces retorcidos. Las orejas son muy largas y encartuchadas.

Las razas doble propósito han desempeñado un papel importante en la generación de un lácteo de calidad. Doble propósito siendo que tienen una producción de carne y leche de buena calidad. La gyr es una de ellas y ha sido aprovechada por ganaderos, que incluso han hecho cruces con la holstein, lo que ha dado como resultado la girolando, con la que se ha aumentado la producción del lácteo por ordeño (Contexto Ganadero, 2014).

### ***N. Método de Ponderación de Factores***



Este método sirve para realizar un análisis cuantitativo o cualitativo en el que se comparan las diferentes alternativas. El método permite ponderar factores de preferencia que ayuden a la toma de decisiones. Se sugiere aplicar el presente procedimiento para jerarquizar los factores cualitativos.

### ***O. Programación Lineal***

Es una herramienta de la investigación de operaciones que consiste en optimizar, es decir maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones lineales, optimizando una función objetivo también lineal (Taha, 2012).

## **2 MÉTODO**

Esta investigación se desarrolló por medio del método cualitativo, no obstante, se perfeccionó su implementación por medio de métodos y herramientas del enfoque cuantitativo. Se utilizaron técnicas cuantitativas que permitieran sustentar la información recabada cualitativamente. Las técnicas utilizadas durante el proceso de investigación fueron la observación participativa y no participativa para obtener información acerca de todas las actividades relacionadas con la hacienda.

De igual forma se aplicó una entrevista estructurada de 8 preguntas a dos expertos en el área de la industria lechera. En cuanto a las entrevistas, estas permitieron la recolección de información de acuerdo al objeto de estudio, pero con la libertad de formular preguntas no planeadas con el fin de obtener la mayor información posible y enriquecer la investigación.

En cuanto a la población se tomaron todas las razas lecheras presentes en la hacienda incluyendo razas puras y mezcladas. Se utilizó un muestreo seleccionando las razas lecheras Jersey y Holstein, esto con el fin de determinar cuál de las de las dos razas es más conveniente y rentable en el trópico.

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 MÉTODO DE PONDERACIÓN DE FACTORES: SELECCIÓN DE LA RAZA IDEAL DE GANADO LECHERO PARA EL TRÓPICO**



Se realizó una entrevista a dos expertos para obtener las calificaciones correspondientes para cada uno de los criterios. El Dr.Pinto, un médico veterinario que cuenta con su propia hacienda fue seleccionado para determinar las calificaciones requeridas. El Ing. Lardizábal dueño de la hacienda donde se desarrolló esta investigación nos brindó de igual forma las calificaciones para poder desarrollar el modelo. Cabe destacar que las calificaciones pueden variar de acuerdo a las experiencias de cada experto. Se obtuvieron cuatro criterios que se consideraron de vital importancia para seleccionar una raza de ganado ideal para el trópico. A los criterios se le asignó el mismo porcentaje de importancia del 25% a cada uno. Para la selección de la raza ideal se hizo en base a 2 alternativas: raza Holstein y raza Jersey.

En base a la importancia de cada criterio se obtuvieron las siguientes calificaciones definidas por los expertos siendo 1 la calificación más baja y 10 la más alta:

TABLA 1 – TABLA DE CALIFICACIONES DE CRITERIOS SEGÚN EXPERTOS

Calificaciones definidas por el experto	Raza Holstein	Raza Jersey
<b>CRITERIOS</b>		
Tamaño	6	7
produccion de leche	9	8
Rusticidad	5	7
Fertilidad	7	10

FUENTE: PROPIA (2019)

TABLA 2 – RESULTADOS DE LA TOMA DE DECISIONES EN POM QM

Decision Making Results			
	Weights	Option 1	Option 2
Tamaño	.25	46	54
produccion de leche	.25	53	47
rusticidad	.25	41.7	58.3
fertilidad	.25	41.2	58.8
	1		
<b>Weighted Total</b>		<b>45.48</b>	<b>54.53</b>
<b>Weighted Average</b>		<b>45.48</b>	<b>54.53</b>

FUENTE: POM QM PROGRAM (2019)

Según los resultados obtenidos la alternativa con el peso compuesto más alto es la alternativa dos (Jersey). La raza Jersey posee un tamaño más pequeño lo cual hace que se



puedan poner mayor número de animales por área de pastoreo y la hace ideal para una hacienda de 20 manzanas.

TABLA 3 – RESULTADOS DE ALTERNATIVAS EN PORCENTAJES

<b>ALTERNATIVA 1 HOLSTEIN</b>	<b>45.5%</b>
<b>ALTERNATIVA 2 JERSEY</b>	<b>54.5%</b>

FUENTE: PROPIA (2019)

La raza Jersey es de mayor adaptación a los climas tropicales, reportando buenos rendimientos en esa zona. En el aspecto de rusticidad, calidad de leche, tamaño óptimo y por ende menor consumo de alimentos, esta raza presenta mayores ventajas en cuanto a la Holstein. Después de analizar todos estos factores y obtener el fundamento numérico en base a la calificación de pesos compuestos podemos determinar que la raza ideal para el trópico es la Jersey con un 9% de diferencia en cuanto a la Holstein.

### 3.2 MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

Para cumplir con el objetivo de determinar la mezcla diaria de alimento a un costo mínimo, se elaboró un modelo matemático que toma en cuenta tres alimentos importantes y ricos en proteína y fibra que debe ser suministrado a las vacas lecheras en su dieta.

La Hacienda consume diariamente un mínimo de 1200 lbs de alimento especial conocido como ensilaje de maíz o de cuba 22(zacate de corte). Básicamente las dietas de las vacas lecheras requieren de entre 14-18% de proteína cruda y de 14-16% de fibra cruda. Para realizar el mix de los alimentos La Hacienda debe contar con 400 lbs de cada forraje (maíz, cuba22 y heno).

TABLA 4 – COSTOS Y COMPOSICIÓN (PROTEÍNA Y FIBRA) DE FORRAJES POR LB.

Forraje en libras	Proteína %	Fibra %	Costo por libra
<b>Maíz</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>L. 0.70</b>
<b>Cuba 22</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>L. 0.50</b>
<b>Heno</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>L. 1.00</b>

FUENTE: PROPIA (2019)

Donde:

- X1 = cantidad de lbs de forraje de maíz
- X2 = cantidad de lbs de forraje de cuba 22
- X3 = cantidad de lbs de forraje de heno



El objetivo es minimizar el costo diario total de la mezcla de alimento, es decir,

$$\text{Minimizar } z = 0.7x_1 + 0.5x_2 + 1x_3$$

### Restricciones

1. Hacienda requiere un mínimo de 1200 libras de alimento diario es decir,

$$x_1 + x_2 + x_3 \geq 1200$$

La cantidad de proteína contenida en  $x_1$  libras de maíz,  $x_2$  libras de cuba 22 y  $x_3$  libras de heno

$$0.09x_1 + 0.2x_2 + 0.2x_3$$

2. Esta cantidad debe ser al entre 14% -18% de la mezcla de alimentos total ( $x_1 + x_2 + x_3$ ) lb, es decir:

$$0.09x_1 + 0.2x_2 + 0.2x_3 \geq 0.14(x_1 + x_2 + x_3)$$

$$0.09x_1 + 0.2x_2 + 0.2x_3 \leq 0.18(x_1 + x_2 + x_3)$$

3. La necesidad de fibra para una vaca lechera es del 14% mínimo y 16% máximo y se representan ambas restricciones de la siguiente manera:

$$0.02x_1 + 0.3x_2 + 0.19x_3 \geq 0.14(x_1 + x_2 + x_3)$$

$$0.02x_1 + 0.3x_2 + 0.19x_3 \leq 0.16(x_1 + x_2 + x_3)$$

4. Las restricciones en cuanto a las libras diarias con las que cuenta La Hacienda para cada forraje son:

$$X_1 \geq 400$$

$$X_2 \geq 400$$

$$X_3 \geq 400$$

TABLA 5 – RESULTADOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL EN POM QM.

	X1	X2	X3		RHS	Shadow Price
Minimize	.7	.5	1			
Libras de alimento diario	1	1	1	>=	1200	0
Proteína mínima requerida	-.05	.06	.06	>=	0	0
Proteína máxima requerida	-.09	.02	.02	<=	0	0
Fibra mínima requerida	-.12	.16	.05	>=	0	0
Fibra máxima requerida	-.14	.14	.03	<=	0	5
Maíz disponible para mix	1	0	0	>=	400	0
Cuba 22 disponible para mix	0	1	0	>=	400	-1.2
Heno disponible para mix	0	0	1	>=	400	-1.15
Solution->	485.7143	400	400		940	

FUENTE: PROPIA (2019)



La solución indica que para obtener un costo mínimo la cantidad de libras de ensilaje de maíz, cuba 22 y heno que se utilizan para realizar la mezcla de alimento es de 485, 400 y 400 libras respectivamente.

El análisis de sensibilidad que se muestra a continuación tiene como objetivo identificar el impacto que resulta en los resultados del problema original luego de determinadas variaciones en los parámetros, variables o restricciones del modelo. En otras palabras son los parámetros del modelo que pueden cambiar dentro de ciertos límites sin que cambie la solución óptima. Según los resultados del análisis muestra un excedente de 85 lbs más de maíz que se pueden brindar y aun así conservar costos mínimos y cumpliendo con los requerimientos nutritivos de las vacas lecheras.

TABLA 6 – ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE POM QM.

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	485.7143	0	.7	0	Infinity
X2	400	0	.5	-.7	Infinity
X3	400	0	1	-.15	Infinity
Constraint	Shadow Price	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Libras de alimento diario	0	85.7142	1200	-Infinity	1285.714
Proteína mínima requerida	0	23.7143	0	-Infinity	23.7143
Proteína máxima requerida	0	27.7143	0	-27.7143	Infinity
Fibra mínima requerida	0	25.7143	0	-Infinity	25.7143
Fibra máxima requerida	5	0	0	-30	12
Maíz disponible para mix	0	85.7143	400	-Infinity	485.7143
Cuba 22 disponible para mix	-1.2	0	400	357.143	Infinity
Heno disponible para mix	-1.15	0	400	329.412	39199.05

FUENTE: PROPIA (2019)

El precio dual o sombra de una restricción representa la tasa de cambio del valor óptimo ante una modificación del lado derecho de una restricción. De acuerdo al análisis se obtuvo un precio dual de -1.2 para cuba 22 y -1.15 para el heno. Esto quiere decir que son los menos factibles en cuestión monetaria ya que por cada libra que se le dé al ganado de cuba y heno así será el incremento respectivamente. El intervalo muestra que cualquier variación de dicho lado derecho en ese intervalo provocará una variación proporcional al precio sombra en cuanto al valor de la función objetivo.



### 3.3 ANÁLISIS DEL APROVECHAMIENTO DEL GANADO POR MEDIO DE LOS MÉTODOS DE PASTOREO RACIONAL INTENSIVO Y SEMI-ESTABULACIÓN

#### 3.3.1 Semi-estabulado

Brindar al ganado un espacio donde se pueda alimentar a plena satisfacción y de forma que tengan la absoluta capacidad de controlar esta alimentación es una propuesta acertada, para así evitar al máximo las pérdidas. El establo es un lugar que si está bien diseñado de acuerdo a las exigencias de los bovinos para su comodidad y óptimo desempeño fisiológico, puede garantizar que la alimentación del ganado sea de una forma más controlada. Encerrar al animal en un establo de forma permanente resulta costoso y riesgoso. La estabulación permanente no es viable para todo tipo de ganado en el trópico ya que si la finalidad es el ganado destinado a la lechería pues el método que se recomienda es el combinado entre potreros y establo llamado semi-estabulación.

#### 3.3.2 Pastoreo racional intensivo

La Hacienda ha logrado un nivel de tecnificación más intensiva, por lo que el reto consiste en incrementar la productividad y optimizar los recursos disponibles. Antes utilizaban el pastoreo extensivo tradicional que incluía una interacción humana con el fin de darle un mejor manejo a las praderas y al ganado. Hacer uso de esta técnica de pastoreo está muy bien, sin embargo, si se quieren mayores beneficios se recomienda cambiar al pastoreo racional intensivo.

Se puede decir que la técnica de pastoreo intensivo rotacional es la especialización del manejo de pasto que determina periodos recurrentes de pastoreo y descansos. El pastoreo racional intensivo permite una mayor carga animal y días de descanso para permitir el desarrollo óptimo de pasturas.

Esta técnica cuenta con muchas más ventajas que la tradicional brindando una dieta equilibrada para la alimentación del ganado. En este sistema el animal cosecha cada día un pasto sano y limpio. Al implementar este tipo de pastoreo el ganado expresaría su óptima capacidad de producción.



#### 4 CONCLUSIONES

1) Tras haber realizado el análisis de la raza ideal de ganado lechero en el trópico por medio del método de ponderación de factores en el programa de POMQM se puede concluir que:

- La raza Jersey aventaja la raza Holstein en el aspecto de rusticidad ya que se adapta rápidamente a diferentes tipos de clima y suelos. Dada la pigmentación oscura de la piel, esta raza soporta los fríos rigurosos, así como altas temperaturas. Esta raza también es más precoz y fértil, con una facilidad de parto que cualquier otra raza, lo que trae otro beneficio económico para el ganadero. Otro factor diferenciador de la raza Jersey que incide en la rentabilidad económica es la calidad de leche, por su cantidad de grasa, proteína y contenido mineral;
- Después de analizar todos estos factores y obtener el fundamento numérico en base a la calificación de pesos compuestos podemos determinar que la raza ideal para el trópico es la Jersey con un 9% de diferencia en cuanto a la Holstein. Sin embargo, se obtuvo una propuesta mejorada como el encaste o mezcla entre la Jersey siendo una raza con calidad de leche y el cebú más lechero y con mayor resistencia denominado Gyr, mezcla ideal para enfrentar las problemáticas del trópico.

2) El modelo de programación lineal realizado en POM QM indica que la solución para obtener un costo mínimo, la cantidad de libras de ensilaje de maíz, cuba 22 y heno que se deben utilizar para realizar la mezcla de alimento es de 485, 400 y 400 libras respectivamente. Según los resultados del análisis muestra un excedente de 85 lbs más de maíz que se pueden brindar y aun así conservar costos mínimos y cumpliendo con los requerimientos nutritivos de las vacas lecheras. De acuerdo al análisis se obtuvo un precio dual de 1.2 para cuba 22 y -1.15 para el heno. Esto quiere decir que son los menos factibles en cuestión monetaria ya que por cada libra que se le dé al ganado de cuba y heno así será el incremento respectivamente.

3) Después del análisis realizado sobre las técnicas de pastoreo se concluyó que lo recomendado es el método de semi-estabulado que es el combinado entre potreros y establo que permite el aprovechamiento energético del ganado, el consumo controlado de alimentos y



disminución en el estrés calórico. Brindando así un estado físico y emocional estable para las vacas permitiéndoles aumentar la calidad y cantidad de su producción.

4) Si se quieren mayores beneficios se recomienda el pastoreo racional intensivo que es una de las mejores técnicas a implementar y brinda la especialización del manejo de pasto que determina periodos recurrentes de pastoreo y descansos.

Permite el desarrollo óptimo de pasturas cosechando un pasto sano y limpio destinando una dieta equilibrada para la alimentación del ganado. Al implementar estos métodos de pastoreo el ganado expresaría su óptima capacidad de producción.

### AGRADECIMENTOS

- El ingeniero en gestión logística Guillermo Lardizábal brindó asesoría ganadera y la hacienda respectiva para llevar a cabo el desarrollo de esta investigación. La ingeniera industrial María Auxiliadora Amador inspiró mediante su asignatura Investigación de Operaciones I y II la aplicación de dichas herramientas de ingeniería a los distintos rubros. Para finalizar el ing. Roberto Rodríguez y el Dr. Nelson Lizardo ambos asesores metodológicos de esta investigación revisaron el proceso y la versión final brindando apoyo y motivación durante todo el trayecto.

### REFERENCIAS

- ARAUJO-FEBRES, O. **Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales.** Universidad del Zulia, Venezuela, 2005.
- BARTON, B. **Determining If Reproduction is Affected by a Nutrient Imbalance.** IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana, 1996. p. 17-32.
- CONTEXTO GANADERO. **Raza gyr: ideal para la producción de leche en climas cálidos.** 2014.
- HAZARD, S. **Alimentación de vacas lecheras.** 2001.
- HUANCA, W. **Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras.** Perú, 2001.
- KOLVER, E.S., J. ROCHE, D. MILLER, R. DENSLEY. Maize Silage for Dairy Cows. **New Zealand Grassland Association**, n.63, p.195-201, 2001.
- RÚA FRANCO, M. **Semiestabulación de bovinos en 21 pasos.** Ganadería, 2010.
- RUIZ, A. **Características de la raza Jersey.** Genbiogan, 2016a.
- RUIZ, A. **Características fenotípicas de la raza Holstein.** Genbiogan, 2016b.
- SAMANIEGO, L. **Nutrición y nutrición del ganado lechero** (1.a ed.), 2009.



www.relainep.ufpr.br



SANTOS, S. **La ecuación de la ganadería: nutrición, manejo, sanidad y genética.**  
Contexto Ganadero, 2015.

TAHA, H. **Investigación de Operaciones** (9.a ed.). México, 2012.