

## PESOS ECONÓMICOS PARA UN ÍNDICE DE SELECCIÓN DE LA RAZA HOLSTEIN FRIESIAN EN EL ECUADOR

### ECONOMIC WEIGHTS FOR A SELECTION INDEX OF THE HOLSTEIN FRIESIAN BREED IN ECUADOR

Carlos Ortuño Barba<sup>1a</sup>, Edilberto Chacón Marcheco<sup>1b\*</sup>, Luis Cartuche Macas<sup>2</sup>, Israel Carrillo Álvarez<sup>3</sup> y Guillermo Guevara Viera<sup>4</sup>

<sup>1a</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi. El Ejido, sector San Felipe, CP: 050101. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-3833-1812>

<sup>1b</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi. El Ejido, sector San Felipe, CP: 050101. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-9590-6451>

<sup>2</sup> Universidad Intercultural de las Nacionalidades y Pueblos Indígenas Amawtay Wasi. CP: 170518. Quito, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-3278-1238>

<sup>3</sup> Camal Frigorífico Municipal Ambato. Parque industrial, calle f. CP: 180101. Ambato, Tungurahua, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-2813-1980>

<sup>4</sup> Universidad de Cuenca. Av. 12 de abril y Av. Loja. CP: 010205. Cuenca, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-3832-9090>

\* Autor para correspondencia: [edilberto.chacon@utc.edu.ec](mailto:edilberto.chacon@utc.edu.ec)

#### RESUMEN

El genotipo Holstein Friesian es la raza registrada más antigua en Ecuador. El objetivo de esta investigación fue determinar los pesos económicos de los caracteres productivos y reproductivos más importantes en la raza Holstein Friesian del Ecuador, con la finalidad de diseñar un índice de selección de esta raza bajo el sistema económico de producción local. Los valores económicos para la producción de leche (PL), reproductivos (edad al primer parto (EPP), intervalo entre partos (IEP), crecimiento (peso vivo, PV) y longevidad (vida productiva, VP) se calcularon para un sistema de producción lechero basado en pasturas en el Ecuador. Se estimaron valores económicos bajo dos situaciones de pago de leche, basado en el precio por litro y en el precio por kilogramo de pasto producido. En el modelo inicial, los valores económicos fueron de 24,77 para PL (\$USD/kg); -0,88 para EPP (días); 0,26 para IEP (días); -0,60 para PV (kg/vaca); y 0,29 para VP (años/vaca). Con un incremento del 10 % al valor inicial, el valor económico de PL aumentó (50,22), mientras que el precio por kg de pasto disminuyó (23,55). Los valores económicos estimados mostraron cambios importantes en cuanto a precios y cantidad de producción de leche en los sistemas de producción a pastoreo en Ecuador. Desde el punto de vista económico, los resultados obtenidos en este estudio pueden ser utilizados en programas de mejoramiento genético sobre las características que deberían incluirse en un índice de selección para la raza Holstein Friesian.

**Palabras clave:** cría, selección, modelo, beneficio.

## ABSTRACT

The Holstein Friesian genotype is the oldest registered breed in Ecuador. The objective of this research was to determine the economic weights of important productive and reproductive traits of the Holstein Friesian breed in Ecuador, in order to design a selection index for this breed under the economic system of local production. Economic values for milk production (PL), reproductive age at first calving (EEP), calving interval (IEP), growth (live weight, PV) and longevity (productive life, VP) were calculated for a dairy production system based on pastures in Ecuador. Economic values were estimated under two milk payment situations, based on the price per liter and on the price per kilogram of pasture produced. In the initial model, the economic values were 24,77 for PL (\$USD / kg); -0,88 for EPP (days); 0,26 for IEP (days); -0,60 for PV (kg/cow); and 0,29 for VP (years/cow). With a 10% increase of the initial value, the economic value of PL increased (50.22), while price per kg of grass decreased (23.55). The estimated economic values showed important changes in terms of prices and quantity of milk production in the grazing production systems in Ecuador. From the economic point of view, the results obtained in this study can be used in genetic improvement programs on the traits that could be included in a selection index for the Holstein Friesian breed.

**Keywords:** breeding, selection, model, profit.

## INTRODUCCIÓN

La raza Holstein Friesian es la raza registrada más antigua en Ecuador, en 1896 llegaron los primeros toros de esta raza; la formación de la Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE) se realiza en 1942 una de las más antiguas asociaciones ganaderas de Ecuador que actualmente conforman más de 160 socios de todo el país y tiene como misión proveer servicios para el mejoramiento genético, tecnológico y productivo para incrementar la eficiencia de la ganadería lechera (Centro de la Industria Láctea del Ecuador, 2015).

En el año 2020 se registró un promedio de 6 millones de litros de leche diarios, procedentes de 962.520 vacas en ordeño; distribuidos en la región Sierra con un (77,2%), de la producción total, seguido de la Costa (17,9%) y la Amazonía (4,8%). En relación al promedio de litros de leche por vaca producida, se destaca la región Sierra con un rendimiento de 7,7 litros/vaca, debido a la gran cantidad de ganado lechero presente y a los pastos cultivados y naturales que sirven para su alimentación. La Amazonía ocupa el segundo lugar con 5,4 litros/vaca y la Costa en el tercer lugar con 3,8 litros/vaca (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021). El precio de la leche está normado bajo el acuerdo Ministerial No. 394 para la leche cruda pagada en finca y/o centro de acopio al productor (MAGAP, 2013).

El objetivo de mejoramiento define las características que tienen un efecto en la ganancia de la finca y el peso relativo que cada característica debe recibir durante la selección. Esta ponderación es proporcional a la importancia económica de la característica y se deriva como un

valor económico (EV), que es el cambio marginal en el beneficio obtenido a través de una unidad de cambio en la característica, mientras que todas las demás características se mantienen constantes (Samaraweera et al., 2022).

Los sistemas de producción lechera por las características de las zonas agroecológicas del país, se desarrollan sin mayores inversiones, estos necesitan ser potencializados a través del uso adecuado de los recursos; el tamaño promedio de los sistemas de producción varían por estratos en el primer estrato de 1 a 5 ha, el tamaño promedio es de 3 ha; el estrato de 5 a 20 ha presenta tamaños promedios entre 7 a 20 ha; y, en el estrato de más de 20 ha, los valores van desde 20 a 120 ha, con alimentación al pastoreo, uso de silo y suplementación balanceada, el manejo reproductivo mediante inseminación artificial y con la aplicación de planes sanitarios, los ingresos económicos están basados en la producción de leche, venta de pie de cría y animales de descarte (Requelme y Bonifaz, 2012). En este contexto, los índices de selección se mejoran continuamente a medida que se dispone de nuevas tecnologías e información por ejemplo se han incluido a lo largo del tiempo índices de tipo, índices de mérito, estudios de genética molecular, el uso de marcadores de ADN para la mejora genética (Cassandro et al., 2016).

En el Ecuador mayoritariamente se utiliza índices económicos para la selección de toros importados (Villavicencio, 2022), como, por ejemplo, de países como Estados Unidos y Nueva Zelanda se usa el Índice de Rendimiento Total (Total Performance Index – TPI, por sus siglas en inglés), y el Valor Total (Breeding Worth – BW, por sus siglas en inglés), respectivamente (Benítez y

Hernandorena, 2015). Esto ha generado que no se desarrollen estudios de este tipo en el país. Cabe recalcar que los índices de selección deben ser realizados para cada programa de mejoramiento debido a que dependen del mercado en el cual se estén desarrollando (Seyedsharifi et al., 2013). El primer paso para desarrollar un programa de este tipo sería considerar las circunstancias de producción actuales y futuras en el sector lácteo para definir el tipo de vaca que se adaptará mejor a las condiciones futuras del mercado (Vargas et al., 2002).

La definición de objetivos de mejora incluye, caracteres de rendimiento del sistema de producción desde el punto de vista económico (Cassandro et al., 2016). En bovinos lecheros se manejan tres tipos de caracteres: de producción (leche, grasa, proteína); funcionales (productividad, longevidad, crecimiento, conversión alimenticia, salud de la ubre), y de conformación (estatura, fortaleza, profundidad, anchura y ángulo de cadera, ángulo de patas, conformación de la ubre) (Vargas et al., 2002).

Una práctica común para evaluar la eficiencia en los sistemas de producción lechera en distintos lugares del mundo ha sido el uso de índices económicos. Caracteres como la edad al primer parto, el intervalo parto-parto, la mortalidad y el porcentaje de natalidad y descarte, constituyen índices técnicos y gerenciales de importancia significativa, como indicadores de productividad, rendimiento y evolución de los sistemas de producción, así como de la rentabilidad del sistema de producción de leche (Fernández et al., 2020).

Los valores económicos se pueden calcular a partir de una función de beneficio Cartuche et al. (2014) y existen varios métodos disponibles para su estimación. Los más comunes son estrictamente económicos que incluyen el diseño de una función de beneficio (ingresos y costos) para obtener la utilidad del sistema de producción (Fernández y Alenda, 2004). Otra forma de su estimación son los modelos bioeconómicos en los cuales se derivan cada carácter de interés (Sadeghi et al., 2012). El modelo estático determinista de Groen (1988) describe las relaciones cuantitativas entre los niveles de mérito genético para los rasgos considerados y los niveles de insumos y productos de la finca en relación con las circunstancias de producción. Los aspectos críticos de estos métodos según Just et al. (2018) son la falta de información sobre algunos caracteres, especialmente caracteres funcionales y caracteres nuevos que no tienen un valor económico.

El precio de la leche en los Estados Unidos se cotizaba, como la mayoría de los líquidos,

sobre la base del volumen simple hasta finales del siglo XIX. Sin embargo, cualquiera que comercializara productos lácteos sabía que la leche estaba lejos de ser uniforme y varía según el productor, la vaca individual, la etapa de lactancia, la temporada y otros factores menos explicables, hoy en día los precios a menudo se cotizan en un estándar de 3,5% de grasa de leche. La grasa de leche no es el único componente de la leche que varía en un grado económicamente significativo. Por ejemplo, la cantidad de caseína tiene un efecto considerable en el rendimiento del queso y de aquí depende el precio de venta de leche (Manchester y Blayney, 2001). El sistema de pago de leche prominente en Nueva Zelanda es el componente múltiple donde considera los valores monetarios por kilogramo de grasa y proteína y un tercer componente recibe penalización por litro de volumen de leche. Un sistema de pago alternativo que puede animar a los agricultores a aumentar el suministro de lactosa (Sneddon et al., 2013). En el caso de Ecuador, el control lechero se basa únicamente en el registro del volumen de leche en la mañana y la tarde, además de los controles reproductivos (servicios, preñeces, abortos, entre otros) y no se consideran los sólidos totales debido a los altos costos de los análisis. En lo referente al precio Contero et al. (2021) plantean que está determinado directamente entre las industrias y el productor.

En el país no se han desarrollado investigaciones sobre objetivos de mejora genética ni de valores económicos para programas de mejoramiento genético de la raza Holstein Friesian. Por lo cual esta investigación tiene como objetivo determinar los pesos económicos de los caracteres productivos y reproductivos más importantes en la raza Holstein Friesian del Ecuador, con la finalidad de diseñar un índice de selección de esta raza bajo el sistema económico de producción local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una simulación para un sistema de producción constituido por 100 animales de la raza Holstein Friesian de las cuales se obtuvieron 95 partos anuales (47 machos y 48 hembras), de las 48 hembras deslechadas 23 fueron descartadas y 25 llegaron a los 18 meses convirtiéndose en novillas de reemplazo, anualmente se descarta el 25% de las hembras bovinas adultas como se muestra en la Fig. 1. El sistema de producción se basó en el pastoreo rotativo con una carga animal promedio de 2,35 UBA/Ha. La composición del forraje fue del 70% de gramíneas (*Lolium perenne*), 25% de leguminosas (*Trifolium repens*), 2-3% de

maleza (*Pennisetum clandestinum*, *Holcus lanatus*), con un tiempo de rotación de 35 días.

Los terneros machos se venden luego de ser calostrados; las terneras fueron alimentadas con leche entera los primeros 60 días, con 6 litros/día en dos tomas diarias (am-pm); entre los 61-90 días se les suministraron 2 litros/día en dos tomas diarias (am-pm); a partir de los 90 días fueron deslechados completamente y sacados al potrero. El sistema de alojamiento de terneras es bajo cobertizo, semi cerrado. De los 6 - 12 meses de edad (peso promedio entre 150-250 kg), la alimentación consistió en el consumo del 10% de su peso vivo de materia verde al día, la cual fue obtenida en pastoreo por franjas con cerca eléctrica, suministrando agua limpia a voluntad, además se suplementaron con 1 kg de concentrado y 60 g de sal mineral por animal/día. Entre los 12 - 18 meses de edad, el consumo de forraje por las novillas se incrementó por alcanzar entre 250-350 kg de peso vivo y 80 g de sal mineral por animal/día. En este periodo se realizó la selección equivalente a un 25% de reemplazo anual. Después de los 18 meses los animales iniciaron su periodo reproductivo.

Los animales de producción con un peso entre 400-650 kg, fueron suplementados con hasta 5 kg de ensilaje y 120 g de sal mineral por animal/día. El ordeño fue mecanizado dos veces al día

con un promedio de producción de leche anual de 4.845,68 L/vaca/año, durante 305 días de lactancia. Durante todas las etapas se llevaron a cabo prácticas estándar de manejo (por ejemplo, vacunación, desparasitación, administración de tratamientos profilácticos, etc.). Las vacas descartadas se retiraron del hato debido a su edad avanzada u otras limitaciones de reproducción, lactancia, sobrevivencia y calidad de las crías. Las variables productivas y reproductivas utilizadas se detallan en la Tabla 1.

En el Ecuador, el producto principal de la ganadería es la leche y de forma complementaria venta de terneros, novillas y vacas de descarte. El pago por litro de leche se basa en volumen, y los valores económicos utilizados en la función de beneficio (Tabla 2). El precio de la leche se ha mantenido estable entre el 2009 y 2022 debido a la normativa que rige en el país (Acuerdo Ministerial No. 394) (Contero et al., 2021).

### Función de beneficio

Se diseñó una función de beneficio que consideró la diferencia entre ingresos (I) y costos (C). Estos fueron considerados para cada grupo etario y se expresó como el ingreso y los costos por vaca por año. Las ecuaciones fueron adaptadas de los estudios realizados por (Kahi et al., 2004 y Vargas et al., 2002).

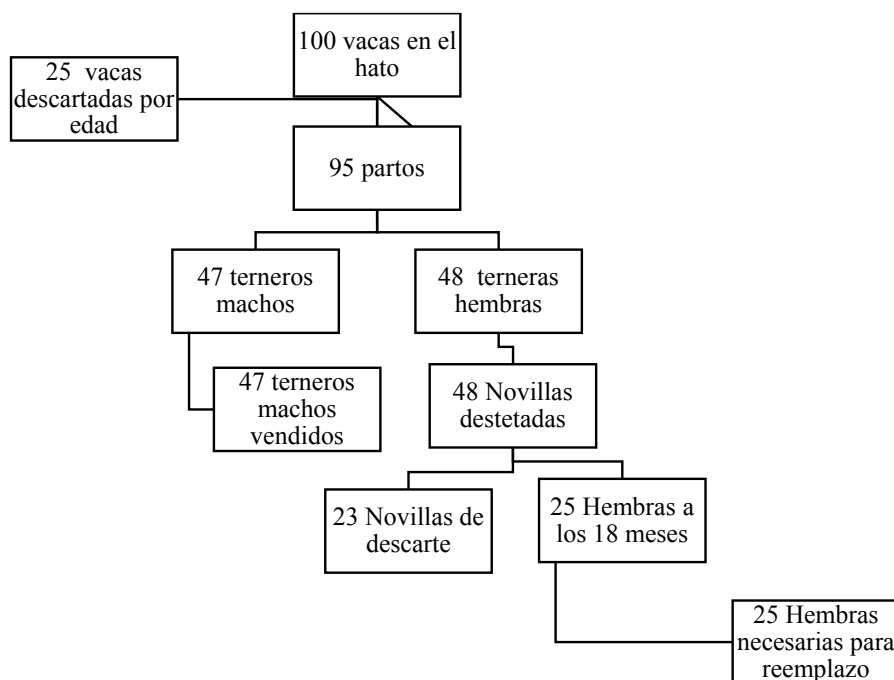


Fig. 1. Composición del hato ganadero.  
Fig. 1. Cattle herd composition.

**Tabla 1. Variables productivas y reproductivas de la raza Holstein Friesian en el Ecuador.**  
**Table 1. Productive and reproductive variables of the Holstein Friesian breed in Ecuador.**

Variables	Unidad	Valor	Referencia
Producción de leche al año (PL)	kg	4.845,68	(Muñoz et al., 2020)
Edad al primer parto (EPP)	Días	957,00	(Reyes et al., 2020)
Intervalo entre partos (IEP)	Días	511,79	(Marini et al., 2019)
Días del nacimiento al desleche (DND)	Días	90,00	(Hidalgo, 2019)
Días del desleche a los 18 m (D18)	Días	450,00	(Hidalgo, 2019)
Tasa de parto (Tp)		0,71	(Marini y Di Masso, 2019)
Vida productiva (VP)	Años	8,00	(Reyes, 2022)
Peso de la vaca adulta (PV)	kg	550,00	(Dávalos, 2016)
Peso ternera nacimiento (PVT)	kg	39,80	(Hidalgo, 2019)
Porcentaje de Concepción (PC)	%	0,67	(López, 2011)
Supervivencia a 24h (S24)	%	0,98	(Hidalgo, 2019)
Supervivencia al predesleche (PS)	%	0,93	(Hidalgo, 2019)
Mortalidad destete (MD)	%	0,07	(Hidalgo, 2019)
Supervivencia al posdesleche (PSD)	%	0,93	(Hidalgo, 2019)
Ganancia diaria de peso terneros (GDP)	kg	0,54	(Mejía, 2017)
Ganancia diaria de peso terneros desde el desleche a los 18 meses (GPoD)	kg	0,78	(Almeyda, 2012)
Cantidad de MS consumida al desleche (MSD)	kg/día	0,17	(Vargas y Elizondo, 2014)
Cantidad diaria de MS consumida desde concentrados (MScon)	kg	2,35	(NRC, 2001)
Cantidad de consumo diario de MS consumida desde silo (MSsil)	kg	5,00	(Dávalos, 2016)
Cantidad de consumo diario de MS del pasto (MSpas)	kg	14,70	(NRC, 2001)

**Tabla 2. Variables económicas utilizadas en la función de beneficio.**  
**Table 2. Economic variables used in the profit function.**

Parámetro	\$ USD	Referencia
<b>Precios</b>		
Precio del ternero al nacimiento/kg (Ptn)	1,87	(ASOGAN, 2022)
Precio de novilla de descarte/kg (Pnd)	0,82	(ASOGAN, 2022)
Precio vaca descarte/kg (Pvd)	0,31	(ASOGAN, 2022)
Precio de litro de leche/litro (Ple)	0,52	(MAGAP, 2013)
Precio por kg de pasto MS (ppas)	0,01	(INIAP, 2017)
Precio del concentrado por kg MS (pcon)	0,53	(Dávalos, 2016)
Costo del kg de silo natural MS (psil)	0,13	Estimación Propia
Costo por salud diaria en vaquillas (CSvaq)	0,15	(Yambay, 2014)
Costo por salud diaria por vaca (CSvac)	0,14	(Yambay, 2014)
Costo por reproducción en vaquillas por día (CRvaq)	0,14	(Yambay, 2014)
Costo por reproducción en vacas por año (CRvac)	1,62	(Yambay, 2014)
Costo de mano de obra por día (Cmo)	13,59	(Ministerio de Trabajo, 2018)
Costo de mano de obra por año (Cmoa)	4.891,11	(Ministerio de Trabajo, 2018)

Para los ingresos (I) por vaca por año se utilizó la ecuación:

$$I = I \text{ terneros machos} + I \text{ vacas descarte} + I \text{ venta leche}$$

Mientras que los costos (C) fueron:  $C = \text{Costos de alimentación} + \text{Costos de salud} + \text{Costos de mano de obra} + \text{Costos de reproducción} + \text{Costos fijos}$

La función de beneficio se expresó por hembra y por año como se visualiza a continuación:

### **Cálculo de ingresos**

#### **Ingreso por la venta de terneros:**

$$IVT = (0.5 \times Tp \times PC \times S24) \times Ptn$$

Donde: Tp (Tasa de parto) / PC (Porcentaje de concepción) / S24 (Supervivencia del ternero a 24 horas) / Ptn (Precio de ternero al nacimiento/kg)

#### **Ingreso por venta de novillas de descarte:**

$$IVN = Nnovillas \times Pnovillas \times Pnd$$

El número de nacimientos de novillas por año se determinó por:

$$Nnacimientos = 0.5 \times Tp \times PC \times S24 \times PS \times PSD$$

Donde: Tp (Tasa de parto) / PC (Porcentaje de concepción) / S24 (Supervivencia del ternero a 24 horas) / PS (Supervivencia al predesleche) / PSD (Supervivencia posdesleche)

*El número de novillas a ser descartadas y que serán reemplazadas por vaca por año se determinó por:*

$$Nnovillas = Nnacimientos - \frac{1}{VP}$$

Donde: Nnacimientos (Número de nacimientos) / VP (Vida Productiva)

*El peso de las novillas fue calculado por:*

$$Pnovillas = PVT + (GDP \times DND) + (GPoD \times D18)$$

Donde: PVT (Peso ternera al nacimiento) / GDP (Ganancia diaria de peso) / DND (Días desde el nacimiento al desleche) / GPoD (Ganancia de peso pos desleche) / D18 (Días desleche a 18 meses).

#### **Ingreso por venta de vacas de descarte:**

$$VD = \frac{PV}{VP} \times Pvd$$

Donde: PV (Peso Vivo) / VP (Vida Productiva) / Pvd (Precio por kg para vaca de descarte).

#### **Ingreso por venta de leche:**

$$VPL = PL \times Ple$$

Donde: PL (Producción de leche al año) / Ple (Precio de litro de leche).



## Cálculo de costos variables

### Costo de alimentación de terneras desde el nacimiento hasta el destete

*Cterneras – destete*

$$= IVT \times \left( \frac{1 + PSD}{2} \right) ((DL \times 4.5) + (DND - DL) \times 3) \times Ple + IVT \\ \times \frac{1 + PSD}{2} \times MSD \times ppas + TC \times pcon$$

Donde: DL (Días alimentación nacimiento - desleche) / DND (Días nacimiento - desleche /TC= 0.005(CF60 + GDP) / CF60 (consumo forraje 60 días) / PSD (Supervivencia al posdesleche) / DL (Días de lactancia) / IVT (Ingreso por la Venta de terneros machos) / MSD (Cantidad de MS consumida al desleche) / ppas (precio por kilo de pasto) / pcon (precio por kilo de concentrado).

### Costos de alimentación de terneras desde el destete hasta los 18 meses

*Cterneras – 18m*

$$= IVT \times PS \times \frac{1 + PSD}{2} \\ \times (0.33 \times TCO \times psil + 0.67 \times TCO \times ppas + 0.89 \times pcon \times D18)$$

Donde: D18 (Días del desleche a los 18 meses)

$$TCO = 0.02(PVT + DND \times GDP) + (540 - DND) \times GPoD$$

Donde: 540 días desde el nacimiento - desleche / PVT (Peso ternera al nacimiento) / GPoD (Ganancia diaria de peso de terneras desleche a 18 meses) / GDP (Ganancia diaria de peso terneras).

### Costos de alimentación desde los 18 meses hasta la edad del primer parto

Este período se divide en dos; el primero 206 (EPP-810) días en que la novilla está vacía y los últimos 270 días está gestante. Durante el primer período, la ingesta de MS de forraje será del 3% del peso corporal, y del 3,5% en el segundo período. Considerando una tasa de crecimiento constante, la cantidad total de MS (C18 m) consumida durante este periodo estará dada por:

$$C18m = 0.03(PV1) + 0.035(PV2)$$

Además, se consideró el peso de las hijas definido por:

$$Phijas = PVT + (GDP \times DND) + (GPoD \times D18)$$

$$PV1 = Phijas + \left[ (EPP - 540) \times \frac{PV - Phijas}{EPP - 540} \right]$$

$$PV2 = \left\{ Phijas + [(EPP - 810)] \times \left( \frac{PV - Phijas}{EPP - 540} \right) \right\} + EPP - 540 \times \left( \frac{PV - Phijas}{EPP - 540} \right)$$

El costo de alimentación de vaquillas desde los 18 meses hasta el primer parto estuvo dado por:

*Cterneras – 18 meses – EPP*

$$= VP$$

$$\times (0.33 \times C18m \times psil + 0.67 \times C18m \times ppas + 0.89 \times pcon \times EPP - 540)$$

**Costo total de alimentación desde el nacimiento hasta el primer parto**

$$CTvaquilla = Cterneras - destete + Cterneras - 18m + Cterneras - 18meses - EPP$$

**Costo de salud desde el nacimiento hasta el destete**

$$Csnacimiento - destete = IVT \times \left( \frac{1 + PSD}{2} \right) \times DND \times CSvaq$$

**Costo de salud desde el destete hasta los 18 meses**

$$Csdestete - 18m = IVT \times PS \times \left( \frac{1 + PSD}{2} \right) \times D18 \times CSvaq$$

**Costo de salud desde los 18 meses al primer parto**

$$Cs18M - EPP = VP \times EPP - 540 \times CSvaq$$

**Costo de mano de obra desde el nacimiento hasta el destete**

$$Cmo nac - destete = IVT \times \left( \frac{1 + PSD}{2} \right) \times DND \times Cmo$$

**Costo de mano de obra desde el destete hasta los 18 meses**

$$Cmo destete - 18m = IVT \times PS \times \left( \frac{1 + PSD}{2} \right) \times D18 \times Cmo$$

**Costo de mano de obra desde los 18 meses al primer parto**

$$Cmo 18m - EPP = VP \times EPP - 540 \times Cmo$$

**Costo de reproducción**

$$Crvaconas = VP \times (EPP - 540) \times CRvaq$$

**Costo de alimentación de vacas**

$$Ali vac = 365 \times Consumo$$

$$Consumo = MScon \times pcon + 0.33 \times MSSil \times psil + 0.67 \times MSPas \times ppas$$

Los costos fijos considerados fueron: mano de obra, servicios públicos, administración, maquinaria, equipos y estructuras de la explotación, los demás costos fueron variables al estar influenciados por el nivel de producción del ható.

**Valores económicos**

Los valores económicos se calcularon mediante la derivada parcial de cada uno de los caracteres de interés. Además, se consideraron tres escenarios: pago en finca (no oficial), pago oficial y el incremento del costo del forraje (derivado de la crisis economía internacional en el precio de fertilizantes). Los valores económicos se obtuvieron a partir de los cambios marginales

en ingresos y costos después de un aumento del 1% de acuerdo a la metodología de las derivadas parciales descritas por (Blasco, 1995).

**Cambio en los precios de leche y pasto**

Se llevaron a cabo análisis adicionales para evaluar el impacto de la variación de los precios en los valores económicos de los rasgos, considerando los cambios de 10 % en el precio por litro de leche y 10 % del precio por kg de pasto. Los cambios se realizaron uno a la vez, manteniendo todos los demás parámetros constantes. Considerando que la inflación anual para los productos agropecuarios se ha mantenido constante no existiendo una variación significativa en los precios de producción y comercialización (MAGAP, 2013).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 3 muestra la distribución de ingresos y costos del sistema de producción planteado. Los ingresos por venta de leche representan un 96,28%, superior a los determinados por Pärna et al. (2007); y similar a lo reportado por (Cassandro et al., 2016). En el caso de los costos, el de mayor rubro fue la alimentación de la vaca adulta (81,13%), los costos de salud y mano de obra en el estudio representaron el 2,01 y 0,91%, respectivamente. Estos resultados se asemejan a los encontrados por (Vargas et al., 2002).

El aumento del mérito genético afectó los ingresos totales y el costo variable de la vaca. Debido al número fijo de vacas asumido bajo este modelo, el costo fijo de la vaca y el costo de la granja no cambiaron después de aumentar el mérito genético, por tanto, estos costos no tuvieron efecto sobre los valores económicos. Es importante señalar que los valores económicos se expresan por unidad de cambio en el potencial genético de un rasgo y no por unidad de cambio en el rendimiento real.

Se realizó un aumento del 1% en el potencial genético para los parámetros de producción de leche, edad al primer parto, intervalo entre partos, peso vivo y vida productiva como se muestra en la Tabla 4. El peso económico para PL, fue de 24,71; el mayor valor de los parámetros evaluados en este estudio. Kahi y Nitter (2004), en condiciones similares a las de este trabajo determinaron un valor de \$USD 18,93 para PL,

este indicador muestra que en el caso de Ecuador el pago por volumen es más común que el pago por calidad de leche (sólidos totales); por lo que la mejora genética sobre la producción de leche tiene un efecto positivo, a diferencia de otros países que manejan programas de mejora en donde el pago se realiza por calidad de la leche. Los valores económicos estimados mostraron cambios importantes en cuanto a precios y cantidad de producción de leche en los sistemas de producción en pastoreo en el Ecuador; por la escasa información obtenida en el país se necesita identificar mayor cantidad de rasgos tanto productivos como reproductivos del ganado lechero y derivar sus valores económicos.

La EPP tuvo un efecto negativo con valor de -0,88, en este caso la selección persigue disminuir los días al primer parto y obtener un efecto global positivo, ante lo complejo de alcanzar la EPP óptima en sistemas a pastoreo. La variación del valor del intervalo entre partos va a depender también del precio relativo por litro de leche, por tanto la persistencia de la lactancia podría determinar el nivel relativo de producción al final de la lactancia versus el comienzo de la próxima lactancia (Groen, 1988). Para el IEP el objetivo de selección fue positivo 0,26, implicando mayores costos para los sistemas de producción lechera en el Ecuador. En este sentido Vargas et al. (2022), refieren que como consecuencia de una baja fertilidad se incrementan los costos en el sistema.

El intervalo entre partos también se puede ampliar voluntariamente con fines de manejo

**Tabla 3. Distribución de ingresos y costos por vaca / año.**  
**Table 3. Distribution of income and costs per cow / year.**

		\$ USD	% Total
Ingresos	Ingresos de terneros machos	15,85	0,61
	Ingreso por la venta de novillas por descarte	32,48	1,24
	Ingreso por la venta de vacas por descarte	49,10	1,88
	Ingresos por venta de leche	2.519,75	96,28
Costos por alimentación	Costos de alimentación terneras nacimiento -desleche	56,12	6,96
	Costos de alimentación novillas desleche - 18 meses	44,49	5,52
	Costos de alimentación desde los 18 meses - EPP	21,81	2,70
	Costo de alimentación por vaca adulta	646,25	81,13
Costo de salud	Costo de salud desde el nacimiento hasta el desleche	2,95	0,37
	Costo de salud desde el desleche - 18 meses	6,61	0,82
	Costo de salud desde 18 meses al primer parto	6,68	0,83
Costo de mano de obra	Costo de MO desde el nacimiento hasta el desleche	0,66	0,83
	Costo de MO desde el desleche hasta los 18 meses	3,33	0,41
	Costo de MO desde 18 meses al primer parto	3,36	0,42
Costo de reproducción		6,19	0,77

**Tabla 4. Costos iniciales e ingresos por vaca por año, cambios marginales luego de un aumento del 1% en el potencial genético para los parámetros en la situación actual del hato ganadero.**  
**Table 4. Initial costs and income per cow per year, marginal changes after a 1% increase in genetic merit for the parameters in the current situation of the cattle herd.**

Parámetro	Inicial	Cambio marginal al 1%				
		PL	EPP	IEP	PV	VP
<i>Ingresos (\$USD/año)</i>						
Venta de leche	2.519,75	2.544,95	2.519,75	2.519,75	2.519,75	2.519,75
Venta de terneros machos	15,85	15,85	15,85	15,82	15,85	15,85
Venta de novillas de descarte	32,48	32,48	32,48	32,48	32,48	32,48
Venta de vacas de descarte	49,11	49,10	49,11	49,11	49,11	49,10
(1) Total	2.617,18	2.642,38	2.617,18	2.616,31	2.617,18	2.617,18
<i>Costos (\$USD/año)</i>						
Alimentación	654,25	654,25	654,25	654,25	654,85	654,25
Cría de la novilla	142,44	142,44	143,09	141,32	142,45	142,17
Otros	10,15	10,15	10,38	10,15	10,15	10,05
Costos variables	806,84	807,26	807,72	805,71	807,44	806,46
(2) Total	806,84	807,26	807,72	805,71	807,44	806,46
Beneficio (1-2)	1.810,34	1.835,11	1.809,46	1.810,60	1.809,74	1.810,63
Valor Económico		24,77	-0,88	0,26	-0,60	0,29

(González et al., 2004); sin embargo, Marini et al. (2007) plantean que las condiciones de manejo pueden provocar un alargamiento en el IEP, debido al no retorno temprano de la actividad ovárica luego del parto, por ello en los últimos años el objetivo de selección busca su reducción. Siendo importante no prolongar el balance energético negativo durante el posparto, para prevenir problemas en el puerperio, mejorando las características de la dieta, evitando estrés calórico, infecciones uterinas y la aplicación de biotecnologías de la reproducción durante el periodo de espera voluntaria (Chanaluusa, 2016).

El PV del modelo fue de -0,60 por animal y por año, similar a lo reportado (González et al., 2004). En contraste con Vargas et al. (2002) cuyo valor fue de 0,81 y mencionan que este aumento de peso es causado por una mayor disponibilidad de nutrientes. En la actualidad, el índice de selección se enfoca en animales con menor peso vivo, menor consumo de nutrientes y una mejor adaptación. Con respecto a VP el cambio fue de 0,29, imperceptible en el modelo al no relacionar la vida productiva con la cantidad total de leche producida por vaca por año, Mulder y Jansen (2001) al calcular el mérito de la vida productiva de la vaca, tuvo en cuenta las relaciones entre la producción de leche, el porcentaje de grasa, la proteína, el peso corporal y la etapa de lactancia, concluyendo que vacas grandes, altas y profundas fueron menos rentables. En Ecuador

un valor positivo en la vida productiva repercute en mayor cantidad de litros de leche producidos durante el tiempo de vida del animal.

La sensibilidad de los valores económicos al incrementar un 10% en el precio de la leche, fueron 50,22, 24,32, 24,45, 24,60 y 25,49, expresados en USD para los caracteres PL, EPP, IEP, PV y VP, respectivamente. El carácter PL aumentó su valor, efecto contrario al descrito por (Kahi y Nitter, 2004). La sensibilidad que mostró PL se esperaba, porque el 96,28% de los ingresos depende de la cantidad de leche que se comercialice. Por otro lado, al incrementar en 10% el precio de kilogramo de pasto, los valores económicos fueron 23,55, -2,09, -0,96, -1,82 y -0,92, expresados en USD para PL, EPP, IEP, PV y VP, respectivamente. Se observó una reducción en todos los caracteres debido a que estos representan los mayores costos para el sistema como ha sido descrito por (Vargas et al., 2002).

## CONCLUSIONES

El modelo evaluado determinó que el carácter volumen de leche es el más importante dentro del mercado ecuatoriano y podría ser utilizado en programas de mejoramiento genético. El mismo proporcionó información sobre las características que deberían incluirse en un índice de selección de la raza Holstein Friesian bajo el sistema económico y de producción del Ecuador.

## LITERATURA CITADA

- Almeyda, J. 2012. Manual Técnico Producción de ganado vacuno lechero en sierra, Agrobanco. Perú. Disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-d-ganado.pdf>. (Consulta 14 diciembre 2022).
- ASOGAN. 2022. Detalle de básica, Historial de precios de ganado. Disponible en: <https://www.asogansd.com/bascula> (Consulta 28 noviembre 2022).
- Benítez, J. y J. Hernandorena. 2015. Desempeño productivo, reproductivo y de salud de ubre de dos líneas genéticas de holando Uruguayo. Disponible en: <https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/handle/123456789/2044> (Consulta 20 julio 2023).
- Blasco, A. 1995. Los pesos económicos en mejora genética animal. ITEA 91A(2):59-79. <http://dca.webs.upv.es/dcia/ablasco/Articles/ITEA/ITEA%20Pesos%20Economicos.pdf>.
- Cartuche, L., M. Pascual, E.A. Gómez, and A. Blasco. 2014. Economic weights in rabbit meat production. *World Rabbit Science* 22(3):165–177. <https://doi.org/10.4995/wrs.2014.1747>.
- Cassandro, M., D. Pretto, N. Lopez-Villalobos, M. De Marchi, and M. Penasa. 2016. Estimation of economic values for milk coagulation properties in Italian Holstein-Friesian cattle. *Journal of Dairy Science* 99(8): 6619–6626. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10228>.
- Centro de la Industria Láctea del Ecuador. 2015. La leche del Ecuador: Historia de la lechería ecuatoriana. Centro de la Industria Láctea del Ecuador. Primera, p. 183. Disponible en: [http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/publicaciones/la\\_leche\\_del\\_ecuador.pdf](http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/publicaciones/la_leche_del_ecuador.pdf). (Consulta 20 septiembre 2022).
- Chanaluisa, P. I. 2016. Evaluación de índices en producción y reproducción del Hato Ganadero del CADER, durante el periodo 2010-2015 [Universidad Central del Ecuador]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7946>. (Consulta 18 julio 2023).
- Contero, R., N. Requelme, C. Cachipundo, and D. Acurio. 2021. Quality of raw milk and payment system for quality in Ecuador. *Granja* 33(1): 31–43. <https://doi.org/10.17163/LGR.N33.2021.03>
- Dávalos, G. 2016. Aplicación de diferentes estrategias de suplementación alimenticia sobre el desempeño productivo en vacas lecheras Holstein bajo pastoreo rotativo. Universidad Técnica de Ambato. Tesis de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24014>. (Consulta 14 diciembre 2022)
- Fernández, P.M.T. and R.J. Alenda. 2004. Economic weights for a selection index in Avileña purebred beef cattle. *Livestock Production Science* 89(2–3): 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.01.004>.
- Fernandez, R., P. Biga, R.J. Di Masso, and P. Marini. 2020. Economic evaluation of productive and reproductive indicators in dairy cows with different ages at first calving , in grazing systems. *Cuban Journal of Agricultural Science* 54(4): 493–501. <http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/982>
- González R.O., Pérez C., and Alenda R. 2004. Economic value of female fertility and its relationship with profit in Spanish Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 87(9): 3053–3061. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73438-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73438-4).
- Groen, A.F. 1988. Derivation of economic values in cattle breeding: A model at farm level. *Agricultural Systems* 27(3):195–213. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(88\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0308-521X(88)90057-1).
- Hidalgo, C.N.E. 2019. Evaluación de dos sistemas de crianza de terneras lactantes, medida a través de parámetros zootécnicos. Tesis de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24014>. (Consulta 18 diciembre 2022).
- INIAP. 2017. Costo de Producción. Economipedia p. 1. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mpasto/rpasta>. (Consulta 28 septiembre 2022).
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2021. Boletín Técnico de la ESPAC 2020, Boletín técnico - Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, 2020. Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin\\_Tecnico\\_ESPAC\\_2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin_Tecnico_ESPAC_2020.pdf). (Consulta 14 octubre 2022).

- Just, A., Wellmann R. and Bennewitz J. 2018. Estimation of relative economic weights and the marginal willingness to pay for breeding traits of Brown Swiss cattle using discrete choice experiments. *Journal of Dairy Science* 101(6):5207–5213. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14012>.
- Kahi, A.K. and G. Nitter. 2004. Developing breeding schemes for pasture based dairy production systems in Kenya: I. Derivation of economic values using profit functions. *Livestock Production Science* 88(1–2):161–177. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.10.008>.
- López, M. 2011. Evaluación de fecundidad en vacas Holstein Friesian inseminadas a diferentes tiempos del umbral detectado por el Sistema Heatime. p. 77. Informe de proyecto de investigación de Ingeniería Agropecuaria. Escuela Politécnica del Ejército. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/5139>. (Consulta 6 octubre 2022).
- MAGAP. 2013. Acuerdo 394 sobre la calidad y normativa de la leche. Quito, Ecuador. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2018/11/acuerdo-394-2.pdf>. (consulta 25 septiembre 2022).
- Manchester, A. C. and D.P. Blayney. 2001. Milk pricing in the United States (No. 1474-2016-120885). Disponible en: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.33612>. (Consulta 6 octubre 2022).
- Marini, P.R. and R.J. Di Masso. 2019. Age at the first calving and efficiency indicators in dairy cows with different productive potential in grazing systems. *Granja* 29(1): 84–96. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.07>.
- Marini, P., J. Chavez, and F. Danilo Reyes. 2019. Parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein de primera lactancia. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/332328961>. (Consulta 28 septiembre 2022).
- Marini, P. R., A. Charmandarian, and R.J. Di Masso. 2007. Productive and reproductive performance of cows of different ages at first calving in grazing systems. APPA-ALPA. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/105-Marini.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/105-Marini.pdf) (Consulta 26 septiembre 2022).
- Mejía, L.A.J. 2017. Peso al nacer y al destete de terneros y terneras Holstein y Jersey bajo estrés calórico en Mexicali, Baja California, México, p. 93. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/154796613.pdf>. (Consulta 14 noviembre 2022).
- Ministerio de Trabajo. 2018. Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2018-0096. p. 10. Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/MDT-2018-0096-MODALIDAD-CONTRACTUAL-SECTOR-AGRICOLA-VIGENTE-03-may.-2018-R.O-03-may.-2018.pdf?x42051>. (Consulta 15 septiembre 2022).
- Mulder, H., and G. Jansen. 2001. Derivation of economic values using lifetime profitability of Canadian Holstein cows. *Parity* 1(3): 1.
- Muñoz, E.C., A.L. Andriamandroso, Y. Blaise, L. Ron, C. Montufar, P.M. Kinkela, F. Lebeau. and J. Bindelle. 2020. How do management practices and farm structure impact productive performances of dairy cattle in the province of pichincha, ecuador. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 121(2): 233–241. <https://doi.org/10.17170/kobra-202010191971>.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh Re. Dairy Production Guide. Seventh Re. Edited by R. Council. Washington D.C.: National Academy Press. Disponible en: <https://doi.org/10.17226/9825>. (Consulta 14 septiembre 2022).
- Pärna, E., H. Kiiman, M. Vallas, H. Viinalass, O. Saveli, and K. Pärna. 2007. Development of a breeding objective for Estonian Holstein cattle. *Agricultural and Food Science* 16(1): 212–221. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2015090311285>
- Requelme, N. y N. Bonifaz. 2012. Caracterización de sistemas de producción lechera de Ecuador. *La Granja* 15(1): 55–69. <https://doi.org/10.17163/lgr.n15.2012.05>
- Reyes, S.F.D. 2022. Parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein bajo pastoreo en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, Ecuador. Tesis de Doctorado en Ciencia Animal. Universidad Agraria La Molina. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5186>. (Consulta el 26 de octubre de 2022).
- Reyes, S.F.D., C.J. Chávez, P.L. Condo y P.R. Marini. 2020. Asociación entre producción de leche y parámetros reproductivos en biotipos Holstein con diferente potencial productivo. *Ciencia Digital* 4(3): 6–23. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i3.1273>.
- Sadeghi, S.A., M.S.A. Moradi, J.S.R. Nejati, A. Miraei, and P.R. Amer. 2012. Breeding objectives for Holstein dairy cattle in Iran. *Journal of Dairy Science* 95(6): 3406–3418. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4573>.

- Samaraweera, A.M., J.H.J. van der Werf, V. Boerner, and S. Hermes. 2022. Economic values for production, fertility and mastitis traits for temperate dairy cattle breeds in tropical Sri Lanka. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 139(3): 330–341. <https://doi.org/10.1111/jbg.12667>.
- Seyedsharifi, R., A.A. Shadparvar, and N.G. Hosseinzadeh. 2013. Development of breeding objectives for dairy cattle: Determination of economic value. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 11(1):346-348.
- Sneddon, N.W., N. Lopez-Villalobos, R.E. Hickson, and L. Shalloo. 2013. Review of milk payment systems to identify the component value of lactose. *New Zealand Society of Animal Production* 73(October 2016):33–36.
- Vargas, R.A.M. y S.J.A. Elizondo. 2014. Determinación de consumo de alimento balanceado y agua, y medidas de crecimiento en terneras holstein en una finca lechera comercial. *Nutrición Animal Tropical* 8(2): 36–50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5166303>
- Vargas, B., A.F. Groen, M. Herrero, and J.A.M. Van Arendonk. 2002. Economic values for production and functional traits in Holstein cattle of Costa Rica. *Livestock Production Science* 75(2): 101–116. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00305-0](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00305-0).
- Villavicencio, A. 2022. Análisis de la diversidad genética de la población de toros Holstein Friesian importados al Ecuador entre los años 2000-2001. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10141>. (Consulta 10 septiembre de 2022).
- Yambay, V.J.P. 2014. Propuesta de costeo de producción de leche en la Hacienda Santa Inés, Machachi. Tesis en Contabilidad y Auditoría. Universidad Técnica Equinoccial. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4285/1/56702\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4285/1/56702_1.pdf). (Consultado 18 septiembre 2022).