

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**



**“PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE VACAS
HOLSTEIN BAJO PASTOREO EN LAS PROVINCIAS DE
COTOPAXI Y TUNGURAHUA, ECUADOR”**

**Presentada por:
FABIÁN DANILO REYES SILVA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN CIENCIA ANIMAL**

Lima - Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**

**"PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE VACAS
HOLSTEIN BAJO PASTOREO EN LAS PROVINCIAS DE
COTOPAXI Y TUNGURAHUA, ECUADOR"**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
*Doctoris Philosophiae (Ph.D.)***

**Presentada por:
FABIÁN DANILO REYES SILVA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Carlos Vilchez Perales
PRESIDENTE

Ph.D. Juan Francisco Chávez Cossío
ASESOR

Ph.D. Pablo Roberto Marini
CO-ASESOR

Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez
MIEMBRO

Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso
MIEMBRO

Dr. Manuel Efraín Rosemberg Barrón
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

A Dios,

mis padres,

esposa e hijas.

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento al Ph.D. Juan Francisco Chávez Cossío asesor, y Dr. Pablo Roberto Marini co-asesor, de esta tesis; quienes demostraron excelencia como personas y maestros.

De la misma manera, a los miembros del jurado Ph.D. Carlos Vilchez Perales, Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso y Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez; por sus sabios consejos y directrices acertadas.

Al docente y amigo Ph.D. José Alberto Barrón López, quien guio los inicios de la investigación. Gracias por su amistad y apoyo durante todo el proceso de formación.

A todos los profesores que participaron en el programa de Doctorado, quienes compartieron conmigo sus conocimientos y experiencias, brindándome una visión integral en la formación como académico e investigador.

A la Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE), a la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), al Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL) y a la Universidad Nacional de Rosario (UNR).

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN		1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA		3
2.1.	SITUACIÓN LECHERA DEL ECUADOR	Escriba el texto aquí	3
2.2.	LA RAZA HOLSTEIN		6
2.3.	CONTROL LECHERO DE LA ASOCIACIÓN HOLSTEIN FRIESIAN DEL ECUADOR (AHFE)		9
2.4.	PROGRAMA SANITARIO DEL GANADO DE LECHE		12
2.5.	EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE LAS VACAS LECHERAS		13
2.6.	EFICIENCIA PRODUCTIVA		14
2.7.	EFICIENCIA REPRODUCTIVA		15
2.8.	INDICADORES DE EFICIENCIA LECHERA		19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS		21
3.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN		21
3.2.	LOCALIZACIÓN		21
3.3.	CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO		22
3.4.	FUENTE DE DATOS		24
3.5.	DE LOS REGISTROS		24
3.6.	VARIABLES EVALUADAS		25
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO		26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN		29
4.1.	PARÁMETROS PRODUCTIVOS		29
4.2.	PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LAS VACAS HOLSTEIN		36

4.3. RELACIÓN ENTRE PARAMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS	48
4.4. EFICIENCIA DE LAS VACAS HOLSTEIN	51
V. CONCLUSIONES	53
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
VIII. ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Producción y destino de la leche en la región sierra del Ecuador.....	3
Tabla 2: Calendario sanitario para bovinos productores de leche.....	13
Tabla 3: Parámetros reproductivos, valores óptimos y problema	16
Tabla 4: Resumen de los análisis de la producción real de leche, en litros (PL), según las diferentes clasificaciones.	29
Tabla 5: Resumen de la producción de leche ajustada a 305 días, en litros (PLA), según diferentes análisis.....	31
Tabla 6: Resumen de la duración de lactancia en días (DL), según diferentes análisis...	33
Tabla 7: Resumen de la producción diaria de leche (LD) en litros, según diferentes análisis.	35
Tabla 8: Resumen de la edad al primer parto en días (EPP), según diferentes análisis..	37
Tabla 9: Interacción procedencia por biotipo, de la edad al primer parto en días (EPP)..	40
Tabla 10. Resumen del intervalo entre partos en días (IPP), según diferentes análisis....	42
Tabla 11. Resumen del periodo de seca en días (PS), según diferentes análisis.....	44
Tabla 12: Resumen del número de partos (NP), según diferentes análisis.....	46
Tabla 13: Índice de leche (IL) e Índice de leche acumulada (ILA) de vacas Holstein según la época, y su relación con la producción real de leche y parámetros reproductivos.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ganadería lechera de la provincia de Tungurahua, cantón Píllaro.....	4
Figura 2: Toneladas de semen bovino importadas por el Ecuador	5
Figura 3: Vacas Holstein ecuatorianas, registradas en la AHFE	7
Figura 4. Vaca Holstein pura por cruzamiento, registrada en la AHFE.....	10
Figura 5. Vaca Holstein pura, registrada en la AHFE.....	11
Figura 6: Localización de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua.....	21
Figura 7: Interacción procedencia-biotipo, del periodo de seca, en días (PS).....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1: Análisis de varianza de parámetros productivos de vacas Holstein en sistemas a pastoreo.....	75
Anexo 2: Análisis de varianza de parámetros reproductivos de vacas Holstein en sistemas a pastoreo	83
Anexo 3: Análisis de regresión de las vacas Holstein Ecuatorianas: PLA 305 y EPP, IPP, PS, NP, DL, LD	91
Anexo 4: Análisis de Correlación de la producción de leche ajustada a 305 días con los parámetros reproductivos (EPP, IPP, PS, NP).....	94
Anexo 5. Análisis de varianza del Índice de leche (IL) de vacas Holstein en sistemas a pastoreo	95
Anexo 6. Análisis de varianza del Índice de leche acumulada (ILA) de vacas Holstein en sistemas a pastoreo.....	97

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar los parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein bajo pastoreo, en las provincias de Cotopaxi (C) y Tungurahua (T) del Ecuador, con base en los registros retrospectivos de la Época 1996-2005 (EI) y 2006-2015 (EII). Se analizaron 11.382 registros de vacas de los biotipos Holstein ecuatoriana (HE), Holstein pura (HP) y Holstein pura por cruzamiento (HPPC) del periodo 1996-2015, pertenecientes a 59 hatos afiliados a la Asociación Holstein Friesian del Ecuador, 46 de Cotopaxi y 13 de Tungurahua. Las variables estudiadas fueron: producción real de leche (PL); producción de leche ajustada a 305 días (PLA); promedio diario de leche (LD); duración de lactancia (DL); edad al primer parto (EPP); intervalo entre partos (IPP); Periodo de seca (PS); número de partos (NP); índice de leche (IL) e índice de leche acumulada (ILA). Los datos se analizaron mediante ANOVA, considerando las variables procedencia, época y biotipos; comparando las medias mediante la prueba de Tukey, para las variables productivas y reproductivas, y Waller Duncan ($P < 0.05$) para el número de partos, con el programa estadístico Infostat. El grado de dependencia de la PLA respecto a EPP, IPP, PS y NP, se realizó mediante análisis de regresión lineal múltiple, con el método "Stepwise Regression" (forward y backward). Los valores más altos para las diferentes características productivas fueron: PL (Época II: 6257,2 L), PLA (Época II: 6094,8 L), LD (Época II: 19,9 L), DL (HPPC: 311 días). Mientras que los parámetros reproductivos, más cercanos a los óptimos, fueron: EPP (HPPC: 855 días); IPP (HPPC: 423 días); PS (Época I: 79 días); NP (Época I: 4,0). De igual manera, no se encontró correlación significativa ($P > 0,05$) entre PLA con EPP, IPP, PS y NP. Los IL e ILA más altos fueron para las vacas de Cotopaxi (8,4 y 17,8) y para las de la Época II (8,2 y 18,8). Se concluye que la productividad de las vacas Holstein es diferente entre las provincias analizadas, siendo Cotopaxi superior en las variables productivas, y similar a las demás reproductivas.

Palabras clave: vacas Holstein, parámetros productivos, parámetros reproductivos, índice de leche.

ABSTRACT

The objective of the study was to determine the productive and reproductive parameters of grazing Holstein cows in the provinces of Cotopaxi (C) and Tungurahua (T) of Ecuador, based on the retrospective records of the period 1996-2005 (EI) and 2006-2015 (EII). We analyzed 11,382 records of cows from the Ecuadorian Holstein (HE), Pure Holstein (HP) and pure Holstein by crossing (HPPC) for the period 1996-2015, belonging to 59 herds affiliated to the Holstein Friesian Association of Ecuador, 46 of Cotopaxi and 13 of Tungurahua. The variables studied were actual milk production (PL); production of milk adjusted to 305 days (PLA); daily average of milk (LD); duration of breastfeeding (DL); age at first birth (EPP); interval between births (IPP); Dry period (PS); number of births (NP); milk index (IL) and accumulated milk index (ILA). The data were analyzed using ANOVA, considering the variables provenance, epoch, and biotypes, comparing the means by the Tukey test, for productive and reproductive variables, and Waller Duncan ($P < 0.05$) for the number of births, with the Infostat statistical program. The degree of dependence of the PLA on EPP, IPP, PS and NP, was performed by multiple linear regression analysis using the "Stepwise Regression" method (forward and backward). The highest values for the different productive characteristics were PL (Epoch II: 6257.2 L), PLA (Epoch II: 6094.8 L), LD (Epoch II: 19.9 L), DL (HPPC: 311 days). While the reproductive parameters, closer to the optimal, were: EPP (HPPC: 855 days); IPP (HPPC: 423 days); PS (Epoch I: 79 days); NP (Epoch I: 4.0). Similarly, no significant correlation was found ($P > 0.05$) between PLA with EPP, IPP, PS and NP. The highest IL and ILA were for Cotopaxi cows (8.4 and 17.8) and for Epoch II cows (8.2 and 18.8). It is concluded that the productivity of Holstein cows is different between the analyzed provinces, being Cotopaxi superior in the productive variables, and like the other reproductive.

Keywords: Holstein cows, productive parameters, reproductive parameters, milk index.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, en los países desarrollados, la vaca lechera ha incrementado su producción, gracias al mejoramiento genético continuo pero desbalanceado, adaptándose mecánicamente a las necesidades de mercado, y llevando sistemáticamente al límite de su potencial vital; a tal punto, que cada vez resulta más difícil cumplir con las metas nutricionales, sanitarias, reproductivas, y de producción, planteadas por la industria lechera actual (Camargo 2012). Situación similar ocurre en países en vías de desarrollo donde predomina el sistema de producción a pastoreo con la consecuente escasez en cantidad y calidad nutritiva (CIL 2015).

La eficiencia reproductiva de las vacas lecheras ha cambiado como consecuencia de una selección intensiva, desarrollada por más de seis décadas, orientada a conseguir altas producciones individuales de leche. Varios estudios indican que la exigencia por alcanzar una mayor producción de leche y grasa ha generado pérdida de la aptitud reproductiva en los animales; incrementándose los problemas asociados a la edad al primer parto, intervalo entre partos, periodo de seca y número de partos, estrechamente relacionados con la longevidad de las vacas; problemas que conducen a una disminución de la rentabilidad, biológica y económica, al analizar el sistema agropecuario (Marini y Oyarzabal 2002a y b).

La selección, orientada a incrementar la producción de leche y sólidos totales, ha repercutido en que las ganancias logradas en la productividad sean superadas por el aumento asociado a los costos reproductivos aún en sistemas a pastoreo (McCarthy *et al.* 2007); además ha conducido a reducir la fertilidad, incrementar la susceptibilidad a enfermedades, disminuir la longevidad y tener un descarte temprano (Knaus 2009 y Rodríguez-Martínez *et al.* 2009); autores que manifiestan que, asimismo, el deseo de que las vaquillonas lleguen a corta edad al primer parto ha forzado un descarte más temprano de las vacas, ya que la pubertad precoz y la longevidad están negativamente correlacionadas; afirmación contradictoria a lo reportado por Vukasinovic *et al.* (2001); Nilforooshan y Edriss (2004); Páchová *et al.* (2005) citados por Zavadilová y štípková (2013) que sostienen que la elevada edad al primer parto trae como consecuencia una menor longevidad de las vacas .

En el Ecuador, entre los años 1974 y 2000, el promedio de producción de leche se ha incrementado en medio litro por vaca al día, pasando de 3,9 a 4,4 litros (INEC, 2007). En la última década, el crecimiento del sector lechero mantiene una tendencia del 25 al 30 por ciento, este crecimiento se debe a la atención proporcionada por el gobierno ecuatoriano, por la Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE) y por ganaderos independientes, que han realizado esfuerzos por mejorar la genética, sanidad, nutrición y el manejo en general de los animales (Grijalva 2016).

Sin embargo, hay escasa información disponible para los pequeños y medianos ganaderos, sobre la precisa evolución de los parámetros productivos y reproductivos de los diversos biotipos de raza Holstein y sus derivados (grados de cruzamiento), así como sus implicancias en la expresión de características asociadas a la funcionalidad y permanencia del animal en el hato; las mismas que aún no han sido estudiadas a profundidad a nivel regional. Por tanto, el conocimiento del desempeño productivo y reproductivo de los biotipos Holstein en sistemas a pastoreo, permitirá replantear objetivos y metas, utilizando indicadores locales, con el propósito de lograr ganaderías eficientes y sustentables.

Por los motivos referidos, el objetivo general del presente estudio fue determinar los parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein bajo pastoreo en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, Ecuador; los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar los parámetros productivos y reproductivos de las vacas Holstein registradas en la Asociación Holstein Friesian del Ecuador, bajo pastoreo en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua;
- Establecer la relación existente entre los parámetros productivos y reproductivos de las vacas Holstein en cada una de las provincias, época y biotipos, identificando las probables causas de existir diferencias;
- Calcular los índices de leche de las vacas Holstein por provincia, época y biotipo, estableciendo la relación con los parámetros productivos y reproductivos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SITUACIÓN LECHERA DEL ECUADOR

En el Ecuador, la actividad agropecuaria mantiene una relevante importancia socioeconómica, debido a su gran aporte a la generación de empleo e ingresos económicos de las familias. Aproximadamente 285.000 productores se dedican exclusivamente a la explotación ganadera, y en total 1´200.000 personas dependen de actividades productivas, directamente relacionadas a la producción de leche (MAGAP 2016).

2.1.1. Producción de leche

En la Tabla 1, se aprecia la producción total de leche, por provincias de la sierra ecuatoriana; Cotopaxi y Tungurahua ocupan el segundo y quinto lugar, con aproximadamente 527.182 y 378.331 litros diarios de producción, que representan 13,7 y 9,8 por ciento, respectivamente (INEC 2018).

Tabla 1: Producción y destino de la leche en la región sierra del Ecuador.

PROVINCIAS	PRODUCCIÓN TOTAL (Litros)	DESTINO DE LA LECHE (Litros)				
		Vendida	Consumo local	Alimentación al balde	Procesamiento local	Destinada a otros fines
TOTAL NACIONAL	5.022.056	3.678.083	393.632	99.154	834.252	16.934
REGIÓN SIERRA	3.843.133	3.225.031	287.618	89.481	233.177	7.826
AZUAY	398.032	260.819	77.490	4.348	51.181	4.194
BOLÍVAR	200.832	109.729	27.406	463	62.982	252
CAÑAR	232.495	197.455	22.983	273	11.783	--
CARCHI	317.913	295.494	8.040	11.021	2.646	713
COTOPAXI	527.182	481.032	26.357	10.676	9.116	--
CHIMBORAZO	471.200	407.262	40.680	12.413	9.203	1.641
IMBABURA	200.620	182.982	8.174	4.784	3.722	959
LOJA	115.071	31.354	21.807	685	61.225	--
PICHINCHA	790.666	722.510	24.551	33.190	10.349	66
TUNGURAHUA	378.331	340.693	24.864	11.239	1.535	--
STO. DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	210.792	195.701	5.265	390	9.436	--

Fuente: INEC (2018).

En el año 2018 se registró un promedio de 5 millones de litros de leche diarios, procedente de 832.528 vacas en ordeño; de los cuales, el 62,78 por ciento correspondió a la región sierra, el 31,48 por ciento a la costa, el 5,72 por ciento a la región oriental, y 0,2 por ciento a zonas no delimitadas.

Grijalva (2016) manifiesta que 2,4 millones de litros de leche (45%) provienen de pequeños productores, que tienen aproximadamente 208.411 unidades de producción agropecuaria (UPA's) de menos de 20 hectáreas; 1,7 millones de litros (32%) de medianos productores con 76.288 UPA's de 20 a 100 ha; y, 1,2 millones de litros (23%) son aportados por los grandes productores, que poseen 14.363 UPA's, de más de 100 ha; además revela que la alimentación se basa principalmente en pastos y forrajes.



Figura 1: Ganadería lechera de la provincia de Tungurahua, cantón Píllaro.
Fuente: CIL-Ecuador (2015).

2.1.2. Importación de semen bovino

Un factor importante para el progreso genético de la ganadería lechera en Ecuador es la importación de semen bovino en pajuelas, principalmente desde EEUU y Canadá, que se inició en 1976 (CIL, Ecuador 2015) y la posterior difusión de la técnica de inseminación artificial.

La Figura 2 muestra la tendencia al alza de las importaciones de semen bovino hasta el 2013; destacándose las 6,01 y 0,94 toneladas procedentes de Estados Unidos y Canadá, respectivamente.

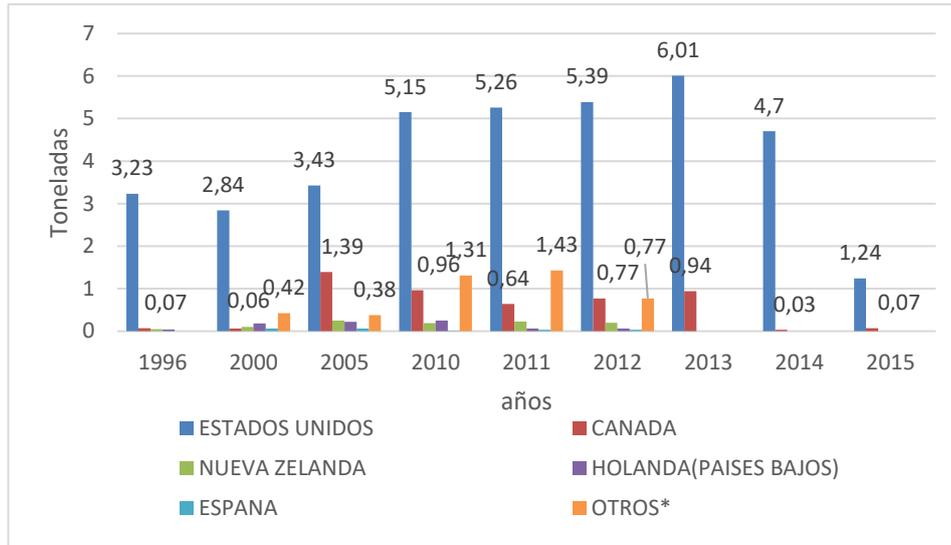


Figura 2: Toneladas de semen bovino importadas por el Ecuador
Fuente: Banco Central del Ecuador (2018)

2.1.3. Sistema de pastoreo

Aprovecha principalmente recursos forrajeros, que son, abundantes y de menor costo en el medio rural, teniendo como objetivo maximizar la producción de leche por hectárea, minimizando los costos (Castro 2013). La producción de leche por vaca no es elevada, pero los costos son muy bajos, ya que el 90 por ciento de la ingesta proviene de las pasturas (CIL 2015). Aproximadamente el 99% de leche producida en el Ecuador proviene de vacas alimentadas con pasto (Grijalva 2016).

León *et al.* (2018) indica que las principales especies para pastoreo en la sierra ecuatoriana son el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), de los pastos mejorados son los raygrases (*Lolium sp.*), el pasto azul (*Dactylis glomerata*), los tréboles (*Trifolium sp.*) y la alfalfa (*Medicago sativa*); los pastos de corte más cultivados son la alfalfa, la avena (*Avena sativa*) y la vicia (*Vicia sp.*). También menciona que las principales especies vegetales para pastoreo son las gramíneas de la subfamilia Pooideae -las especies del género *Bromus*, *Dactylis*, *Festuca*, *Holcus*, *Lolium* y *Phalaris*-; de la subfamilia Panicoideas -el género *Pennisetum*-; las leguminosas de la subfamilia Papilionodeae -especies de los géneros *Lotus*, *Medicago* y *Trifolium*-; adventicias como el llantén (*Plantago spp.*) y achicoria (*Chichorium intybus* L.). Finalmente, en el establecimiento de pasturas se debe tener una proporción de gramíneas 70-75%, leguminosas 25-30% y adventicias 2-3%, además se debe buscar una densidad inicial de especies con una proporción de 70% de perennes y 30% de anuales.

Viera (2007) sostiene que las pasturas de la sierra ecuatoriana están compuestas por especies y variedades forrajeras que han pasado por un largo periodo de selección, que le han conferido características de adaptabilidad y homogeneidad a ecosistemas específicos. Sin embargo, la humedad del suelo y el contenido de nutrientes son factores valiosos para alcanzar una buena producción de biomasa forrajera. Generalmente los potreros están bien cubiertos por pastos deseables, palatables y de buena productividad, sin embargo, las pasturas poseen una alta estabilidad y baja persistencia (2-3 años), por lo que para contrarrestar este déficit se practica la resiembra permanente con las mismas especies forrajeras y la fertilización orgánica y química a base de nitrógeno principalmente.

Según León *et al.* (2018) el sistema de pastoreo rotativo, controlado o alterno desde el punto de vista ambiental maximiza el aprovechamiento de la energía solar por la pastura y la utilización de la energía acumulada en las plantas por los animales, equilibrándose los requerimientos de las plantas y de los animales para incrementar la cosecha por unidad de área. Este pastoreo requiere la comprensión de la ecología de los pastizales, del control de los periodos de descanso y pastoreo, de la carga animal y del residuo del forraje después del pastoreo. En ganadería de leche se trata de realizar potreros para un día (usando cercas de alambreas de púas); frecuentemente el pastoreo rotativo se potencializa utilizando cercas eléctricas móviles, de esta manera se dispone de franjas de pasto limitando la permanencia de los animales en el potrero.

Los días de descanso de las pasturas depende principalmente de la mezcla forrajera, de la humedad del suelo y de los niveles de fertilización. En la región interandina está entre 30 a 35 días en época lluviosa y de más de 40 días en la época seca, también se practica el corte de igualación de pasturas, la dispersión de heces y aplicación de riego en los casos que se disponga (Rodríguez *et al.* 2013). La carga animal está en el rango de 0,9 a 3,3 UBA/ha (Salazar 2016). Este sistema de pastoreo es muy diferente al practicado en la Amazonía ecuatoriana donde predomina el sistema silvopastoril extensivo libre (León *et al.* 2018).

2.2. LA RAZA HOLSTEIN

La raza Holstein es la de mayor interés lechero y la más grande productora de leche que existe en la actualidad a nivel mundial (CIL-Ecuador 2015). Se afirma que se originó en Europa, hace más de dos mil años, resultado del cruzamiento de “animales negros” de la tribu Batavia con “animales blancos” de la tribu Friesian (Holstein Association USA Inc.

2019). En el Ecuador es la raza más antigua y predominante, y la que más se ha cruzado con las vacas criollas -introducidas por los conquistadores españoles en el Siglo XVI-; logrando animales totalmente adaptados a las condiciones de la región interandina del Ecuador (CIL-Ecuador 2015). Su gran popularidad se debe a su potencial lechero, superior a las demás razas existentes, siempre y cuando se le brinde una adecuada nutrición y manejo, existiendo aproximadamente 365.246 ejemplares (INEC 2018).

Los animales de la raza Holstein son de tamaño grande, con estándares de color blanco y negro, o rojo y blanco. A la madurez, el peso de los toros se encuentra en el rango de los 850 a 1.000 kg, mientras que las vacas alcanzan alrededor de 682 kg; registrando al nacimiento, pesos de 40 kg aproximadamente. Las vaquillas pueden recibir su primer servicio a los 13 meses de edad, con un peso aproximado de 364 kg. En los EE.UU., en el año 2017, el promedio de producción por lactación, de los hatos Holstein, fue de 25.676 libras de leche (11.309 litros), 963 libras de grasa (3,7 por ciento) y 799 libras de proteína (3,1 por ciento) (Holstein Association USA Inc. 2019).



Figura 3: Vacas Holstein ecuatorianas, registradas en la AHFE
Fuente: CIL-Ecuador (2015)

La máxima producción de leche alcanzada por una vaca de la raza Holstein, con tres ordeños al día, es de 31.712 litros en 365 días; siendo deseable que las vaquillas paran por primera vez entre los 23 y 26 meses de edad, y que su vida media de producción sea de aproximadamente cuatro años (Holstein Association USA Inc. 2019). En el Ecuador también se reportan producciones excepcionales; en 1998, la vaca Mía Astro Etta superó el récord

ecuatoriano de producción, alcanzando un promedio de 25 litros al día, en 13 años de vida útil (CIL-Ecuador 2015).

La raza Holstein se introduce en el Ecuador a inicios del siglo XX; en 1902 se importan cuatro toros Holstein comprados a la Carnation en Estados Unidos -dos de ellos murieron en el viaje, ya que venían caminando de Guayaquil a Quito-; con ello se inicia la producción lechera en la sierra ecuatoriana y desde ese año se han realizado varias importaciones de ganado lechero especializado procedente de EEUU y Europa con predominancia de la raza Holstein que proceden de familias y reproductores que actualmente son la base de la genética mundial Holstein (CIL-Ecuador 2015).

Los primeros Holstein importados fueron llevados a las provincias de Pichincha, Cotopaxi e Imbabura, a las legendarias haciendas: La Compañía, El Prado, San Luis, San Agustín de Callo en Lasso, Avelina, San Mateo y Zuleta; desde ahí, se enviaron pie de cría a todas las haciendas de la serranía ecuatoriana para cruzarse con la descendencia de las vacas criollas que llegaron con los españoles en 1537. En menor cantidad se importaron animales de las razas Brown Swiss, Jersey, Normando, Montbéliarde y Girolando (CIL-Ecuador 2015).

Efectivamente, la gran producción lechera se inicia en 1950 y se distribuye en casi todas las provincias de Ecuador, las mayores cuencas lecheras se ubican en las siguientes zonas agroclimáticas: Región Seco Tropical; región Húmedo Tropical; Región Sub Húmedo-Sub Tropical; Región Húmedo Templado y Región Muy Húmedo Sub-Templada (García 2011).

La Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE) fundada en 1941, es el pilar fundamental para el desarrollo de la raza Holstein y de la lechería en la sierra ecuatoriana; en 1945 se abre el libro de registro de la raza, que a la vez se registran en el Herd Book de la raza en EEUU y en 1953 forma el registro de mestizaje avanzado (AHFE 2000).

La industria de la leche se desarrolló a la par de la producción lechera; en 1950 se crea INEDEL, la primera industria láctea, luego se forma la empresa Pasteurizadora Quito S.A. (1961) siendo socios un grupo de ganaderos y la Municipalidad de Quito, impulsada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y posteriormente ILESA, que luego fue comprada por el Estado y finalmente vendida a la

empresa Parmalat S.A. (CIL 2015). Actualmente el procesamiento de leche la realizan alrededor de 25 grandes industrias lácteas (Nestlé, Parmalat, Industrias Lácteas Tony, el Kiosko, Chiverías, Alpina, Rey Leche, Lácteos San Antonio ente otras); además hay medianas y pequeñas industrias, microempresas y microempresas de tipo artesanal (Torres 2018).

2.3. CONTROL LECHERO DE LA ASOCIACIÓN HOLSTEIN FRIESIAN DEL ECUADOR (AHFE)

El Control Oficial de Producción Lechera en el Ecuador (COPLA), se creó en 1948, y fue concebido como un programa del entonces Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), estando desde sus inicios bajo la responsabilidad de la Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE). En ese año, el presidente de la república Galo Plaza, gestionó la venida del técnico americano M.B. Nichols, para que colaborara en la organización del Control Lechero. Desde el 10 de enero de 1949 la AHFE exigió que todas las vacas registradas ingresen en el Control Lechero (AHFE 2002).

El técnico Nichols estuvo en el Ecuador cinco años (1948 – 1953), periodo en el cual realizó capacitaciones teórico-prácticas en manejo de potreros, sistemas de alimentación, ensilaje, crianza de terneros, selección por tipo y producción, entre otras actividades ganaderas. A fines de 1952, contribuyó al desarrollo del Programa de Mejoramiento de Mestizaje (AHFE 2002).

La AHFE, a parte del registro de animales puros, también cuenta con un libro de registro de vacas mestizas, conocidas con el nombre de “*Holstein ecuatorianas de mestizaje avanzado*”, derivadas del mestizaje con otras razas y con las criollas. Para su inscripción, primero debe cumplirse con el registro de identificación de cada animal (ID), las que deberán ingresar (la totalidad del hato) al libro de registro de la asociación. Para poder continuar registrando la descendencia de las vacas (identificadas), deberá contarse con los reportes de montas y de nacimientos, empleando formularios y diagramas propios de la asociación. En el certificado de Registro Genealógico de cada animal, consta el porcentaje de su pureza, conforme el siguiente detalle (AHFE 2000):

- Animal identificado (ID) + toro 100% puro = 50% Holstein ecuatoriano mestizo;

- 50%+toro 100% puro = 75% Holstein ecuatoriano mestizo;
- 75%+toro 100% Puro = 87% Holstein ecuatoriano mestizo;
- 86%+toro 100% puro = 93% Holstein ecuatoriano mestizo;
- 93%+toro 100% puro = 96% Holstein ecuatoriano mestizo;
- 96%+toro 100% puro = 98% Holstein ecuatoriano mestizo;
- 98%+toro 100% puro = 99%. Holstein ecuatoriano mestizo;
- 99% Acreedor del certificado Holstein ecuatoriano “Puro por Cruzamiento”.

Como se aprecia en el detalle anterior, la AHFE otorga el certificado de “*Holstein ecuatoriano puro por cruzamiento HPPC*” a aquellos animales que cumplen con los parámetros de tipo de la raza Holstein, luego de siete generaciones de aparear vacas identificadas, con toros 100% puros.



Figura 4: Vaca Holstein pura por cruzamiento, registrada en la AHFE
Fuente: El autor

Los animales *Holstein Puro* que también están registrados en la AHFE, son animales cuyos ascendientes se encuentran inscritos en los registros genealógicos de la raza; mientras que el biotipo *Holstein Ecuatoriano* son animales mestizos con diferentes grados de cruzamientos con toros cien por ciento puros registrados.

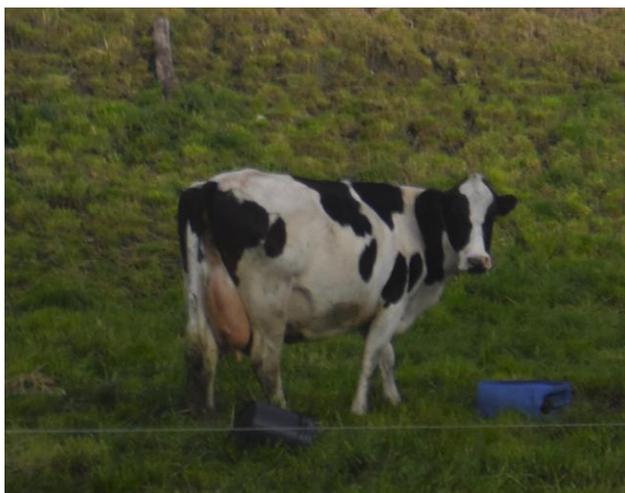


Figura 5: Vaca Holstein pura, registrada en la AHFE
Fuente: El autor

El Programa de Control Lechero (PCL) de la AHFE es el encargado de registrar la información de la performance productiva lechera y reproductiva de las vacas de los hatos pertenecientes a sus socios; recopilando además datos para la emisión de los certificados de registro genealógico.

El registro de producción por lactancia comienza el tercer día post parto, y ninguna prueba de producción se hace en una vaca antes del octavo día postparto. La lactancia comienza el día del parto y termina el último día que la vaca produce leche; pero, para la obtención de cualquier registro de producción, se ajustará la lactancia a 305 días o menos (AHFE 2000).

Si una vaca inicia una lactancia con anterioridad al parto, el control empezará el primer día en que es ordeñada; cuando una vaca aborta, con 152 días o más de preñez, se considera la fecha en que se produce el aborto como inicio de una nueva lactancia (AHFE 2000).

La página web de la AHFE menciona que el PCL -que conduce la AHFE desde el año 1947- ha sido uno de los pilares fundamentales para la mejora de la producción lechera ecuatoriana. Una vez al mes un supervisor visita cada hato, donde levanta la información y controla la veracidad de los datos en los siguientes parámetros:

- Producción mensual por vaca;
- Registro de montas y servicios;
- Registro de nacimientos;
- Registro de abortos, descartes voluntarios e involuntarios;
- Registro de animales preñados;

- Registro de partos;
- Registros de nuevos ejemplares en control.

Una vez procesada la información se emiten los siguientes reportes mensuales:

- Listado de ejemplares lechando, composición del hato y condición corporal;
- Resumen de ejemplares en producción;
- Listado de ejemplares en seca;
- Listado de ejemplares en gestación;
- Listado de valor relativo de animales en producción;
- Ejemplares con más de 90 días abiertos;
- Proyección de la situación del rejo (vacas en producción);
- Resumen de lactancias terminadas;
- Resumen de partos;
- Situación comparativa del hato con los demás hatos de la zona;
- Situación comparativa del hato con los demás hatos a nivel nacional.

2.4. PROGRAMA SANITARIO DEL GANADO DE LECHE

El programa sanitario, que se aplica en las ganaderías de la zona de estudio, fue iniciativa de la AHFE, en coordinación con la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD); y, considera principalmente las enfermedades de notificación oficial, señaladas por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE); en la actualidad se encuentra certificando y recertificando predios libres de Brucelosis y Tuberculosis bovina.

Por lo general los animales son vacunados contra: fiebre aftosa, brucelosis (*Brucella abortus*), IBR (rinotraqueítis infecciosa bovina), DVB (diarrea viral bovina) tipo I y II, y 5 cepas de *Leptospira*. El control de parásitos internos se realiza 3-4 veces al año y los parásitos externos, cuando lo amerita; además, el calendario de vacunación depende de la zona donde se ubique el hato ganadero (Reyes 2010).

En la Tabla 2 se aprecia el detalle de las principales actividades sanitarias que son consideradas en el programa sanitario de las ganaderías de la zona de estudio.

Tabla 2: Calendario sanitario para bovinos productores de leche.

Enfermedad	Edad	Revacunación	Refuerzo
• Carbunco sintomático, Edema maligno y Septicemia hemorrágica	3 – 4 meses	A los 21 días (Vacuna Triple)	Cada año
• Brucelosis	3 - 9 meses		Cada año
• DVB/IBR	4 meses	Al año	Cada año
• Leptospirosis	4 meses Novillas: 1 mes antes del 1er servicio. Vacas: 1 mes después del parto. Reproductores: en cualquier momento.	A los 6 meses A los 28 días	Cada año
• Fiebre Aftosa	3 meses		Cada 6 meses
• Desparasitación	2 meses		Cada 3 meses

Modificado de Chilpe y Chuma (2015) y Dávalos (2016).

2.5. EVALUACIÓN PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE LAS VACAS LECHERAS

En Estados Unidos de América (USA), desde medianos de los años ochenta hasta la actualidad, la producción de leche se incrementó de 7.000 hasta 10.000 kg por lactancia (Glauber 2012), tendencia que también se produce en países en vías de desarrollo.

Se manifiesta que el aumento en la producción de leche va en decremento de los rendimientos reproductivos; sin embargo, Cerón (2008), refiere que esto no es muy preciso, porque altos niveles de producción pueden coincidir también con buenos rendimientos reproductivos; y, que la producción puede ser causa de una menor fertilidad cuando está asociada a un deficiente manejo de la nutrición, siendo el balance energético negativo (BEN) el que mayor efecto tiene. Por otro lado, Lucy (2008) indica que cuando la selección del ganado se basa en la cantidad de leche y sus componentes, comienza a resentirse la fertilidad debido a que se presentan periodos de celo más cortos, menos eventos y periodos de recepción de montas.

Varios investigadores concuerdan que la reducción de la fertilidad se debe a la deficiencia alimenticia, debido a la alta demanda nutricional motivada por una mayor producción de leche; por tanto, sugieren que la selección para producción de leche no reduce la fertilidad, sino que en ello están involucrados diversos factores fisiológicos y de manejo (Lof *et al.* 2007; Windig *et al.* 2006; Glauber 2012). Por esto, el manejo del ambiente en general se considera el factor más importante para lograr ampliar la producción y vida productiva de las vacas genéticamente superiores (Weigel 2006; Veerkamp *et al.* 2009).

2.6. EFICIENCIA PRODUCTIVA

El desafío de incrementar la producción de leche minimizando los costos de producción, ha motivado a los ganaderos a buscar altos rendimientos mediante el uso de tecnologías y protocolos de crianza efectiva, con el fin de conseguir indicadores de alto rendimiento productivo y mínimo impacto ambiental, especialmente en sistemas al pastoreo (Coffey *et al.* 2016).

2.6.1. Producción real de leche (PL)

La selección, las dietas con alto valor nutritivo y el mejoramiento de los sistemas de manejo han permitido tener vacas cada vez más especializadas en producción de leche. Metabólicamente las vacas con altas producciones de leche tienen elevadas concentraciones de la hormona de crecimiento en relación con las de producciones medianas; diferencia que es independiente de los cambios de balance energético, de tal modo que parecen ser más eficientes en movilizar sus reservas energéticas para atender la elevada demanda energética que genera la lactación, lo cual afectaría su función reproductiva (Hernández 2016).

Por otro lado, el incremento de la producción de leche está asociado positivamente a la frecuencia de ordeños. Generalmente, un solo ordeño causa inflamación y edematización de la glándula mamaria, provocando dolor y disminución en el consumo de alimento, dos ordeños son los habituales; mientras que tres incrementa los costos de producción y expone a las vacas a padecer problemas locomotores, de igual manera la producción de leche se incrementa hasta el tercer parto (Kohler *et al.* 2015).

Producción de leche ajustada a 305 días

Mide la cantidad de leche producida por la vaca durante su lactancia, que se espera sea en 305 días y bajo dos ordeños por día; lo cual no es siempre posible. Para homogenizar y poder comparar de manera más justa la productividad entre vacas, se suele aplicar factores de corrección para uniformizar las lactaciones a periodos de 305 días, edad adulta (4 años), dos ordeños al día, y 3.2 por ciento de grasa (Revelo 2018).

Varios son los factores determinantes en la producción de leche de la vaca adulta como la genética, la temperatura, nutrición y manejo; sin embargo, eventos importantes ocurridos durante su crianza, como el alojamiento, la temperatura, la humedad y las concentraciones de amoníaco, puede afectar directamente su desempeño productivo, (Heinrichs *et al.* 2011; Hultgren *et al.* 2011; Mohd-Nor *et al.* 2013).

2.6.2. Duración de la lactancia (DL)

Es el período en el cual la vaca está produciendo leche. La meta ideal es que una vaca tenga cada uno de sus partos en periodos de 365 días; distribuidos en 60 días de periodo seco (sin producir leche) y 305 días de lactancia (Morante y Trejo 2003; Moreno 2005; Vélez *et al.* 2006).

2.6.3. Litros diarios de leche (LD)

Es el promedio de la cantidad de leche por día, que produce cada vaca durante el periodo de cada lactancia; se expresa en L/vaca/día. Según el CIL (2015), en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, en 1948 se registraba un promedio de 3,8 litros de leche por vaca al día; mientras que, en el 2015 se registraron promedios de 17,8, y en algunas haciendas superiores a los 25 litros por día.

2.7. EFICIENCIA REPRODUCTIVA

La eficiencia reproductiva de las vacas lecheras suele resumirse en el intervalo entre partos; ya que en el intervienen variables como el periodo voluntario de espera, la detección de celo, número de servicios, concepción y el tiempo de gestación que terminan en un parto (Risco

2005); además, la eficiencia reproductiva también está relacionada con variables reproductivas: i) precocidad: edad a la pubertad y edad al primer servicio; ii) fertilidad: servicios por concepción, intervalo parto-concepción, tasa de concepción, y tasa de preñez (González 2001); los cuales desencadenan en los parámetros: edad al primer parto, intervalo entre partos, duración del periodo seco y número de partos

A nivel mundial los parámetros reproductivos han variado según el tiempo y los sistemas de producción; encontrando en los últimos años valores óptimos en sistemas intensivos y semi-intensivos, mientras que en los sistemas a pastoreo los indicadores son más variables y necesarios de evaluar, mismos que se fundamentan en la presente investigación.

A continuación, se presenta la Tabla 3, con los parámetros reproductivos considerados óptimos y problema para vacas lecheras en sistemas de pastoreo.

Tabla 3: Parámetros reproductivos, valores óptimos y problema

Parámetro reproductivo	Niveles	
	Óptimo	Problema
Edad al primer parto (meses)	24 -27	>28
Intervalo entre partos (días)	380 a 395	> 420
Duración del período seco (días)	50 - 60	< 45 o > 70
Número de partos (n°)	5	< 3

Fuente: Modificado de Wattianux (1999) y Elizondro (2014).

2.7.1. Edad al primer parto (EPP)

La edad al primer parto (EPP) es un indicador del tiempo que demora un animal en alcanzar la madurez sexual y tener su primera cría (Moreno 2005; Hare, Norman y Wright 2006). Ésta puede verse afectada por la velocidad de crecimiento hasta alcanzar la pubertad, el peso y tamaño corporal, y el inicio de la actividad hormonal reproductiva (Salazar *et al.* 2013).

Vacas con tardías EPP tienen menor valor económico, al disminuir su potencial de producir crías y, por consiguiente, su producción total de leche durante su vida útil; no obstante, la edad a la pubertad no está determinada por un peso en particular, sino por la presentación indeterminada de condiciones fisiológicas propias de cada animal (Grajales *et al.* 2006).

La EPP está directamente relacionada con la edad al primer servicio, lo cual depende especialmente del buen manejo y alimentación balanceada que se suministre al animal durante su crecimiento (Salamanca 2008). A juicio de Marini *et. al.* (2007), en sistemas de producción a pastoreo la relación: tamaño-peso corporal-inicio de la actividad reproductiva se hace más extrema.

Actualmente, el mayor desafío del productor lechero es que sus vaquillonas alcancen precozmente los 350 a 360 kg de peso vivo y la pubertad entre los 11 a 13 meses de edad; para obtener la concepción entre 14 y 15 meses, y así asegurar la edad al primer parto entre los 23 a 24 meses de edad (Fricke 2004).

2.7.2. Intervalo parto-parto (IPP)

Conocido habitualmente como intervalo entre partos, es el parámetro más empleado como indicador de eficiencia reproductiva, comprende el tiempo transcurrido entre un parto y el subsiguiente (Fialho *et al* 2018), está compuesto por el periodo parto-concepción-gestación; tiende a prolongarse en los animales con mayores producciones de leche (Marini y Oyarzabal 2002). Tiene la particularidad de ser una medición histórica; es decir, la vaca tiene que parir para recién conocer su intervalo de partos (Olivera 2010).

El avance genético, reflejado en una mayor persistencia de la curva de lactación, y el uso de la hormona somatotropina bovina, permite alargar las lactancias de las vacas en forma rentable. Desde el punto de vista económico, la rentabilidad de la ganadería lechera se basa en parte al IPP. El intervalo óptimo es de 365 días, en que la vaca debe quedar nuevamente gestante luego de 85 días posparto (Lyimo *et al.* 2000).

Tres décadas atrás el IPP recomendado era de 12 meses; en la actualidad, un IPP corto no siempre resulta conveniente en vacas de alta persistencia ya que se obtiene menor volumen de leche acumulado y con frecuencia llegan al secado con altas producciones; en este contexto, en sistemas intensivos, la meta es obtener un intervalo entre partos de 13,5 meses (Hernández 2016).

El IPP influye significativamente en el desempeño de la producción de leche en los primeros 120 días de lactancia (Risco 2005). Se dispone de un máximo de 90 días posparto para que

la vaca quede preñada; por tanto, si no preña en la primera inseminación, restarán 60 días para lograrlo y obtener un parto al año - si se considera los 288 días de gestación (De la Torre 2006).

Altos valores de IPP se traducen en ineficiencia y reducción de la rentabilidad por una menor producción de leche de por vida, y aumento del costo del manejo reproductivo (Hossein-Zadeh 2013). Se refiere que la eficiencia en la detección de celos y la tasa de concepción tienen un efecto del 79% sobre la expresión del IPP; si éste sobrepasa los 15 meses, se pierde una lactancia por ineficiencia reproductiva (Carmona *et al.* 2006).

En tal sentido, el elevado IPP es el cúmulo de eventos reproductivos previos (Bueno 2018) que se prolonga en el período parto primer servicio, parto concepción y número de servicios, que posiblemente no se están manejando adecuadamente.

2.7.3. Periodo de Seca

Es el período de días en que a la vaca se le deja de ordeñar y, por lo tanto, deja de producir leche (secamiento) hasta su siguiente parto. En Estados Unidos de Norte América su promedio es de 57 días, y datos de la Dairy Herd Improvement Association (DHIA), de este país señalan que, en promedio, el 13% de las vacas tienen períodos secos de menos 40 días y el 26% más de 70 días, quedando el 61% restante en el intervalo de 40 a 70 días (DeVries 2017).

Hernández (2016) indica que el período seco recomendable es de 60 días; tiempo necesario para que la vaca mejore su condición corporal al parto, alcance un nivel óptimo de producción y buen desempeño reproductivo posparto. El objetivo primordial es ofrecerle a la vaca un descanso antes del parto, tiempo en que el tejido mamario se regenera, el feto alcanza el máximo crecimiento; y, además, el manejo correcto de este período disminuye la incidencia de enfermedades metabólicas durante el puerperio.

2.7.4. Número de partos

Este parámetro tiene estrecha relación con la edad al primer parto y la vida útil de la vaca; y, por consiguiente, con la longevidad y el promedio de sobrevivencia de las vacas. Ochoa (2008) y Hernández *et al.* (2011) manifiestan que dos son los factores más importantes que

influyen en la decisión de permanencia de las vacas en el hato: a) el voluntario, determinado por el nivel de producción de leche (generalmente las vacas de alta producción permanecen más tiempo que las de menor producción); y, b) el involuntario (debido a problemas reproductivos y de salud).

La crianza de las vaquillas de reemplazo toma alrededor de dos años, tiempo que en la actualidad equivale a la mitad del promedio de vida útil de la vaca lechera; por lo cual, la longevidad o vida productiva podría diluir el impacto de la inversión en esta etapa no productiva, con una mayor productividad en el tiempo (Grandl 2016).

2.8. INDICADORES DE EFICIENCIA LECHERA

Los indicadores son valores derivados de la información más relevante que caracterizan a un sistema, y que permiten cuantificar su comportamiento y sostenibilidad. De acuerdo con el International Institute for Sustainable Development, un indicador permite cuantificar y simplificar fenómenos complejos mejorando nuestra comprensión de la realidad; es decir los indicadores son valores que nos ayudan a comprender dónde nos encontramos, hacia dónde vamos y cuán lejos estamos de nuestro objetivo.

El término eficiencia hace referencia a la manera más adecuada de utilizar los recursos, los productos y tecnología existente, para lograr un objetivo o fin. En consecuencia, un proceso de producción será eficiente si se obtiene el máximo de salidas (*output*) con el uso de menores entradas (*input*) posibles; entendiéndose como “maximizar las salidas” a lograr las más altas producciones individuales por lactancia, o maximizar la producción considerando toda la vida de la vaca; lo que implica incluir en el análisis el éxito reproductivo (Marini y Di Masso 2018).

El indicador más trascendental en sistemas intensivos son los litros de leche producidos por vaca; sin embargo, no es el referente más apropiado para representar una variable compleja como la eficiencia productiva, cuando se pretende aprovechar las ventajas de los sistemas a pastoreo. Por lo cual, es importante emplear indicadores más agregados, que se constituyan en alternativas de medida más integral, para valorar el comportamiento de la producción, especialmente en sistemas en las que el pasto es el componente básico de la alimentación. Esta alternativa de indicador permitirá evitar la sobrevaloración de caracteres involucrados

en la evaluación de una buena vaca lechera, sobre otros también trascendentes; y, permitiría identificar los biotipos más adaptados a los diversos ambientes existentes (Marini y Oyarzabal 2002 b).

2.8.1. Índice de leche (IL)

Marini y Oyarzabal (2002 a y b) generaron un indicador de eficiencia productiva al que denominaron *Índice de Leche* (IL), expresado en litros de leche producidos por día de vida de cada vaca) que incluye días productivos y no productivos; por lo cual reúne en un solo valor el comportamiento productivo y reproductivo (edad al primer parto, intervalo entre partos y número de partos). Se calcula como el cociente entre la producción total de leche - en litros- lograda por cada vaca a lo largo de su vida, y el número de días requeridos para producirlos. Al relativizar la producción a los días de vida de la vaca, el IL permite establecer comparaciones más justas entre vacas de diferente edad y capacidad reproductiva.

El IL, como indicador de eficiencia productiva (productividad) utilizado principalmente en Argentina, posibilita una mejor evaluación del comportamiento de vacas lecheras mantenidas en sistemas a pastoreo; en tanto cuantifica mejor el nivel de ajuste existente entre su potencial genético y las características del sistema de producción al que están sometidas. Este indicador agregado se considera un indicador más integral de productividad (Vargas *et al.* 2015).

2.8.2. Índice de leche acumulada (ILA)

Este índice no se encuentra en la bibliografía científica, sin embargo, se propone en la presente investigación para determinar un valor promedio acumulado de leche, que permita evaluar, de manera global, el comportamiento de las vacas en sistemas a pastoreo; a su vez servirá para dimensionar su relación con el IL; para, de esta manera, contar con una alternativa agregada que permita conocer mejor la eficiencia productiva de las vacas en ambientes específicos.

El ILA representa la producción de leche por días de lactancia, y se calcula como el cociente entre la producción total de leche en litros producidos por una vaca en toda su vida productiva y el número de días de lactancia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo no experimental, de carácter longitudinal, nivel descriptivo, y enfoque mixto; las unidades de análisis fueron cada uno de los registros de las vacas y las zonas de estudio son las provincias de Cotopaxi y Tungurahua.

3.2. LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó en la región interandina del Ecuador, ubicada en el centro del país, en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua; ámbitos que mantienen patrones de homogeneidad, que definen un sistema complejo, derivado de los factores: clima, agua, plantas, animales y el hombre; el cual, por su fisonomía, representa una unidad reconocible y diferenciable de otras zonas aledañas (Calvache 2014).

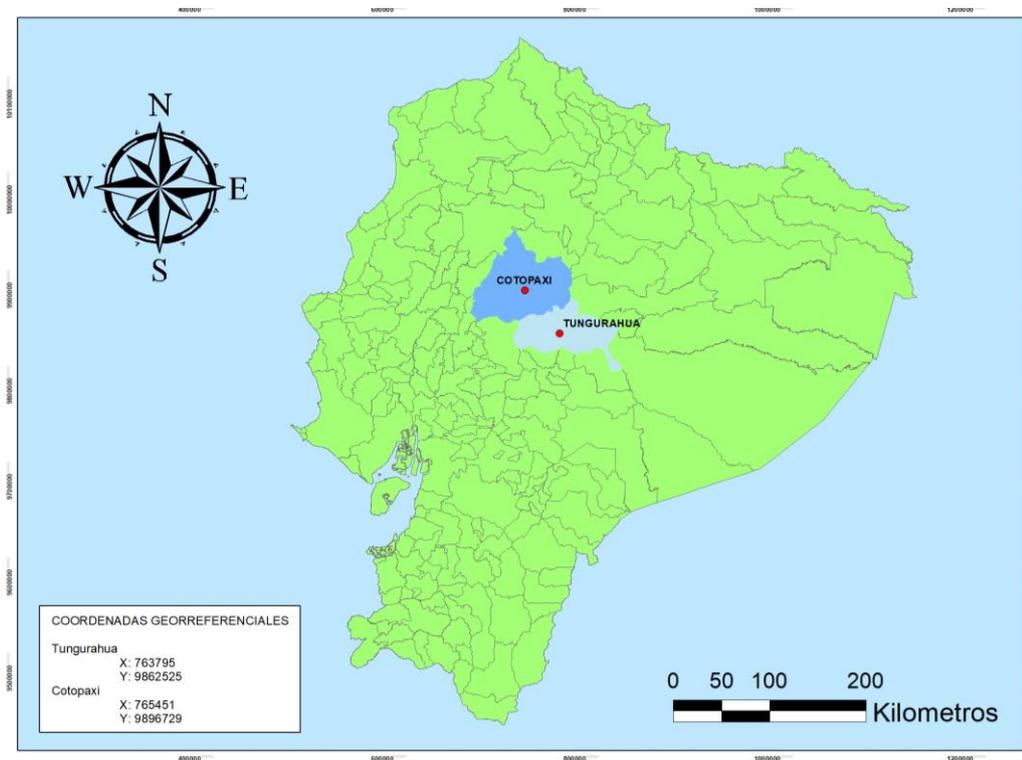


Figura 6: Localización de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua.

Fuente: El autor.

La provincia de Cotopaxi se encuentra en la Zona: 17 M; coordenadas x: 765451m E y: 9896729 m S. La provincia de Tungurahua en la Zona: 17 M; coordenadas x: 763795 m E y: 9862525 m S; Cotopaxi poseen altitudes que van desde los 21 m.s.n.m., hasta los 5.957 m.s.n.m., con una media de 2.724 m.s.n.m.; mientras que Tungurahua presenta una altura mínima de 212 m.s.n.m., máxima de 6.234 m.s.n.m. y media de 2.537 m.s.n.m. (IGM 2018). La mayor parte del territorio de ambas provincias están dentro de la región interandina (sierra ecuatoriana) que por sus características climáticas similares han encontrado el ambiente ideal para el desarrollo de la producción láctea, en alturas comprendidas entre 2.000 a 3.050 m.s.n.m. que es el rango de estudio.

3.3. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al clima ecuatorial mesotérmico, semi-húmedo a húmedo, característico de la zona andina, con altitudes comprendidas entre los 2.000 a 3.050 m.s.n.m., la humedad relativa entre 65 y 85 por ciento, y la insolación entre 1.000 y 2.000 horas anuales (Calvache 2014).

La provincia de Cotopaxi ancestralmente es productora de leche, son famosas sus haciendas ganaderas especializadas en producción de leche (la Avelina, San Mateo, Zuleta, San Luis, etc.), sin embargo, su mayor volumen de producción de leche se basa en pequeños productores (CIL 2015). Las ganaderías en estudio se encuentran en la región interandina de la provincia de Cotopaxi; en esta zona la precipitación fluctúa entre 500 a 1.500 mm/año, presenta un régimen pluviométrico bimodal con dos picos en los meses de marzo-abril y octubre-noviembre; sin embargo la mayoría dispone de agua de regadío y de terrenos con topografía regular, ya que luego de la Reforma Agraria de 1973 las mejores tierras se quedaron para los hacendados mientras que los terrenos irregulares, con tierras de menor calidad fueron entregadas a los pequeños productores; el clima es templado y frío con temperaturas de 10 a 14°C (PDOT 2015).

En Tungurahua existió una ganaderización de las tierras agrícolas, las causas fueron: buscar ingresos permanentes, facilidad de trabajo, cambios climáticos y elevados costos de producción (Parco 2017). Las ganaderías de Tungurahua, al igual que las de la provincia de Cotopaxi se encuentra en la región interandina, donde predomina el clima templado seco

con temperaturas de 10 a 15°C, precipitaciones que van de 500 a 2.000 mm/año (Calvache 2014).

Las ganaderías en estudio de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua se encuentran en entornos medioambientales similares con características benignas del clima, el suelo es rico en materia orgánica, y la disponibilidad de agua de regadío que es fundamental para la producción de forraje verde, de alto valor nutritivo y que crece durante todo el año, manteniendo los pastizales estables y en muy buenas condiciones. En ambas provincias el pastizal natural está representado por especies naturalizadas como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y el holco (*Holcus lanatus L.*); mientras que en las praderas artificiales -mejoradas- predominan el trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), ray-grass anual (*Lolium multiflorum*), ray-grass perenne (*Lolium perenne*) y pasto azul (*Dactylis glomerata*); también se cultivan leguminosas de corte como la avena forrajera (*Avena sativa*), vicia (*Vicia sativa*) y alfalfa (*Medicago sativa*) (CIL 2015).

En las dos provincias el manejo ganadero se basa en un sistema a pastoreo rotativo que permite racionalizar la pastura, las plantas descansan por un considerable periodo de tiempo (28 a 35 días en invierno y más de 40 días en verano); a la salida de los animales se realizan cortes de igualación, dispersión de heces, riego por aspersión o inundación y fertilización de mantenimiento de acuerdo al análisis de suelo y sus recomendaciones. Los potreros están divididos con cercas de alambre de púas, cercas vivas y cercas eléctricas; de esta manera la nutrición de las vacas se basa fundamentalmente en el consumo de forraje verde, sales minerales y la suplementación con alimento concentrado comercial en el momento de los ordeños, dependiendo del tercio de la lactancia, la cantidad de leche producida y del valor nutritivo de las praderas (CIL 2015). Por tanto, cada hacienda dispone de un calendario de manejo basado en los principios anteriormente indicados.

El plan de vacunación que se realiza en las ganaderías de estudio se basa fundamentalmente en la prevención de enfermedades que son de notificación oficial por la OIE, los detalles se encuentran en la Tabla 2.

3.4. FUENTE DE DATOS

Los datos procedieron de 59 hatos, 46 de la provincia de Cotopaxi y 13 de Tungurahua, afiliados al Programa de Control Lechero (PCL), que realiza la Asociación Holstein Friesian del Ecuador (AHFE). Se analizaron 11.382 datos retrospectivos, del periodo 1996 – 2015, de vacas de los biotipos Holstein ecuatoriana HE (mestizas, no registradas), Holstein pura HP (hijas de padres y madres inscritos en los registros genealógicos de la raza), y Holstein pura por cruzamiento HPPC (cumplen con el estándar de tipo de la raza y son producto de siete generaciones de apareamientos con toros Holstein registrados). La toma de datos de producción de leche se realizó durante los ordeños de la mañana y de la tarde, con un intervalo entre medidas no menor a 15 ni mayor a 45 días; la producción fue multiplicada por los días del mes al cual correspondía.

Las ganaderías, incluidas en la investigación, cumplieron con las siguientes condiciones:

- Control lechero realizado por la AHFE;
- Disponibilidad de vacas Holstein Friesian;
- Alimentación a base de pastoreo, y suplementación de concentrado comercial al momento del ordeño;
- Control ginecológico periódico, al menos una vez al mes;
- Aplicación de un plan sanitario similar entre los rebaños;
- Programa de reproducción artificial y monta natural.

3.5. DE LOS REGISTROS

Para determinar los parámetros productivos y reproductivos de las vacas, la información de la AHFE fue previamente filtrada empleando una hoja de cálculo Excel, con la finalidad de generar una base de datos depurada, libre de datos anómalos.

La base de datos consideró las siguientes restricciones: PL (mín 700 L), DL (mín 100 días, máx 912 días), EPP (mín 732 días, máx 1460 días), IPP (mín 313 días, máx 730 días) y PS (mín 30 días, máx 433 días). La información se analizó considerando los siguientes criterios: a) general (todos los datos en conjunto); b) procedencia (Cotopaxi y Tungurahua); c) época (Época I: 1996-2005 y Época II: 2006-2015); -definidas por el gran apoyo gubernamental y

no gubernamental al sector lechero en la Época II- (CIL, 2015); y, d) biotipos (Holstein ecuatoriana HE, Holstein pura HP y Holstein pura por cruzamiento HPPC).

El apoyo gubernamental en la Época II se basó principalmente en tomar medidas con respecto al mercado externo, interno e inversión pública. Dentro del primero se basó en determinar barreras arancelarias para rebajar los aranceles y reducir los costos de importación; en el mercado interno se influyó mediante definición del precio mínimo de sustentación de la leche al productor; mientras que en los apoyos directos a través de la inversión pública se lo hizo mediante proyectos de fortalecimiento organizativo para asociaciones de productores de leche, quienes recibieron semillas certificadas, maquinaria, equipos e infraestructuras (irrigación, centros de acopio), servicios técnicos en finca, créditos a través del Banco de Fomento y compra de leche para programas de alimentación nacional (Egas, *et al.* 2018).

3.6. VARIABLES EVALUADAS

Se evaluaron las siguientes variables para los tres biotipos:

Productivas

- Producción real de leche, en litros (PL);
- Producción de leche ajustada a 305 días, en litros (PLA);
- Duración de la lactancia, en días (DL);
- Producción de leche por día, en litros (LD).

Reproductivas:

- Edad al primer parto, en días (EPP);
- Intervalo entre partos, en días (IPP);
- Periodo de seca, en días (PS);
- Número de partos (NP);

Indicadores de eficiencia

- Índice de leche en litros/día (IL);
- Índice de leche Acumulada en litros/día (ILA). Este indicador se crea en la presente investigación para dimensionar la relación con el Índice de leche.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.7.1 Modelo lineal aditivo

Los parámetros productivos y reproductivos se analizaron mediante estadística descriptiva - de tendencia central y dispersión-, utilizando el programa estadístico Infostat versión 2018, calculándose las medias, errores estándar y coeficientes de variación, para cada uno de ellos. Asimismo, mediante un ANOVA se estimaron los efectos fijos (procedencia, época, y biotipo) sobre las características evaluadas; y, se compararon las medias de los parámetros productivos y reproductivos, mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$); y para el número de partos se utilizó la prueba de Waller Duncan ($P < 0.05$) debido a su mayor sensibilidad para encontrar significancia.

El modelo lineal aditivo utilizado fue:

Modelo I:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + G_j + E_k + PG_{ij} + PE_{ik} + GE_{jk} + PGE_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable respuesta;

μ = Media Poblacional;

P_i = Efecto de la i -ésima procedencia;

G_j = Efecto del j -ésimo biotipo;

E_k = Efecto de la k -ésima época;

PG_{ij} : Efecto de la interacción entre la i -ésima procedencia por la j -ésimo biotipo;

PE_{ik} : Efecto de la interacción entre la i -ésima procedencia por k -ésima época;

GE_{jk} : Efecto de la interacción entre j -ésimo biotipo por la k -ésima época

PGE_{ijk} : Efecto de la interacción entre la i -ésima procedencia por la j -ésimo biotipo por la k -ésima época;

ϵ_{ijkl} = Error o Residual.

3.7.2 Relación entre la producción de leche ajustada y los parámetros reproductivos

Para determinar la relación entre la producción de leche ajustada a los 305 días (PLA) en función de las variables reproductivas (EPP, IPP, PS y NP) se utilizó un análisis de regresión

lineal múltiple simple y el análisis de no colinealidad considerando el factor de inflación de la varianza (VIF) evaluada por el valor de inflación de la varianza, mediante el procedimiento Step-Wise Regression, del paquete estadístico MINITAB 18; aplicando los procedimientos forward (selection), backward (elimination), y la combinación de ambos, que permite ir eliminando las variables explicativas (independientes) que no tienen influencia significativa, manteniendo únicamente aquellas que tengan influencia significativa ($P < 0,10$); hasta llegar a un modelo que incluya las variables que más contribuyan al coeficiente de determinación (R^2) con el siguiente modelo predictor:

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$$

Donde:

\hat{Y} = Valor estimado de la producción de leche ajustada a 305 días;

a = Constante;

b_1, b_2, b_3 y b_4 = Coeficientes de regresión generados por la influencia de las variables reproductivas (EPP, IPP, PS, NP), sobre la productiva PLA;

x_1, x_2, x_3 y x_4 = Valores de las variables reproductivas (x_1 : EPP, x_2 : IPP, x_3 : PS y x_4 : NP).

El análisis de asociación de las variables en mención se determinó utilizando el método exponencial, logarítmico, polinomial (primero, segundo, tercero, cuarto y quinto orden) y bivariado utilizando el software estadístico SPSS 23 y Microsoft Excel.

3.7.3 Índices de leche

Las variables de eficiencia lechera -índice de leche e índice de leche acumulada-, se analizaron también mediante estadística descriptiva -de tendencia central y dispersión-, utilizando el programa estadístico Infostat versión 2018, calculándose las medias, errores estándar y coeficientes de variación, para cada uno de ellos. Asimismo, mediante un ANOVA se estimaron los efectos fijos (procedencia, época, y biotipo) sobre las características evaluadas; y, se compararon las medias de los índices mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$), a través del modelo lineal aditivo antes referido usado para los parámetros productivos y reproductivos:

Modelo I:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + G_j + E_k + PG_{ij} + PE_{ik} + GE_{jk} + PGE_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Para el cálculo del índice de leche se utilizó la siguiente fórmula:

$$IL = \frac{\text{Producción total de leche en la vida productiva de una vaca (LT)}}{\text{Edad de la vaca (en días al finalizar la última lactancia registrada)}}.$$

Y para el calcula del índice de leche acumulado la siguiente fórmula:

$$ILA = \frac{\sum(\sum x \text{ leche en las lactancia s})}{\sum(\sum x \text{ días en las lactancias})}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

La determinación de los parámetros productivos: producción real de leche (PL), producción de leche ajustada a 305 días (PLA), duración de lactancia (DL) y producción de leche diaria (LD), se analizaron dentro de las clasificaciones: a) general; b) procedencia; c) época de evaluación; y, d) biotipo; los mismos permitieron caracterizar la producción y productividad del ganado Holstein lechero de las zonas de estudio.

4.1.1. Producción real de leche en litros (PL)

La tabla 4 resume los promedios de producción de leche, clasificados de manera general, por procedencia, época, y biotipo.

Tabla 4: Resumen de los análisis de la producción real de leche, en litros (PL), según las diferentes clasificaciones.

ANÁLISIS	PRODUCCIÓN REAL DE LECHE (PL)				
	n	Medias	Sig.	EE	Pr.
General	3024	5974,1		37,5	
Por procedencia:					
Cotopaxi	2289	5811,0	a	260,2	0,4489
Tungurahua	735	5391,6	a	488,9	
Por época:					
Época I	2238	4945,4	a	418,9	0,0179
Época II	786	6257,2	b	362,2	
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2776	6016,6	a	47,01	0,305
Holstein pura	217	5846,1	a	409,1	
Holstein pura por cruzamiento	31	4941,1	a	721,5	

Época I: (1996-2005), Época II (2006-2015)

n: Número de registros

E.E.: Error Estándar.

Pr.: Probabilidad

a, b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Tukey (P < 0,05)

Se encontró diferencia significativa ($P < 0,05$) entre las épocas; destacando la Época II (2006-2015), con el valor más alto (6257,2 L) de leche. Superioridad que posiblemente se deba a que la actividad ganadera, en la última década, ha experimentado grandes avances en el ámbito genético, nutricional, sanitario, informático y de manejo en general; gracias al apoyo de las asociaciones ganaderas y a políticas de Estado, que han permitido a instituciones como la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) y el Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP) incentivar la producción de leche (CIL 2015); además se ha fortalecido el sector, mediante el apoyo directo a productores individuales (vía precio y subsidios a los insumos), y en servicios generales (Egas, *et al.* 2018).

La PL encontrada en la Época II es similar a 6206,3 L, hallada por Chanaluiza (2016) en vacas Holstein mestizas en sistema a pastoreo, en el periodo 2010-2015, en el Campo Académico Docente Experimental Rumipamba (CADER), de la Universidad Central del Ecuador (UCE); y, superior a la producción más alta (5.451,9 Kg/vaca/lactancia) encontrada por Calderón (2016), en vacas Holstein mestizas, en sistema a pastoreo en la Estación Experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), en el periodo 2013-2015; asimismo, a $4000,2 \pm 345,7$ L, reportado por Bueno (2018), en un estudio realizado en vacas Holstein mestizas en sistema a pastoreo en Cajamarca-Perú con registros del periodo 1999-2013.

A su vez, la PL de las vacas de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, no difieren significativamente ($P > 0,05$). Sin embargo, se observa mayor producción en las vacas de Cotopaxi, con 5.811 litros/vaca/lactancia, debido posiblemente a que esta provincia presenta mejores ecosistemas para el desarrollo y producción de pastizales, naturales y mejorados; además, los productores han realizado actividades, desde generaciones anteriores, que conlleva a tener mejores conocimientos, gracias a la práctica y a la capacitación en ganadería lechera que ofrecen instituciones públicas y privadas en la provincia.

Por otra parte, la producción lechera entre los biotipos, Holstein ecuatoriano (HE), Holstein puro (HP) y Holstein puro por cruzamiento (HPPC), no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$). Sin embargo, el mejor promedio se obtuvo con el grupo HE ($6016,6 \pm 47,0$ L), posiblemente se deba a que este biotipo, en el transcurso de años de cruzamiento,

ha logrado una mejor adaptación a las condiciones ambientales locales, propias de los sistemas andinos estudiados. Por tanto, es importante pensar en este resultado, para considerar el biotipo funcional de estos semovientes en sistemas de producción a pastoreo; teniendo en cuenta, además, que la producción hallada es superior a los promedios de la primera lactancia de vacas Holstein, puras y con registro de cría, de $5626 \pm 135,6$ L y $5148 \pm 84,9$ L, respectivamente, encontrados en un estudio realizado, en el periodo 1992-2012, en un tambo de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina (Marini *et al.* 2015).

4.1.2. Producción de leche ajustada a 305 días

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$) para los efectos de procedencia y de época (Tabla 5).

Tabla 5: Resumen de la producción de leche ajustada a 305 días, en litros (PLA), según diferentes análisis.

ANÁLISIS	PRODUCCIÓN DE LECHE AJUSTADA (PLA)				
	N	Medias	Sig.	EE	Pr.
General	3020	5347,7		25,1	
Por procedencia:					
Cotopaxi	2288	5882,7	a	167,2	0,0039
Tungurahua	732	4855,4	b	314,9	
Por época:					
Época I	2235	4643,3	b	269,3	0,0001
Época II	785	6094,8	a	232,8	
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2772	5496,8	a	30,3	0,5766
Holstein pura	217	5226,1	a	262,9	
Holstein pura por cruzamiento	31	5384,4	a	463,7	

Época I (1996-2005), Época II (2006-2015)
n: Número de registros
E.E.: Error Estándar.
Pr.: Probabilidad
a, b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Tukey ($P < 0,05$)

El promedio de PLA de las vacas de la provincia de Cotopaxi (5882,7 L) fue superior a las de Tungurahua; superioridad posiblemente debido -como ya ha sido referido- a que presenta ecosistemas con mayores ventajas para la producción de pastos, y a que los ganaderos tienen

el propósito lechero mejor definido, por ser una zona tradicional de producción lechera (Vásquez-García 2015).

Lo indicado es corroborado por la Encuesta Anual de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (INEC 2017), que indica la existencia en Cotopaxi de 63.932 vacas en ordeño, que producen alrededor de 514.759 litros diarios, con un promedio diario por vaca de 8,0 L.; pastoreadas en 52.559 has de praderas artificiales y 87.167 has de praderas naturales, en general bajo un manejo más técnico y eficiente. Mientras que en Tungurahua la producción de leche/día es de 297.060 litros, cuenta con 31.896 has de pasturas artificiales y 21.407 has de pastos naturales, que alimentan a 34.103 vacas en ordeño; además, en Tungurahua la actividad ganadera en los últimos años viene pasando por un proceso de sustitución a la producción agrícola.

Sin embargo, la PLA de la provincia de Cotopaxi (5.882,7 L) es inferior a varios reportes de producción de la raza Holstein, tanto en Ecuador como en el exterior, en sistemas de pastoreo e intensivos. Entre ellos, los 6.142 kg/vaca/lactancia encontrados en vacas Holstein de Pichincha, Ecuador (Analuisa 2004); los 6.154 L reportados en Holstein puro en sistemas a pastoreo en Medellín, Colombia (Quijano y Montoya 2000), y de 11.313 y 10.182 kg, hallados en sistema intensivo, en Estados Unidos y Canadá, respectivamente (Roca 2012). Pero, es superior a los 4.069,4 kg/lactancia referidos por Revelo (2018) en Pichincha, Ecuador; a los 4.132 L indicados por Solarte y Zambrano (2012) en Nariño, Colombia; a los 5.516 L reportados por Zambrano, *et al.* (2014) en el departamento de Antioquía, Colombia y a los $4332,6 \pm 328,9$ L reportados por Bueno (2018) en condiciones de altura en Cajamarca, Perú.

Por otro lado, la producción promedio ajustada, obtenida en la Época II (2006-2015), fue de 6094,8 L; valor significativamente superior ($P < 0,05$) a la registrada en la Época I (1996-2005). Superioridad posiblemente debida al mejor manejo en general, sanitario, nutricional y genético; y, a las políticas públicas que privilegiaron a este sector de la economía, tales como: a) acceso a créditos blandos, b) facilidades para la importación de material genético y tecnológico, y c) protección arancelaria del sector frente a las importaciones (Brassel *et al.* 2007).

La PLA, de la Época II (6094,8 L), es inferior a los 7.162 L y 6.743 L, encontrados por Vallone *et al.* (2016) en vacas Holstein y F1 Holstein por Pardo Suizo, de primera lactancia; y, a 8.207 L en vacas multíparas Holstein, manejadas bajo sistemas a pastoreo en Argentina. Pero superior a 4.541,6 y 4.612 kg, producidos en sistemas a pastoreo por Holstein puras y su cruce con Brown Swiss, en Pichincha-Ecuador, con datos del periodo 2007-2014 (Clavijo *et al.* 2016); y, a los 4068,3; 4069,4 y 3840,3 L, para primera, segunda y tercera lactancia respectivamente, del cruce Holstein por Montbéliarde, reportados por Revelo (2018) en la misma localidad.

4.1.3. Duración de Lactancia en días (DL)

La tabla 6 muestra que el promedio de DL no difiere significativamente ($P > 0,05$) en ninguna de las clasificaciones analizadas; sin embargo, los valores más cercanos a los 305 días, considerado ideal (AHFE 2002; Ventura y Martínez 2002; Ortiz *et al.*, 2005; Zhunaula 2010 y Alvear 2010), correspondieron al grupo de vacas Holstein pura por cruzamiento ($311 \pm 32,8$ días); a la Época II ($328 \pm 16,5$ días), y a Cotopaxi ($324 \pm 11,8$ días).

Tabla 6: Resumen de la duración de lactancia en días (DL), según diferentes análisis.

ANÁLISIS	DURACIÓN DE LACTANCIA (DL)				
	n	Media	Sig.	EE	Pr.
General	3016	348,3		1,7	
Por procedencia:					
Cotopaxi	2285	324	a	11,8	0,3862
Tungurahua	731	346	a	22,2	
Por época:					
Época I	2234	341	a	19,0	0,6207
Época II	782	328	a	16,5	
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2768	341	a	2,4	0,5595
Holstein pura	217	352	a	18,6	
Holstein pura por cruzamiento	31	311	a	32,8	

Época I (1996-2005), Época II (2006-2015)

n: Número de registros

E.E.: Error Estándar.

Pr.: Probabilidad

a, b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Tukey ($P < 0,05$)

La DL del biotipo HPPC (311 días) fue inferior a los 332 y 345 días registrados por la Asociación Holstein Friesian del Ecuador en animales mestizos y puros, en un estudio con 15.691 vacas en control lechero, a escala nacional (AHFE 2008); y, a los 329,2 días indicados por Cardona *et al.* (2017), para Holstein puras en sistemas de producción de leche del trópico alto en Antioquia, Colombia.

No obstante, los promedios de DL de la Época II y de la provincia de Cotopaxi (328 y 324 días), son similares a los 327 días reportado por Chilpe y Chuma (2015), en vacas Holstein al pastoreo de la provincia ecuatoriana de Azuay; e inferiores a los $337,4 \pm 110,6$ días reportado por Ortiz (2008), en sistemas a pastoreo en un estudio en zonas agroecológicas similares de la provincia de Pichincha, durante el periodo 2002–2006; y, a los $489,2 \pm 110,1$ días reportados por Veloz (2008), de investigación realizada en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH; y, a los 388,6 días registrados por Freire (2016), en sistemas a pastoreo, en un estudio realizado en la provincia de Chimborazo durante el periodo 2010-2014; pero superior a los $321,1 \pm 73,6$ días, reportados por Alvear (2010), en sistema a pastoreo, con datos del periodo 2003-2008, de una hacienda de Chimborazo.

Se evidencia que los mejores promedios de DL del estudio son mayores a los valores óptimos; posiblemente se deba al elevado intervalo entre partos, consecuencia de la demora en lograr la preñez (Vargas *et al.* 2012); además, se presume que las vacas reflejan una buena condición nutricional, sanitaria y de manejo, durante la lactancia, que hace que superen los 305 días considerados óptimos (Moreno 2005); caso contrario, se secarían tempranamente, obteniéndose lactancias cortas (Ortiz 2008).

4.1.4. Producción diaria de leche en litros (LD)

La Tabla 7 muestra los promedios de la producción diaria de leche. Se observa mayores promedios para las vacas de Cotopaxi y Época II (19,3 y 19,9 L/día, respectivamente), valores significativamente superiores ($P < 0,05$) a las de Tungurahua y Época I.

Tabla 7: Resumen de la producción diaria de leche (LD) en litros, según diferentes análisis.

ANÁLISIS	PRODUCCIÓN DIARIA DE LECHE (LD)				
	N	Medias	Sig.	EE	Pr.
General	3020	17,5		0,1	
Por procedencia:					
Cotopaxi	2288	19,3 a		0,6	0,0038
Tungurahua	732	15,9 b		1,0	
Por época:					
Época I	2235	15,2 a		0,9	0,0001
Época II	785	19,9 b		0,8	
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2772	18,0 a		0,1	0,5837
Holstein pura	217	17,1 a		0,9	
Holstein pura por cruzamiento	31	17,7 a		1,5	

Época I (1996-2005), Época II (2006-2015)
n: Número de registros
E.E.: Error Estándar.
Pr.: Probabilidad
a, b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Tukey (P < 0,05)

El LD reportado en Cotopaxi es superior, al promedio de 9,4 L/vaca/día, obtenido en la provincia de Cañar, Ecuador, con supremacía de vacas Holstein en sistemas a pastoreo (SEAN 2008, citado por López Guerrero 2010); a los 18,5 ± 1,9 litros/vaca/día reportado por Alvear (2010), en estudio realizado en vacas Holstein mestizas al pastoreo de la Hacienda San Jorge, Chimborazo; también, al promedio nacional, y de la sierra ecuatoriana, con predominio de vacas Holstein al pastoreo (5,6 y 6,5 L/vaca/día, respectivamente), reportados por el INEC (2014); a los 18,6 ± 3,5 kg/vaca/día en vacas Holstein mestizas al pastoreo encontrado por Calderón (2016) en Chimborazo, y a los promedios provinciales de 8 y 8,7 litros/vaca/día reportados por el INEC (2017) para las provincias de Cotopaxi y Tungurahua respectivamente con predominio de vacas Holstein y sistemas a pastoreo.

La alta diferencia con los promedios nacional y provinciales, se debe a que en ellos se incluyen producciones de todas las razas lecheras que crían los pequeños y medianos

ganaderos, muchos en condiciones de pastoreo y sin suplementación nutricional ; mientras que en el presente estudio se incluye un volumen significativo de datos procedentes de hatos Holstein especializados, que disponen de mejores tierras (más fértiles, de topografía casi regular y acceso a agua de regadío), resultado de la Reforma Agraria de 1973; además realizan un mejor manejo integral comparado con el de los pequeños y medianos productores.

La Época II registra la LD más alta (19,9 L/vaca/día), valor estadísticamente superior ($P < 0.05$) al de la Época I; superioridad que guarda relación con la PL y PLA de la misma época, consecuencia de los grandes avances en el ámbito genético, nutricional, sanitario, informático, y de manejo en general, que ha tenido la actividad ganadera ecuatoriana en los últimos años, con dominancia de la raza Holstein, biotipo Holstein ecuatoriano, de una vida productiva de alrededor de 3 años (CIL 2015); valor que es también superior al promedio nacional de 6,4 L/vaca/día (INEC 2014); a los 12,8 L encontrados por Cabezas (2010) en vacas Holstein a pastoreo en Chimborazo y reportado por Alvear (2010); y, a los 17 L/vaca/día reportado por Chanaluisa (2016) en la provincia de Cotopaxi con predominio Holstein a pastoreo.

Entre biotipos, los LD no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$). Pero se alcanzó el promedio más alto en las vacas HE ($18 \pm 0,1$ litros/día), valor que concuerda con la PL y PLA del mismo biotipo; que indicaría que las vacas Holstein ecuatorianas tienen mayor productividad que los demás biotipos Holstein; posiblemente debido a su mayor valor genético productivo y mejor adaptación al entorno en el que se desarrollan. Valor superior al encontrado en Chimborazo, por Alvear (2010), de $16,2 \pm 1,0$ L/día, en vacas Holstein mestizas bajo sistema a pastoreo; a los 16,0 y 14,0 L/día de vacas Holstein, mestizas y puras, reportada por Restrepo (2013) en la sabana de Colombia; y, a los 14,9 y 15,1 kg/día hallado por Clavijo *et al.* (2016) en vacas Holstein, puras y cruzadas con Brown Swiss, en la provincia de Pichincha-Ecuador.

4.2. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DE LAS VACAS HOLSTEIN

Los parámetros reproductivos; edad al primer parto, intervalo entre partos, periodo de seca y número de parto, se analizaron de manera: a) general; b) por procedencia; c) por época; y, d) por biotipo.

4.2.1. Edad al Primer Parto en días (EPP)

En la Tabla 8 se aprecia que la edad al primer parto (EPP) difiere significativamente ($P < 0,05$) entre biotipos. Las vacas HPPC presentan el menor promedio, de 855 días (28 meses); y, las HE, el mayor de 967,4 días (31,7 meses). Promedios que exceden los 24 meses, considerados óptimos (AHFE 2002; Pirlo *et al.* 2000; Radostits 2003; Hare *et al.* 2006; y, Salazar-Carranza *et al.* 2013); y, de los 22 - 27 meses, en vacas lecheras -con un peso mínimo de 500 kg- bajo sistemas a pastoreo, propuesto por García y Gens (1997); asimismo, por Galvis (2008) -en base a la opinión de productores y profesionales-. Sin embargo, están cerca del obtenido en los sistemas a pastoreo a nivel local y continental, pudiéndose decir, que los hatos estudiados desarrollan una aceptable crianza de vaquillonas de reemplazo.

Tabla 8: Resumen de la edad al primer parto en días (EPP), según diferentes análisis.

ANÁLISIS	EDAD AL PRIMER PARTO (EPP)				
	n	Medias	Sig.	EE	Pr.
General	3024	963,3		2,5	
Por procedencia:					
Cotopaxi	2289	929,7	a	17,5	0,1662
Tungurahua	735	878,1	a	32,9	
Por época:					
Época I	2238	889,1	a	28,2	0,4257
Época II	786	918,8	a		
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2776	967,4	a	3,2	0,0014
Holstein pura	217	889,1	b	27,5	
Holstein pura por cruzamiento	31	855,2	b	48,6	

Época I (1996-2005), Época II (2006-2015)

n: Número de registros

E.E.: Error Estándar.

Pr.: Probabilidad

a, b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Tukey ($P < 0,05$)

La precocidad del biotipo HPPC posiblemente se deba a que, durante el proceso de selección para alcanzar la pureza -partiendo de hembras mestizas y criollas-, éstas han mantenido una buena adaptabilidad a la zona de producción; que se expresa, en un primer parto más temprano que los demás grupos genéticos o biotipos. Por otro lado, su mayor resistencia a enfermedades, y mejor aprovechamiento de nutrientes; pueden haber coadyuvado a una más

temprana actividad hormonal (pubertad), y mayor desarrollo corporal y reproductivo; así mismo, en atención a su condición de pureza, los ganaderos generalmente les dan mejor atención, nutricional y de manejo; lo que posiblemente facilita este desempeño reproductivo.

La EPP del biotipo HPPC es similar a los 28,9 meses, reportado para Holstein puras en pastoreo por Salazar-Carranza *et al.* (2013), en hatos de lechería especializada en Costa Rica. Es inferior al rango hallado en Holstein puras en pastoreo, de 957 a 1.082 días (30 a 36 meses), encontrado por Restrepo (2013) en la sabana colombiana durante el periodo 2010-2011; a los $967 \pm 16,7$ días, reportado por Marini *et al.* (2015); y, a los 1059 días, indicados por Vallone *et al.* (2016), en sistemas a pastoreo en Argentina; también a los $964,9 \pm 15,5$ días hallados por Marini y Di Masso (2019) en un estudio realizado con datos retrospectivos del periodo 1992-2012 en 260 vacas de primera lactancia del tambo perteneciente a la Escuela de Agrotécnica Gral. San Martín de la Universidad Nacional de Rosario. Pero superior a los 26,7 meses (801 días) alcanzados por Holstein a pastoreo en una zona de Bosque Húmedo Montano Bajo de Antioquia, Colombia (Bolívar *et al.* 2009).

Por otro lado, los 967,4 días (31,7 meses) de las vacas HE es inferior a los $986,5 \pm 15,9$ días, de vacas con registro de cría, reportados por Marini *et al.* (2015) en sistema a pastoreo en Argentina; a los 32 meses reportados por Snyder (2007) con datos retrospectivos del periodo 1997 – 2007 de la Asociación de Criadores de Holando argentino; pero superior a los 26,4 meses alcanzados por Colimba y Vela (2011) en un estudio realizado con la craza Montbéliarde por Holstein.

Las vacas HE llegaron más tarde a la EPP, posiblemente se deba al tamaño de la población analizada y a la idiosincrasia del productor que no le asigna el ambiente nutricional adecuado en la etapa de crecimiento y desarrollo, siendo mayor en las vaquillas puras y puras por cruzamiento; además, se selecciona las vacas con mejores tasas reproductivas aún, cuando pudieran tener mayor parentesco y consanguinidad entre ellas; adicionalmente, éstas últimas por lo general también reciben mejor atención nutricional en edad adulta.

Por lo mencionado, las HE probablemente sufran restricción nutricional durante la fase de gestación que afecta directamente al desarrollo del feto, regulando su tamaño y afectando el desarrollo reproductivo durante la formación de órganos y que podrían presentar inconvenientes si se utilizan como futuras madres (incremento de la edad al primer parto,

mayor número de servicios por concepción, menores ganancias de peso, distocias y hasta infertilidad), debido al lento desarrollo fisiológico comparado con los animales cuyas madres no sufrieron de restricción nutricional (Funston, Larson, & Vonnahme 2010; Long, Prado-Cooper, Krehbiel, DeSilva, & Wettemann 2010; Summers 2013); además la propia alimentación y manejo que reciben luego del nacimiento pueden retardar la edad a la pubertad y primer parto.

También se debe considerar que el factor ambiental temporal y el sistema a pastoreo que se maneja en el Ecuador, basado exclusivamente en el uso de pasturas, con una mínima suplementación de concentrado en la etapa de vaquillonas (CIL 2015), hace que demoren en alcanzar el peso al primer servicio y, por ende, la edad al primer parto; sin considerar los errores en la detección del celo y en la inseminación artificial. En tal sentido, EPP considerados óptimos, para otros sistemas y con manejo diferente al que se realiza en la sierra ecuatoriana, entrarían en duda para sistemas a pastoreo locales; por tanto, queda en el tapete analizar este parámetro, para replantear objetivos acordes a la realidad de la zona y sistema de producción.

Entrar tardíamente a la pubertad, y consecuentemente a la vida productiva, a partir del primer parto, reduce el valor económico de los animales por una reducida vida útil, menos leche y crías de reemplazo producidas, e incrementa los costos de su producción (Botero 1990; Rodríguez *et al.* 1998; Nilforooshan y Edriss 2004; Grajales *et al.* 2006).

Finalmente, lograr valores óptimos está muy distante en las vacas Holstein en sistemas a pastoreo; aunque Marini *et al.* (2007) plantean que, en tales condiciones, la menor edad al primer parto no influye en la producción de leche, pero afecta negativamente los parámetros reproductivos y, por ende, la rentabilidad de la vaca. Sin embargo, esto no coincide con la opinión de otros investigadores, respecto a las consecuencias de la magnitud de la EPP sobre la producción de leche; quienes indican, que un parto a edad temprana es perjudicial tanto para la producción como para la longevidad (Lin *et al.* 1986; Van Amburgh *et al.* 1998; Pirlo *et al.* 2000; Radcliff *et al.* 2000; Bormann *et al.* 2002; Nilforooshan y Edriss 2004; Ettema y Santos 2004; Marini *et al.* 2007).

4.2.1.1. Interacción con la Edad al Primer Parto en días (EPP)

La interacción con la edad al primer parto en días (EPP) presenta diferencias significativas ($P < 0,05$) entre procedencia por biotipo. En la tabla 9 se aprecia que el promedio de las vacas HP de Tungurahua (26,6 meses) están dentro del rango considerado óptimos para sistemas a pastoreo (22 – 27 meses) planteado por García y Gens (1997) y ratificado por Galvis (2008); siendo inferior a los $28,1 \pm 0,9$ meses encontrados por Valencia (2009), en Holstein puro a pastoreo, en la hacienda San Marcos de Cuenca, Ecuador; pero superior a los 25,9 meses (777 días) reportado en los Estados Unidos para Holstein puras en sistemas intensivos (Heinrichs *et al.* 2011).

Tabla 9. Interacción procedencia por biotipo, de la edad al primer parto en días (EPP)

Procedencia	Biotipo	EDAD AL PRIMER PARTO (EPP)				
		n	Medias	Sig.	E.E.	Pr.
Tungurahua	H. ecuatoriana	720	973,5	a	5,2	
Cotopaxi	H. pura	205	967,9	a	16	
Cotopaxi	H. ecuatoriana	2056	961,3	ab	3,5	
Cotopaxi	H. pura por cruzamiento	28	859,8	ab	49,9	0,009
Tungurahua	H. pura por cruzamiento	3	850,5	ab	83,3	
Tungurahua	H. pura	12	810,3	b	52,7	

H: Holstein

n: Número de registros

E.E.: Error Estándar.

Pr.: Probabilidad

a, b Letras diferentes difieren significativamente en la interacción procedencia con biotipo, según Tukey ($P < 0,05$)

Por otro lado, el promedio de 31,9 meses de las vacas HE de Tungurahua, sobrepasan el rango óptimo, pero es inferior a los $35,1 \pm 9$ y $34,3 \pm 6$ meses encontrados en ganado mestizo bajo pastoreo en las haciendas El Trébol y Jorge Leonardo de la provincia de Chimborazo (Dávalos 2005).

La temprana EPP de las vacas puras de Tungurahua seguramente se deba a que genéticamente responden mejor al adecuado manejo nutricional, sanitario y de factores esenciales en las etapas de cría y recría que el productor ofrece por su condición de pureza y que es posible debido al bajo porcentaje de animales puros en la composición del hato, lo cual no sucede con las HE que a pesar de recibir una buena alimentación forrajera no alcanzan a llegar tempranamente al primer parto, quedando evidenciado lo complejo que resulta alcanzar en los sistemas a pastoreo ciertos requisitos propios de otros sistemas de producción.

4.2.2. Intervalo entre partos, en días (IPP)

Como se aprecia en la Tabla 10, los biotipos presentan diferencias significativas ($P < 0,05$). Las HPPC tuvieron los promedios más bajos de IPP (423 días ó 13,9 meses), y las Holstein puras el valor más alto (508,9 días ó 16,7 meses); posiblemente se debe a que las HPPC presentan un mayor efecto de la selección, debido a que tuvieron mayores exigencias en el proceso de incorporación al registro de animales puros (selección), y genes de adaptabilidad a las condiciones locales, los mismos que se expresan con mayor intensidad en la presentación de características reproductivas; además, al registrar una menor duración de lactancia que las HP, presentan un más rápido retorno y más clara demostración de estro, para su posterior inseminación.

El promedio de IPP de las HPPC es inferior a lo encontrado en Holstein puras al pastoreo por varios investigadores. Como los 446 ± 6 días, reportados por Juárez y Marsan (2013) en Honduras; los 482,7 días, hallados por Clavijo *et al.* (2016) en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador (INIAP); y, los 434,5 días referidos por Blanco y WingChing-Jones (2018) en Costa Rica. Pero superior a los 13 meses, reportado por Restrepo (2013), en un estudio en la sabana colombiana.

Tabla 10: Resumen del intervalo entre partos en días (IPP), según diferentes análisis.

ANÁLISIS	INTERVALO ENTRE PARTOS (IPP)				
	n	Medias	Sig.	EE	Pr.
General	3024	479,6		1,6	
Por procedencia:					
Cotopaxi	2289	475,6 a		11,4	0,5636
Tungurahua	735	461,6 a		21,4	
Por época:					
Época I	2238	474,9 a		18,3	0,6065
Época II	786	462,4 a		15,9	
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2776	473,6 b		2,1	0,0411
Holstein pura	217	508,9 a		17,9	
Holstein pura por cruzamiento	31	423,4 c		31,6	

Época I (1996-2005), Época II (2006-2015)
n: Número de registros
E.E.: Error Estándar.
Pr.: Probabilidad
a, b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Tukey (P < 0,05)

Sin embargo, lejos de lograr el IPP óptimo de 365 días, recomendado por Ortiz *et al.* (2005) y Warwick *et. al.* (1980); o, los 370-380 días, recomendados por Velásquez (2012), para obtener una cría por año; las HPPC alcanzan un parámetro aceptable para la región posiblemente -como se ha referido- a consecuencia de la presión de selección y a la adaptabilidad derivada de sus ancestros criollos y mestizos, que hace que se comporten mejor en factores reproductivos, como la pronta ovulación posparto, manifestación más clara de los síntomas del celo.

Por otro lado, el promedio de IPP 473,6 días (15,5 meses), para las HE, es mayor a los 12 meses, registrados por Restrepo (2013), en el cruce de Holstein con Rojo Sueco en Colombia; a los 413,1 ± 13 días, de Holstein mestizas, reportado por Juárez y Marsan (2013) en Honduras; a los 459 días, referidos para el cruce ½ Holstein X ½ Brown Swiss, por Clavijo *et. al.* (2016), en sistemas a pastoreo en Pichincha; a los 438,8 días, encontrados en vacas Holstein mestizas a pastoreo en Costa Rica (Blanco y WingChing-Jones 2018); e inferior a 476,4 ± 16,8 días, reportados por Bueno (2018) en vacas Holstein multíparas, en

condiciones de altura, en Cajamarca, Perú; y, a los $522,1 \pm 174,1$ días, obtenidos por Ortiz *et al.* (2008), en vacas Holstein mestizas en la provincia de Pichincha, Ecuador.

En general, el comportamiento del biotipo HE posiblemente se explique como consecuencia de su origen genético y a la selección aplicada, que ha permitido obtener un biotipo con alta producción de leche, y un adecuado IPP; lo cual es confirmado por Hernández *et al.* (2006), quienes manifiestan que la raza Holstein pura tiende a un mayor IPP y días abiertos; producto del mejoramiento genético sufrido, que, si bien generó animales cada vez más productivos, redujo su fertilidad.

Sin embargo, la depresión de la fertilidad puede deberse a una mala detección del celo y bajas tasas de concepción, que en parte dependen del propio animal; pero también, del cuidado y calidad de la inseminación, y de las condiciones de alimentación y manejo en general. Carmona *et al.* (2006) manifiestan que IPP, superiores a 16 meses, desencadenan la pérdida de una lactancia, consecuencia de un ineficiente manejo reproductivo.

Aunque el IPP entre provincias no presenta diferencias significativas, los promedios son superiores a los ($392,6 \pm 57,5$ días) hallados por Alvear (2010) en la provincia de Chimborazo; e inferiores a los encontrados por Ortiz (2008) en Pichincha, quien reporta un IPP que va de 505 – 530,3 días. De igual manera, el promedio de IPP de 462,4 días, encontrado en la época II, es similar a los 463,9 días encontrado por Reinoso (2002) en la provincia de Cotopaxi en el periodo 1997 – 2001; y, superior a los $401,1 \pm 92,4$ días, reportado por (Galarza 2017) en la provincia de Azuay. Consecuentemente, se debe mejorar el manejo productivo y reproductivo de las vacas Holstein en la provincia de Cotopaxi.

4.2.3. Periodo de Seca, en días (PS)

En la Tabla 11 se aprecia solamente diferencia significativa de PS entre épocas; los promedios de PS, según procedencia y biotipo, son similares, pero están lejos de los 60 días considerados óptimos (Moreno 2005; Ventura & Martínez 2002), y que se consideran problema, cuando se encuentran fuera del rango, de menos 45 o más de 70 días (López *et al.* 2003).

Tabla 11: Resumen del periodo de seca en días (PS), según diferentes análisis.

ANÁLISIS	PERIODO DE SECA (PS)				
	n	Medias	Sig.	EE	Pr.
General	3024	98,4		1,1	
Por procedencia:					
Cotopaxi	2289	113,2	a	8,3	0,0524
Tungurahua	735	80,0	a	15,1	
Por época:					
Época I	2238	78,8	b	12,9	0,0373
Época II	786	114,4	a	11,2	
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2776	102,1	a	1,5	0,7665
Holstein pura	217	94,3	a	12,6	
Holstein pura por cruzamiento	31	93,5	a	22,3	

Época I (1996-2005), Época II (2006-2015)
n: Número de registros
E.E.: Error Estándar.
Pr.: Probabilidad
a, b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Tukey (P < 0,05)

Las vacas de la Época II presentan el más alto PS (114,4 días); promedio superior a los 62 días en vacas Holstein mestizas en pastoreo con datos del 2002-2006, hallados por Ortiz (2008) en Pichincha; y, a los $85,6 \pm 39,6$ días, reportados por Chilpe y Chuma (2015), en condiciones similares, en la provincia de Azuay; quienes también encontraron valores de 101 y 67 días en ganaderías pequeñas y grandes, respectivamente.

Se considera que un periodo seco de 60 días es suficiente, porque permite una buena cantidad de leche en la siguiente lactancia, debido principalmente al reemplazo de células epiteliales -dañadas o muertas- antes del inicio de la lactancia; además, en este periodo, el feto alcanza su máximo desarrollo y peso. Un mayor período significa mayores costos de alimentación, sanidad y de manejo; aun cuando los animales pueden incrementar su condición corporal en extremo, posibilitando la presencia de problemas metabólicos, como hígado graso y cetosis (Elizondro 2014; Drackley 1997; Duffield 2000; Epperson 2005; NRC 2001). La pérdida de condición corporal preparto, la duración del periodo seco y el número de partos son factores asociados al desarrollo de cetosis, por lo que se recomienda sean tomados en consideración para su prevención (Saborío-Montero y Sánchez 2013).

Si bien el elevado promedio de los PS puede ser considerado un indicador negativo del nivel de manejo ganadero de la zona de estudio; éste quizá sea más consecuencia de la composición y calidad genética de los animales y del ambiente temporal en el que se desarrollan; es así, que en la Época II, se incrementa el periodo seco porque las vacas se secan antes, con bajas producciones que no justifican mantenerlas en el ordeño, y también por la demora en lograr su preñez.

4.2.3.1. Interacción en el Periodo de Seca, en días (PS)

La interacción del periodo de seca en días (PS) registra diferencias significativas ($P < 0,05$) entre procedencia y biotipo. En la Figura 7 se aprecia que las vacas HPPC de Tungurahua presenta el promedio (59 días) que está dentro del rango recomendado para no presentar problemas -menos 45 o más de 70 días- (López, Lamela y Sánchez 2003). Sin embargo, las vacas del mismo biotipo (HPPC) de Cotopaxi presentan promedios altos, posiblemente debido al escaso número de registros analizados en Tungurahua y a la mejor atención brindada a sus vacas.

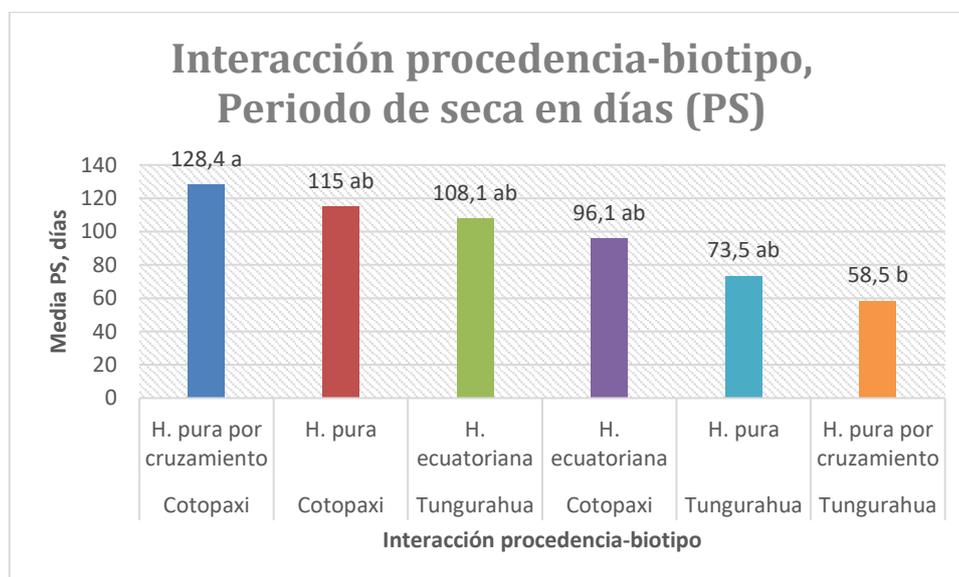


Figura 7: Interacción procedencia-biotipo, del periodo de seca, en días (PS).
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las vacas del biotipo HE de Cotopaxi presentan el promedio de 96,1 días, que es superior a los 66,0 días encontrados por Alvear (2010) en vacas Holstein en pastoreo en

la provincia de Chimborazo con datos del 2003 al 2008; a los 71,8 días reportados por Pallete (2018) en un estudio realizado a 2600 msnm con datos de 1991 a 2008 en vacas Holstein en sistema semi-extensivo a pastoreo en Cajamarca, Perú; y a los 83,1 y 60,5 días encontrados al quinto parto en el mismo estudio.

4.2.4. Número de partos (NP)

La Tabla 12 muestra la media y el error estándar del número de parto; apreciándose que existe efecto significativo ($P < 0,05$) de la época; las vacas de la Época I registran 4,0 partos, mientras que las de la Época II 3,0 partos. Las en Tungurahua y Cotopaxi logran 3,7 y 3,3 partos, respectivamente. Y, en general, los biotipos HE, HP y HPPC registran 3,7, 3,4 y 3,4 partos, respectivamente.

ANÁLISIS	NÚMERO DE PARTO (NP)				
	n	Media	Sig.	E.E.	Pr.
General	3049	3			
Por procedencia:					
Cotopaxi	2306	3,3 a		0,21	0,3161
Tungurahua	743	3,7 a		0,39	
Por época					
Época I	2258	4,0 a		0,33	0,0203
Época II	791	3,0 b		0,29	
Por biotipo:					
Holstein ecuatoriana	2798	3,7 a		0,04	0,4577
Holstein pura	220	3,4 a		0,33	
Holstein pura por cruzamiento	31	3,4 a		0,58	

Época I (1996-2005), Época II (2006-2015)
n: Número de registros
E.E: Error estándar
Pr.: Probabilidad
a,b Letras diferentes por columna difieren significativamente entre procedencia, época y biotipo según Waller Duncan ($P < 0,05$)

La media de cuatro partos en la Época I es superior a los tres partos reportados en el oeste de Francia en un estudio de cinco años realizado entre 1989 y 1994 en granjas Holstein (Seegers *et al.* 1998); también a los tres partos encontrados en vacas Holstein en Perú, en un estudio realizado en diez establos manejados con sistema intensivo alimentadas con pasto y concentrado (Orrego *et al.* 2003); a los 3,6 partos reportados por Ferris *et al.* (2012) en un

estudio que monitoreo durante cuatro lactancias un rebaño de 192 vacas Holstein; e inferior a los 4,5 partos de vacas Holstein y a los 4,7 partos del cruce Jersey por Holstein encontrados en Nueva Zelandia en la Cooperativa Livestock Improvement Corporation (Henríquez 2014 citado en Quishpe 2016).

Se debe considerar, que a medida que avanza el progreso genético para la cantidad de leche producida por vaca, disminuye su longevidad (Camargo *et al.* 2012); al respecto, Knaus (2009) manifiesta que, en Estados Unidos, las vacas Holstein que parieron por primera vez en 1966 tuvieron un promedio de 3,4 partos, mientras que en 1994, solo alcanzaron un promedio de 2,8 partos; similar valor es reportado por Beltramino y Thomas (2000), quienes reportan un promedio de 2,9 partos, obtenidos de 24.076 registros de lactancias de 1988, en un estudio realizado en la región centro oeste de la provincia de Santa Fe-Argentina.

La media de cuatro partos demostraría que, en la Época I, las vacas eran más longevas; consecuencia de varios factores, entre ellos una probable menor presión de selección sobre la producción de leche, uso de toros no probados o de valores de cría intermedios; complementados por la composición genética, de una población mejor adaptada al medio ambiente local, expresada por mayor resistencia y longevidad; y, en consecuencia, más larga vida útil o productiva. Lo cual, posiblemente, no se cumpla en la Época II, debido a un promedio mayor de producción de leche, consecuencia de mayor presión de selección, que hace a las vacas más susceptibles a estrés metabólico y menores tasas reproductivas; adicionando a esto, errores de manejo e inadecuada alimentación (Lagger 2008).

Por otro lado, los 3,7; 3,4 y 3,4 partos, de los biotipos HE, HP y HPPC, posiblemente se deban a que, en las condiciones del estudio, el valor genético para producción de leche no influye en el número de parto o lactancias, y son otros los factores influyentes; sin embargo, el valor es superior al promedio de 2.8 lactancias iniciadas, observadas en 392.800 registros de vacas Holstein nacidas entre 1995 y 1997 en los Estados Unidos de América (Tsuruta *et al.* 2005); pero similares a los 3,6 partos reportados por Ferris *et al.* (2012) en un estudio realizado con 189 vacas Holstein mestizas y a los 3,6 años de vida productiva registrados por Valchev *et al.* (2020) en un estudio con 1490 vacas Holstein alimentadas con pastos y sacrificadas en el período 2010 – 2018 en Bulgaria.

4.3. RELACIÓN ENTRE PARAMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS

Se analizó la relación existente entre el parámetro productivo principal (producción de leche ajustada a 305 días) con los parámetros reproductivos (edad al primer parto, intervalo entre partos, periodo de seca y número de partos), de manera independiente y conjunta, en las vacas de Cotopaxi y Tungurahua; posteriormente para las vacas de Cotopaxi de la época I y II por separado, de la misma manera para las de la provincia de Tungurahua de la época I y de la época II; y, finalmente por cada uno de los tres biotipos.

El análisis se realizó paso a paso, encontrando que no existe dependencia de la variable productiva (PLA) respecto a las variables reproductivas (EPP, IPP, PS, NP). Los valores de regresión lineal y coeficiente de determinación ($R^2 < 0,030$), son muy bajos; debido, posiblemente, a que los valores de los parámetros reproductivos, en los diferentes análisis, son cercanos a los considerados como óptimos, o que la dependencia se expresa en sentido inverso (producción sobre reproducción). En consecuencia, la producción de leche de las vacas HP y HPPC no pudo ser explicada por los parámetros reproductivos considerados; sin embargo, se observa que la PLA, de las vacas HE, está levemente influenciada por el NP, IPP y PS; a una probabilidad 0,15 -de entrada y de salida-, cuyo coeficiente de determinación ajustado es de solamente 4,51%; siendo muy bajo para demostrar que los parámetros reproductivos inciden sobre la PLA. Posiblemente, dentro de esto, la variabilidad y adaptación adquirida por las vacas, durante muchos años, tenga algo que ver.

Sin embargo, al analizar mediante la regresión múltiple simple se determinó que la producción de leche ajustada a 305 días de lactancia es significativa ($p < 0,05$) y responde a la ecuación:

$\hat{Y}_{305} = 4861,07^{**} + 1,08^{**} \text{EPP} - 2,06^{**} \text{IPP} + 54,92^{**} \text{NP}$; excepto el periodo de seca (PS) debido a que no registró significancia ($p > 0,05$).

En el análisis de las correlaciones -exponencial, logarítmica y polinómica- no se determinó asociación significativa entre la producción de leche ajustada a 305 días (PLA) y los parámetros reproductivos (EPP, IPP, PS y NP). Sin embargo, al realizar el análisis de correlación bivariado entre la PLA vs EPP, PLA vs IPP, PLA vs PS, PLA vs NP, EPP vs PS, IPP vs PS e IPP vs NP se determinaron correlaciones de 0,12**; -0,17**; -0,08*; 0,09*; 0,09*; 0,27** y -0,09* respectivamente, a pesar de ser valores de correlación bajos estos

demuestran significancia debido a que se analizó una alta cantidad de datos que permiten demostrar significancia y confiabilidad.

Estos resultados tienen implicancia para los ganaderos ya que deben considerar que las vacas de sus establos no tengan un intervalo entre partos superiores a 365 días debido a que el índice que influye al intervalo entre partos es negativo lo que hace a una vaca menos productiva.

García *et al.* (1997); Marini *et al.* (2001); Marini *et al.* (2007); Vitullo *et al.* (2016); Marini y Di Masso (2019); no encontraron asociación entre la producción de leche y la edad al primer parto. Por el contrario, otros autores reportan que a medida que se retrasa la edad al primer parto la producción de leche tiende a aumentar (Castillo-Badilla *et al.* 2016; Salazar-Carranza *et al.* 2013), lo cual coincide con lo hallado por Marini y Di Masso (2019) en vacas Holstein puras a pastoreo en Argentina. Así mismo, Cooke *et al.* (2013) sostienen que en diferentes estudios la influencia de la EPP en el rendimiento productivo no es siempre consistente, y pudiera deberse a factores genéticos y de manejo.

De igual manera, diversos estudios realizados en Argentina muestran resultados contrapuestos. Por un lado, Marini *et al.* (2001), con 1282 vacas Holstein, de primera lactancia en sistema a pastoreo, encontraron que la edad al primer parto no afectó los indicadores productivos (producción de leche y duración de lactancia), ni tuvo relación con el intervalo parto-concepción; similar a lo hallado por Vitullo *et al.* (2016) con datos del programa ProTambo Dirsa®, de un tambo lechero Holstein localizado en la provincia de Buenos Aires. Mientras que García y Gens (1997) analizando 1.813 primeras lactancias de diez establecimientos lecheros “de punta”, en la zona central de Argentina, encontraron diferencias en la producción de leche según la edad al primer parto, con promedios de 5.800 litros a 37-39 meses de edad al primer parto.

Por otro lado, Snyder (2007) al evaluar 106.464 primeras lactancias, tomadas del Control Lechero Nacional, en que las vacas Holstein a pastoreo que parieron entre 26 y 29 meses produjeron más leche (promedio de 5.621 L) que aquellas que parieron entre los 32 y 37 meses, y más tarde por Snyder *et al.* (2013) evaluando 569.213 lactancias confirman que la producción de leche se incrementó hasta los 26 meses de edad al parto (promedio 5.412 L), disminuyendo luego, según avanza la EPP; de igual manera, Lasa (2015) determinó que

la producción de leche a 305 días de la primera lactancia se incrementa desde los 18 a 26 meses de EPP, luego desciende a edades mayores.

Nilforooshan y Edriss (2004) afirman que la EPP puede afectar significativamente la producción de leche, el tiempo de vida y la vida productiva; ya que conforme aumenta la EPP, la vida productiva decrece. Al incrementar la EPP de 21 a 24 meses, la producción de leche aumentó; concluyendo que la edad óptima al primer parto fue de 24 meses, y que el retraso de EPP más allá de los 25 meses no es costo efectivo; recomendando que las vaquillas sean inseminadas para que logren su primera cría entre 23 y 25 meses de edad.

Respecto al Intervalo entre partos (IPP), Badilla *et al.* (2016), en Costa Rica, encontraron relación entre las vacas de baja y mediana producción de leche a 305 días con un menor intervalo parto concepción (base para el IPP), concordando con reportes de otros estudios en donde se observan asociaciones positivas entre la producción de leche y los indicadores reproductivos. Lo hallado difiere de lo reportado por Izquierdo y Gutiérrez (2005), en un estudio realizado con datos retrospectivos del período 1998-2003, de vacas Holstein en Texcoco, México; quienes no encontraron asociación significativa entre los parámetros reproductivos y la producción de leche. Observando que en el año 1999 una leve asociación negativa ($r = -0,160$ y $p = 0,038$); y en el 2002 una ligera asociación positiva ($r = 0,171$ y $p = 0,031$).

La producción de leche no demostró relación con el número de partos (longevidad); sin embargo, algunos autores manifiestan que las vacas con mayor producción de leche se afectan en el reinicio de la actividad reproductiva luego del primer parto (Kim y Suh 2003; Marini *et al.* 2007); también presentan una mayor predisposición a enfermarse (Pryce *et al.* 1997; Jorritsma *et al.* 2000; Mulligan *et al.* 2006; Goff 2006; Waldron 2007; Waldron y Revelo 2008; Mulligan y Doherty 2008; Roche *et al.* 2013; Hiss *et al.* 2009). Roche *et al.* (2013) asoció mayores producciones de leche con alteraciones posparto, principalmente en vacas que paren a edades entre 24-28 meses y mayores a 28 meses.

4.4. EFICIENCIA DE LAS VACAS HOLSTEIN

La variable de eficiencia productiva: Índice de leche acumulado (ILA) mostró diferencias significativas entre épocas, pero ninguno de los índices fue influido por algún efecto de interacción.

4.4.1. Índice de leche (IL) e Índice de leche acumulada (ILA)

La Tabla 13 presenta el tamaño de muestra, las medias y errores estándar de las variables IL, ILA, PL, EPP, IPP, PS y NP, según la época.

Tabla 13: Índice de leche (IL) e Índice de leche acumulada (ILA) de vacas Holstein según la época, y su relación con la producción real de leche y parámetros reproductivos.

VARIABLES	ÉPOCAS							
	Época I				Época II			
	n	Media	E.E.	Sig.	n	Media	E.E.	Sig.
Índice de Leche (IL)	2238	7,3	± 0,2	a	786	8,0	± 0,2	a
Índice de Leche Acumulada (ILA)	2238	15,3	± 0,3	a	782	19,3	± 0,3	b
Producción de Leche (PL)	2238	4945,4	± 418,9	a	786	6257,2	± 362,2	b
Edad al Primer Parto (EPP)	2238	889,1	± 28,2	a	786	918,8	± 24,4	a
Intervalo entre partos (IPP)	2238	474,9	± 18,34	a	786	462,4	± 15,9	a
Período de Seca (PS)	2238	78,8	± 12,93	b	786	114,4	± 11,2	a
Número de Partos (NP)	2238	4	± 0,3	a	786	2,9	± 0,3	b

Época I (1996-2005); Época II (2005-2015).

n: Número de registros.

E.E.: Error Estándar.

Sig: Significancia estadística.

Letras diferentes por fila difieren significativamente entre época según Tukey (P < 0,05).

En la Época II, se registran los IL e ILA más altos (8,0 y 19,3), debido a una mayor producción real de leche (6.257,2 L), menor IPP (462 días) y NP (2,9); con lo cual se confirma que a una mayor producción de leche le corresponde un mayor IL (Vargas *et al.* 2014; Marini y Di Masso 2018). Mientras que el alto valor del ILA se relaciona también con una duración de lactancia cercana a los 305 días, considerados óptimos.

Por otro lado, el IL de las vacas de la época II es similar a los 8 L/día reportado por Vargas *et al.* (2014) en un estudio realizado en Argentina con datos retrospectivos del 2000-2012 de vacas Holstein en condiciones de pastoreo; e inferior a los 8,8 encontrados por Marini y Oyarzabal (2002a), en registros lecheros oficiales del período 1987-1997 de vacas Holstein, bajo pastoreo en la provincia de Santa Fe, Argentina; en el cual se asocia, como en este caso, al promedio de producción de leche por lactancia, edad al primer parto, intervalo entre partos, y número de parto. Mientras que el ILA responde a la PL y a la duración de lactancia, que en la Época I fue de 341 días y en la Época II de 328 días.

Los biotipos, no presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en IL e ILA; no obstante, los promedios más altos son para las vacas HE (8,3; 17,7 respectivamente); valores que se relacionan con su mayor producción real de leche (6017 L); con parámetros reproductivos de EPP (967 días), IPP (474 días) y NP (3,7 partos).

Por otro lado, entre procedencia no hay diferencia significativamente ($P < 0,05$); sin embargo, las vacas de Cotopaxi presentaron los valores más altos, de IL e ILA (8,1 y 18,4 respectivamente); demostrando que la producción real de leche influye en los índices, a pesar de que los valores de los parámetros reproductivos considerados no difieren, mostrando que las vacas de Cotopaxi presentan mayor eficiencia de productividad que las de Tungurahua.

Sin embargo, en el presente estudio, el mayor IL no se asocia a una mayor vida productiva; a diferencia de lo hallado por Marini y Oyarzabal (2002). Se observa que la longevidad, valorada por el NP, no influye en los índices estudiados, aunque si lo hace el nivel productivo que compensa la poca longevidad. Esto no sería del todo beneficioso desde el punto de vista de rentabilidad, ya que las ganaderías deberían tener un mayor número de vacas de reemplazo.

Alto ILA responden a elevadas PL, y a menor duración de lactancia (328 días); por tanto, el ILA da mayor relevancia a los factores productivos que a los reproductivos.

V. CONCLUSIONES

- Las vacas Holstein, afiliadas a la Asociación Holstein Friesian de Ecuador, de las provincias de Cotopaxi y Tungurahua, bajo sistemas a pastoreo, presentan parámetros productivos diferentes en las provincias de Cotopaxi y Tungurahua; sin embargo, los parámetros reproductivos son similares.
- Los mejores parámetros productivos correspondieron a la Época II, mientras que los parámetros reproductivos -edad al primer parto, intervalo entre partos, periodo de seca y número de partos-, fueron diversos y alejados a los óptimos, sin afectar los niveles de producción de leche.
- No se evidenció relación alguna entre el parámetro productivo -Producción de Leche Ajustada- con los parámetros reproductivos analizados, según la procedencia, época y biotipo, debido a que los promedios de los reproductivos son elevados con relación a los considerados óptimos.
- Las vacas Holstein de la provincia de Cotopaxi y de la época II mostraron altos índices de leche como consecuencia de sus mayores niveles de producción; al igual que el biotipo Holstein ecuatoriano.

VI. RECOMENDACIONES

- Incrementar estudios de los diferentes biotipos Holstein, para confirmar el más eficiente de ellos, en términos de sus parámetros productivos y reproductivos, en condiciones de la sierra ecuatoriana.
- Considerar, en los estudios de eficiencia, el uso de los índices de leche y de leche acumulada, como indicadores agregados, para que el ganadero disponga de una nueva alternativa para seleccionar animales de mayor eficiencia.
- En tanto se realicen los estudios antes referidos, se sugiere utilizar los resultados del presente estudio para diseñar estrategias de mejora genética del Holstein Ecuatoriano, para contribuir a la sostenibilidad de la ganadería lechera del Ecuador en condiciones de pastoreo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro). 2019: Sanidad animal (en línea). <http://www.agrocalidad.gob.ec/direccion-de-control-zoosanitario/>. (Consulta: 10 de octubre de 2019).
- AHFE. 2000. Manual práctico de la Asociación Holstein Friesian del Ecuador: programa de control lechero. Quito, Ecuador. 40 p.
- AHFE. 2002. Historia de la Asociación Holstein Friesian del Ecuador. Quito, Ecuador. Rev. Razas Lecheras. 57- 68 pp.
- AHFE. 2008. Estatutos de la Asociación Holstein Friesian del Ecuador. Quito, Ecuador, Cap. XXI, Art 59. Cap. XXIII, Art 61, Art 62, Art 63.
- Alvear, E. 2010. Caracterización productiva y reproductiva de la hacienda San Jorge para recomendar un programa de inseminación artificial. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Analuisa, I. 2004. Evaluación de la eficiencia productiva y reproductiva de diez hatos lecheros de Aloag, Alausí, Machachi y Tambillo, en la Provincia de Pichincha. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Badilla, G.C.; Carranza, M.S.; Herrera, J.M.; Voss, FH. y Zúñiga, J. 2015. Efecto de la edad al primer parto sobre parámetros reproductivos en la primera lactancia de vacas Holstein y Jersey de Costa Rica. Ciencias Veterinarias, 33(1). 33-45 pp. (en línea) <file:///C:/Users/UDA/Downloads/7629-Texto%20del%20art%C3%ADculo-19602-1-10-20160215.pdf>. (Consulta: 22 de enero de 2017).

- Beltramino, F.E. y Thomas, J.A. 2000. Factores que limitan la obtención de animales lecheros de reemplazo. ALPA Mem.16 p.
- Blanco, J.P. y Wingching-Jones, R. 2018. Production and reproduction of cows; Holstein, Jersey and their crossbreed, in five locations of Costa Rica. UNED Research Journal, 10(2): 422-427 pp. (en línea) <https://doi.org/10.22458/urj.v10i2.2171> (Consulta: 10 de enero de 2017).
- Bolívar, D.; Echeverry, J.; Restrepo, L. y Cerón-Muñoz, M. 2009. Productividad de vacas Jersey, Holstein y Jersey/Holstein en una zona de bosque húmedo montano bajo (Bh-MB). Livestock Research for Rural Development. 21 (80). (en línea) <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/boli21080.htm> (Consulta: 2 de abril de 2019).
- Bormann, J.; Druet, T.; Gengler, N. y Wiggans, G.R. 2002. Estimating effects of permanent environment, lactation stage, age, and pregnancy on test-day yield. J. Dairy Sci. 85(1):263.
- Botero, L. 1990. Criterio para entrar novillas a toro. In II Seminario de producción agropecuaria. Mompo. 3-100 pp.
- Brassel, F.; Hidalgo, F. y Gondard, P. 2007. Libre comercio y lácteos: la producción de leche en el Ecuador entre el mercado nacional y la globalización. Quito, Ecuador. SIPAE.
- Bueno, C. 2018. Índices productivos y reproductivos en vacunos Brown Swiss, Jersey y Holstein en altura-Cooperativa Atahualpa Jerusalen, Cajamarca 1999-2013. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. (en línea) <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3526>. (Consulta: 14 de enero de 2018).
- Calderón, J. 2016. Determinación de los valores genéticos mediante el ranqueo de las vacas Holstein mestizas de la Estación Experimental Tunshi, para la implementación de un programa de inseminación artificial. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

- Calvache, M. 2014. El suelo y la productividad agrícola en la Sierra del Ecuador. En XIV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 9-18 pp.
- Camargo, O. 2012. The dairy cow: between economic efficiency and biological inefficiency. Archivos de zootecnia. 61 (237). 13-29 pp.
- Cardona-Cifuentes, D.; Londoño-Gil, M. y Echeverri-Zuluaga, J.J. 2017. Comparative evaluation of productive parameters Blanco-Orejinegro x Holstein cattle crosses. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 18 (3), 513-527 pp.
- Carmona, S. y Arrollo, G. 2006. Como medir la eficiencia reproductiva de su hato lechero. Transferencia-Tecnológica- Investigación y Desarrollo. Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, Costa Rica. (en línea) <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/como-medir-eficiencia-reproductiva-t26622.htm> (Consulta: 25 de marzo de 2021).
- Castillo Badilla, G.; Salazar Carranza, M.; Murillo Herrera, J.; Hueckmann Voss, F. y Romero Zúñiga, J. 2016. Efecto de la edad al primer parto sobre parámetros reproductivos en la primera lactancia de vacas Holstein y Jersey de Costa Rica (en línea). Revista Ciencias Veterinarias, 33 (1), 33. doi: 10.15359/rcv.33-1.2.
- Castro, M. 2013. Producción y consumo de las pasturas del refo lactante. Universidad Central del Ecuador. 10 – 16 pp.
- Cerón, J.H. 2008. Causas y tratamientos de la infertilidad en la vaca lechera. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-10 pp. (en línea) [https://ganaderiasos.com › uploads › 2016/03](https://ganaderiasos.com/uploads/2016/03) (Consulta: 16 de junio de 2020).
- Chanaluisa, P. 2016. Evaluación de índices en producción y reproducción del hato ganadero del CADER, durante el período 2010-2015. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

- Chilpe, M. y Chuma, J. 2015. Parámetros productivos, reproductivos, manejo y sanidad en ganado lechero de las parroquias Tarqui, Cumbe y Victoria de Portete. Tesis de grado. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 190 p. (en línea) <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21435> (Consulta: 22 de agosto de 2020).
- CIL-Ecuador. 2015. La leche del Ecuador: historia de la lechería ecuatoriana. vol. 15. 192 p. (en línea) ><https://www.cilecuador.org/noticias-1>> (Consulta: 27 de noviembre de 2020).
- Clavijo, F.; Rodríguez, I.; Luis, F.; Yáñez Ortiz, I.; Godoy, A.; Garzón, J.P. y Marini, P.R. 2016. Productive and reproductive evaluation of holsteins and Brown swiss x Holstein in Ecuador. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*. 4(4). 219-223 pp. (en línea) <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4198>. (Consulta 2 de febrero de 2020).
- Coffey, E.L.; Horan, B.; Evans, R.D. y Berry, D.P. 2016. Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *J. Dairy Sci.* 99(7):5681-5689 pp. doi:10.3168/jds.2015-10530.
- Colimba, C. y Vela, D. 2011. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos de la craza bovina Montbeliarde con razas lecheras de las haciendas el Relicario y Guagrabamba en la provincia de Pichincha. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Ejercito. Sangolqui, Ecuador.
- Cooke, J; Cheng, Z; Bourne, N. y Wathes, D. 2013. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open Journal of Animal Sciences*, 3(1): 1-12 pp.
- De La Torre, R. 2006. Análisis integral de la relación reproducción - producción - economía, en rebaños bovinos lecheros en las condiciones de Camaguey. Estimación de las pérdidas económicas. Universidad de Camaguey. Cuba. 15 p.

- Dávalos, C. 2005. Caracterización de la eficiencia productiva y reproductiva de dos hatos lecheros ubicados en la provincia de Chimborazo, durante el periodo 2002 – 2003. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 111 p. (en línea) <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1846>. (Consulta: 2 octubre 2019).
- Delgado-Bernal, F.A. y Franco-Gómez, C.A. 2006. Análisis de productividad de ganado lechero Holstein y Jersey en dos fincas de la sabana de Bogotá. Tesis doctoral. Bogotá, Colombia. Facultad de administración agropecuaria. Universidad de la Salle.
- Devries, A. La duración del período seco, ¿afecta la producción de leche? Obtenido de Contexto Ganadero. (en línea) <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-duracion-del-periodo-seco-afecta-la-produccion-de-leche>. (Consulta: 23 de junio de 2017).
- Drackley, J.K. 1997. Minimizing ketosis in high producing dairy cows. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. 63-82 pp.
- Duffield T.F. 2000. Subclinical ketosis in lactating dairy cattle: Metabolic disorders of ruminants. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 16: 231-253 pp.
- Egas, J.; Shik, O.; Inurritegui, M. y De Salvo, C. 2019. Análisis de Políticas Agropecuarias en Ecuador. Vol. 676. Inter-American Development Bank. 68 p.
- Elizondro, M. 2014. Análisis de parámetros reproductivos y productivos de hatos lecheros en Chiriquí, Panamá. Tesis de grado. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- Epperson W.B. 2005. Risk factors for metabolic disease, In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne 31- 43 pp.
- Ettema, J. y Santos, J. 2004. Impact of age at first calving on lactation, reproduction, health, and income in FirstParity Holstein on Comemercial Farms. *J.Dairy Sci.* 87(8): 2730-2742 pp.

- Ferris, C.; Vance, E.; Park, R.; Hunter, B.; Mayne, S.; Mackey, D.; Kilpatrick, D. y Watson, S. 2012. A comparison of the performance of Holstein-Friesian and Jersey crossbred cows across a range of Northern Ireland milk production systems. The Northern Ireland Agricultural Research and Development Council. AgriSearch. Irlanda. 36 p.
- Fialho, A.L.; Souza-Cáceres, M.B.; Silva, W.A.L.; Arruda, E.D.S.; Kischel, H.; Ribeiro-Ferreira, M.G.C., Medeiros, C.F.; Silva, J.R.; Oliveira, M.V.M.; Ferraz, A.L.J. y Melo-Sterza, F.A. 2018. Efeito do estresse térmico calórico agudo e crônico sobre a qualidade oocitária de bovinos de raças adaptadas. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 70 (1): 64–72 pp. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9494>.
- Freire, M. 2016. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en ganaderías bovinas de la provincia de Chimborazo afiliadas a la Asociación Holstein Friesian del Ecuador. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 99 p. (en línea). <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5333>. (Consulta: 22 de noviembre de 2020).
- Fricke, P. 2004. Estrategias para optimizar el manejo reproductivo en vaquillas lecheras. Departamento de Ciencias Lácteas, Universidad de Wisconsin. Wisconsin, USA. 13 p.
- Funston, R.N.; Larson, D.M. y Vonnahme, K.A. 2010. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. *Journal of Animal Science*, 88. 205-215 pp. doi:10.2527/jas.2009-2351.
- Galarza, L.; Perea, F.; Guevara, R.; Alvarado, J. y Argudo, D. 2017. Caracterización de la fertilidad en un rebaño Holstein Neozelandés de la sierra sur del Ecuador. *Maskana*, 8, 113–116 pp. (en línea) <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1502>.
- Galvis, R. 2008. Aspectos fisiológicos del crecimiento con relación a la producción de leche. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 12 p.

- García Bouissou, R. y Gens, M. 1997. Edad al primer parto en vaquillonas Holstein: relaciones con el comportamiento productivo y reproductivo. Memorias del IV Simposio Lechero de Tandil. Ed. Estudio Ganadero Pergamino. Argentina. 33-38 pp.
- García, N.B. y De Jesús Requelme, N. 2011. Buenas prácticas de ordeño y la calidad higiénica de la leche en el Ecuador. *La Granja*, 14(2), 45-57 pp.
- Glauber, C. 2012. Production and fertility in dairy cows. Interrelationships, impacts, trends. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 29 (295): 5 p.
- Goff, J.P. 2006. Nutritional and metabolic effects on immune competence of the periparturient cow (en línea). Florida Ruminant Nutrition Symposium. Best Western Gateway Grand, Gainesville FL. (en línea) <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2006/Goff.pdf> (Consulta: 14 de diciembre de 2020).
- González-Stagnaro, C. 2001. Parámetros, cálculos e índices aplicados en la evaluación de la eficiencia reproductiva. *Reproducción Bovina*, 203-247 pp.
- Grajales, H; Hernández, A. y Prieto, E. 2006. Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. *Livestock Research for Rural Development* 18 (139). (en línea) <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/graj18139.htm> (Consulta: 13 de enero de 2018).
- Grandl, F.; Luzi, S.P.; Furger, M.; Zeitz, J.O.; Leiber, F.; Ortmann, S. y Schwarm, A. 2016. Biological implications of longevity in dairy cows: 1. Changes in feed intake, feeding behavior, and digestion with age. *J Dairy Sci*. 99 (5): 3457-3471pp. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10261>.
- Grijales, J. (13 mar. 2016). La Asociación de ganaderos de la sierra y el oriente del Ecuador. Quito, Ecuador. AGSO. (en línea) <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/produccion-lechera-mue-700-millones-al-ano.html>.

- Hare, E.; Norman, H. y Wright, J. 2006. Trends in calving age and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *Journal of dairy science* 89(1): 365-370 pp. (online) <https://bit.ly/2BFe5wr>.
- Heinrichs, A.J. y Heinrichs. B.S. 2011. A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *J. Dairy Sci.* 94. 336-341pp. doi:10.3168/jds.2010-3170.
- Hernández, A.; Ponce de León, R.; García, S.M.; García, R.; Mora, M.; Gutiérrez, M. y Guzmán, G. 2011. Parámetros genéticos en rasgos de la producción lechera y la longevidad de vacas Mambí de Cuba. *Cuba.* 60 (231): 513-520 pp. (en línea) <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300040> (consulta: 27 de febrero de 2020).
- Hernández, J.; Ortega, I.; Raigoza, G. y Montaldo H. 2006. Fertilidad y producción de leche de vacas Holstein americanas, australianas y uruguayas en estabulación. México. *Archivos de Zootecnia.* 55 (211): 289-292 pp.
- Hernández-Cerón, J. 2016. *Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros*, 1ª ed. Universidad Autónoma de México. 87 p.
- Hiss, S.; Weinkauf, C.; Hachenberg, S. y Sauerwein, H. 2009. Relationship between metabolic status and the milk concentrations of haptoglobin and lactoferrin in dairy cows during early lactation. *Journal of dairy science*, 92(9): 4439-4443 pp. (online) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030209707684>.
- Holstein Association USA, Inc., 2019. Características da la raza Holstein. 2019. (en línea) http://www.holsteinusa.com/holstein_breed/breedhistory.html Consulta: 28 de septiembre de 2020.
- Hosseini-Zadeh, G. 2013. Effects of main reproductive and health problems on the performance of dairy cows (online). *Journal of Agriculture Research*, 11(3): 718-735 pp. doi: 10.5424/sjar/2013113-4140.

- Hultgren, J.; Svensson, C. y Pehrsson, M. 2011. Rearing conditions and lifetime milk revenues in Swedish dairy cows. *Livest.Sci.* 137:108-115 pp. doi:10.1016/j.livsci.2010.10.005.
- IGM, 2018. Catálogo de datos del Instituto Geográfico Militar Ecuador (en línea) <http://www.geoportaligm.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home> (Consulta: 27 de enero de 2018).
- INEC. 2007. Sistema integrado de consultas a las investigaciones estadísticas (en línea) <http://www.inec.gob.ec/default.asp> (Consulta: 3 de enero de 2016).
- INEC. 2014. Sistema integrado de consultas a las investigaciones estadísticas (en línea) <http://www.inec.gob.ec/default.asp> (Consulta: 3 de enero de 2016)
- INEC. 2018. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Consultado 6 jun. 2018. Disponible en <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
- INFOSTAT. 2018. Software estadístico. Versión estudiantil. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=37>
- Izquierdo, A. y Gutiérrez, J. 2005. Relación reproducción-producción en vacas Holstein. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria.* 6(2): 1-4 pp. (en línea) <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612654014.pdf>
- Jorritsma, R.; Jorritsma, H.; Schukken, Y.H. y Wentink, G.H. 2000. Relationships between fatty liver and fertility and some periparturient diseases in commercial Dutch dairy herds. *Theriogenology*, 54: 1065-1074 pp. (en línea) [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00415-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00415-5).
- Juarez, J. y Marsan, C. 2013. Evaluación productiva y reproductiva de vacas Holstein, Pardo Suizo, Jersey y sus cruces en el hato lechero de Zamorano. Tesis de grado. Universidad Zamorano. Honduras. (en línea) <http://hdl.handle.net/11036/1732>.

- Kim, I.H. y Suh, G.H. 2003. Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology* 60 (8): 1445-1456 pp. (en línea) <https://bit.ly/2EeeJmf>.
- Knaus, W. 2009. Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89(7): 1107-1114 pp. (online) <https://bit.ly/2BHWtA5>.
- Kohler, P.; Alsaad, M., Dolf, G.; O'Brien, R.; Beer, G. y Steiner, A. 2015. A single prolonged milking interval of 24 h compromises the well-being and health of dairy Holstein cows. *Journal Dairy Science*, 99(11): 9080-9093 pp.
- Lagger, J. 2008. Enfermedades asociadas a la intensificación del Sistema. *Producir XXI*, Bs.As.16 (196): 45-50 pp (en línea) www.produccion-animal.com.ar.
- Lasa, D. 2015. Comportamiento productivo y reproductivo de la población de bovinos Holando argentino en las cuencas lecheras de la República Argentina. Tesina. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA. 46 p.
- León, R.; Bonifaz, N. y Gutiérrez, F. 2018. Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas. Abyayala. UPS. Quito, Ecuador. 622 pp. (en línea) <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- Lof, E.; Gustafsson, H. y Emanuelson, U. 2007. Associations between herd characteristics and reproductive efficiency in dairy herds. *J. Dairy Sci.* 90. 4897- 4907 pp.
- Long, N.; Prado-Cooper, M.; Krehbiel, C.; Desilva, U. y Wettemann, R. 2010. Effects of nutrient restriction of bovine dams during early gestation on postnatal growth, carcass and organ characteristics, and gene expression in adipose tissue and muscle. *Journal of Animal Science*, 88(10): 3251-3261 pp. doi:10.2527/jas.2009-2512.

- López Guerrero, C. 2010. Evaluación técnica y económica de un hato lechero en Tulcán, Ecuador. Tesis de grado. Universidad Zamorano. Honduras. (en línea) <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/606/1/T2957.pdf>.
- López, O.; Lamela, L. y Sánchez, T. 2003. Diagnóstico de la eficiencia reproductiva de los rebaños lecheros y factores que la afectan. *Pastos y Forrajes*. 53.(1) 1-19 pp.
- Lin, C.Y.; Mcallister, A.J.; Batra, T.R.; Lee, A.J.; Roy, G.L.; Vesely, J.A.; Wauthy, J.M. y Winter, K.A. 1986. Production and reproduction of early and late bred dairy heifers. *J Dairy Sci.* Mar;69(3):760-8. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80465-9. PMID: 3711408.
- Lucy, M. 2008. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría, Uruguay. 50-53 pp.
- Lyimo, Z.C.; Nielen M.; Ouweltjes W.; Kruip T.A. y Eerdenburg F.J. 2000. Relationship between estradiol, cortisol and intensity of estrus behavior in dairy cattle. *Theriogenology* 53: 1783-1795 pp.
- MAGAP. 2016. La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025. I Parte. Quito, Ecuador. 20 p.
- Marini, P.; Castro, R.; Frana, E. y Di Masso, R. 2015. Eficiencia biológica de biotipos lecheros de primera lactancia en sistemas a pastoreo. *Rev. Arg. Producción Animal*. 26 (2): 136-142 pp.
- Marini, P.; Charmandarian, A. y Di Masso, R. 2007. Desempeño productivo y reproductivo de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas a pastoreo (en línea). Sitio Argentino de Producción Animal. APPA-ALPA-, 1-4 pp. (en línea) <http://www.produccion\bibrangedash animal.com. ar/> (Consulta: 29 de junio de 2018).
- Marini, P.; Charmandarian, A. y Oyarzabal, M. 2001. Indicadores productivos y reproductivos de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas de pastoreo. *ALPA Com.* 9. 345-348 pp.

- Marini, P. y Di Masso, R. 2018. Evaluación histórica de indicadores productivos en vacas lecheras en sistemas a pastoreo. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. 28(2): 103-115 pp. (en línea) <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.08> (Consulta: 5 de noviembre de 2018).
- Marini, P. y Di Masso, R. 2019. Edad al primer parto e indicadores de eficiencia en vacas lecheras con diferente potencialidad productividad en sistemas a pastoreo. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 29(1): 84-96 pp. (en línea) <http://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.07> (Consulta: 17 de agosto de 2018).
- Marini, P. y Oyarzabal, M. 2002a. Patrones de producción en vacas lecheras: 1 Componentes de la producción y sus características según nivel de producción. *Rev. Arg. Producción Animal*. 22. 29-46 pp.
- Marini, P.; Charmandarian, A. y Oyarzabal, M. 2001. Indicadores productivos y reproductivos de vacas de diferentes edades al primer parto en sistemas a pastoreo. En: *ALPA Com 9*, 345-348 pp.
- Marini, P. y Oyarzabal, M. 2002b. Patrones de producción en vacas lecheras: 2 Descripción de la vaca promedio y estimación de los ingresos según categorías de producción. *Rev. Arg. Producción Animal*. 22. 47-60 pp.
- Mccarthy, S.; Horan, B.; Dillon, P.; O'connor, P.; Rath, M. y Shalloo, L. 2007. Economic comparison of divergent strains of Holstein- Friesian cows in various pasture-based production systems. *J Dairy Sci*, 90. 1493-1505 pp.
- Mohd-Nor, N.; Steeneveld, W.; Van-Werven T.; Mourits, M.C.M. y Hogeveen, H. 2013. First-calving age and first-lactation milk production on Dutch dairy farms. *J. Dairy Sci*. 96. 981-992 pp. doi:10.3168/jds.2012-574.
- Morante, B. y Trejo, R. 2003. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo de cruces raciales en 13 fincas lecheras de Honduras. Tesis de grado. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. 30 p.

- Moreno, A. 2005. Evaluación técnica y económica de la producción Animal. Universidad Nacional Agraria la Molina. 11-20 pp.
- Mulligan, F.J. y Doherty, M. 2008. Production diseases of the transition cow. The Veterinary Journal, 176(1): 3-9 pp. (en línea) <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.018>.
- Mulligan, F.J.; O'grady, L.; Rice, D.A. y Doherty, M.L. 2006. A herd health approach to dairy cow nutrition and production diseases of the transition cow. Animal Reprod. Sci. 96(3-4): 331-353 pp. (online) [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00415-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00415-5).
- Nilforooshan, M. y Edriss, M. 2004. Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. J. Dairy Sci. 87(7): 2130-2135 pp.
- Ochoa, P. 2008. Mejoramiento genético del ganado bovino productor de leche. Departamento de Genética y Bioestadística. Chihuahua, México. 75 p.
- Olivera, S. 2010. Midiendo y monitoreando la reproducción en vacas lecheras: La tasa de preñez. Boletín informativo El Poronguito ganadero. Perú. 38-42 pp.
- Orrego, J.; Delgado, A. y Echevarría, L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas Holstein en la cuenca de Lima. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 14 (1): 68-73 pp. (en línea) <https://bit.ly/2IdwXIC>.
- Ortiz, H. 2008. Evaluación reproductiva y productiva del hato lechero Holstein Friesian de la Hacienda San Luis durante el periodo 2002 - 2006. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Ortiz, S.; García T. y Morales T. 2005. Manual de manejo de bovinos productores de leche. Colegio de Posgraduados y Secretaría de la Reforma Agraria. México. 53 p.

- Pallete, A.; Sánchez, Z. y Salas, M. 2018. Características de productividad lechera de un establo de la cuenca de Cajamarca. In *Anales Científicos Universidad Nacional Agraria La Molina* 79 (2): 466-472 pp.
- Parco, A. 2017. Cambios en los sistemas agropecuarios campesinos: la Ganaderización en zonas agrícolas de Tungurahua. Tesis de grado. Universidad técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 74 p.
- PDOT. 2015. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cotopaxi 2025 (en línea) <http://app.sni.gob.ec> › sigadplusdocumentofinal
- Pirlo, G.; Miglior, F. y Speroni, M. 2000. Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs on Italian Holsteins. *Dairy Sci.*, 83: 603-608 pp. (en línea) <https://bit.ly/2X9qm5h> (Consulta: 9 de febrero de 2017).
- Pryce, J.E.; Veerkamp, R.F.; Esslemont, R.J.; Kossaibati, M.A. y Simm, G. 1997. Genetic associations amongst health and fertility traits for two UK recording schemes. (online) en http://agtr.ilri.cgiar.org/library/docs/Interbull/bulletin15_files/Docs/PRYCE.pdf (Consulta: 28 de diciembre de 2019).
- Quijano Bernal, J. y Montoya Serna, C. 2000. Comparación productiva de vacas Holstein y F1 blanco orejinerio (Bon x Holstein 1). producción y calidad de la leche. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 15 p. (en línea) <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/36451/24138-84504-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Consulta: 2 de enero de 2018).
- Quishpe, V. 2016. Propuesta de mejora en el control del proceso productivo para la asociación de productores de leche del cantón Cayambe. Caso: Capinorte. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. 189 p.
- Radcliff, R.P.; Vandehaar, M.J.; Chapin, L.T.; Pilbeam, T.E.; Beede, D.K.; Stanisiewski, E.P. y Tucker, H.A. 2000. Effects of diet and injection of bovine somatotropin on

prepubertal growth and first-lactation milk yields of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 83(1):23-29 pp.

Radostits, O. 2003. *Herd Health: food animal production medicine*. 3rd. ed. W.B. Saunders Company, Pensilvania, U.S.A. W.B. Saunders Company. 884 p. (online) www.revistas.una.ac.cr/index.php.

Restrepo, P.; Velásquez, J. y Calvache, I. 2013. Comparación de parámetros productivos y reproductivos en vacas primerizas Holstein y Holstein X Rojo Sueco en tres hatos de la sabana de Bogotá. *Revista Ciencia Animal*. 67-75 pp.

Revelo, L. 2018. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos de la cruce bovina Montbeliarde con Holstein en la hacienda El Prado, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Ejercito. Quito, Ecuador.

Reyes, F. 2010. *Manejo de la ganadería lechera*, Islas de Paz, Edit. Graf. Hernández. Ecuador. 54 p.

Risco, C. 2005. Eficiencia reproductiva del ganado lechero. *Producción Animal*. College of Veterinary Medicine University of Florida, Gainesville. 16 (162): 42-49 pp.

Roca, A. 2012. Influencia de la raza sobre el rendimiento del ganado vacuno lechero. Centro de Investigaciones Agrarias Mabegondo (CIAM), Coruña. *Rev. Albeitar*, España, 154 (20).

Roche, J.R.; Kay, J.K.; Friggens, N.C.; Loor, J.J. y Berry, D.P. 2013. Assessing and managing body condition score for the prevention of metabolic disease in dairy cows *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 29 (2): 323-336 pp. (online) <https://bit.ly/2GuI920> (Consulta: 18 de enero de 2019).

Rodríguez, L.; Clavijo, F.; Llangarí, P. y Godoy, A. 2013. Manejo de pasturas para pequeños y medianos productores en la sierra centro del Ecuador. INIAP. Quito, Ecuador. (98): 22 pp.

- Rodríguez-Martínez H.; Hultgren, J.; Bage, R.; Bergqvist, A.S.; Svensson, C.; Bergsten, C.; Lidfors, L.; Gunnarsson, S.; Algers, B.; Emanuelson, U.; Berglund, B.; Andersson, G.; Haard, M.; Lindhé, B.; Stalhammar, H. y Gustafsson, H. 2009. Reproductive performance in high-producing dairy cows: Can we sustain it under current practice? Available at [http:// www.ivis.org/](http://www.ivis.org/), 1-23 pp.
- Rodríguez, V.A.; Omar, V.; Berbin, W. y Rodríguez, M. 1998. El gen y formación del ganado tipo Yaracal. Comportamiento productivo y reproductivo. In Astro Data. SA. ed. Mejora de la ganadería mestiza doble propósito. Maracaibo, Venezuela. 121-134 pp.
- Saborío-Montero, A. y Sánchez, J.M. 2013. Prevalencia y factores de riesgo relacionados con la cetosis clínica y subclínica tipo I y II en un hato de vacas Jersey en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 37(2): 17-19 pp.
- Salamanca, A. 2008. Evaluación de los parámetros productivos y reproductivos de una explotación de doble propósito en el municipio de Arauca (en línea). <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/parametros-productivos-y-reproductivos-de-ganado-doble-proposito-t27501.htm> (Consulta: 26 de enero de 2019).
- Salazar, A. y Cochet, H. 2016. Haciendas y campesinos lecheros en el Carchi (Andes húmedos del norte del Ecuador): dinámica productiva y comparación de los resultados técnicos y económicos. *Revista de geografía agrícola, Universidad Autónoma Chapingo*. 7-25 pp. {10.5154/r.rga.2016.57.005}. {hal-01549076}.
- Salazar-Carranza, M.; Castillo-Badilla, G.; Murillo-Herrera, J.; Hueckmann-Voss, F. y Romero-Zúñiga, J.J. 2013. Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2): 233-243 pp.
- Seegers, H.; Beaudeau, F.; Fourichon, C. y Bareille, N. 1998. Reasons for culling in French Holstein cows. *Prev Vet Med*. 36(4): 257-71. doi: 10.1016/s0167-5877(98)00093-2. PMID: 9820887.

- Snyder, M. 2007. La recría de vaquillonas en el negocio del tambo. Décimo Congreso Nacional de Lechería. Estudio Ganadero Pergamino, Argentina. 70-74 pp.
- Snyder, M.; Aacrea Andere, C.; Rubio, N.; Larsen, M. y Casanova, D. 2013. Situación de la recría de vaquillonas de reposición en los tambos argentinos. Nuestra Holanda. 628. 27-30 pp.
- Solarte, C. y Zambrano, G. 2012. Characterization and genetic evaluation of Holstein cattle in Nariño, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, ISSN-e 0120-0690. 25 (4): 539-547 pp.
- Summers, A.F. y Funston, R.N. 2013. Fetal programming: implications for beef cattle production. United States, University of Nebraska. 1-13 pp.
- Torres Gutiérrez, X. 2018. Estudio de la producción de la industria láctea del cantón Cayambe, en el período 2009-2015. Tesis de maestría. Universidad Andina Simón Bolívar. Quito, Ecuador.
- Tsuruta, S.; Misztal, I y Lawlor, T.J. 2005. Changing definition of productive life in US Holsteins: effect on genetic correlations. Journal of Dairy Science 88: 1156-1165 pp.
- Van Amburgh, M.E.; Galton, D.M.; Bauman, D.E.; Everett, R.W.; Fox, D.G.; Chase, L.E. y Erb, H.N. 1998. Effects of Three Prepubertal Body Growth Rates on Performance of Holstein Heifers During First Lactation. J. Dairy Sci. 81 (2): 527-538 pp. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75604-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75604-8)
- Valchev, V.; Marinov, I. y Angelova, T. 2020. Relationship Between Age at First Calving and Longevity and Productive Life in Holstein Cows. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 68(5): 867–874 pp.
- Valencia, F. 2009. Estimación de los valores genéticos de la hacienda San Marcos para la implementación de un programa de inseminación artificial. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

- Vallone, R.; Camiletti, E.; Exner, M.; Mancuso, W. y Marini, P. 2016. Análisis productivo y reproductivo de vacas lecheras Holstein, Pardo Suizo y sus cruizas en un sistema a pastoreo. *Revista veterinaria*, 25 (1): 40-44 pp.
- Vargas, B.; Marín, Y. y Romer, J. 2012. Comparación bioeconómica de grupos raciales Holstein, Jersey y Holstein x Jersey en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2): 329-342 pp. doi: 10.15517/amy.23i2.6533
- Vargas, J.C.; Robalino, T.; Quinteros, R.; Frana, E.; Quevedo, V.; Barbona, I.; García, R.; Marini, P. y Echeverría, P. 2015. Criterios de eficiencia biológica en vacas lecheras (en línea). *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 3(1). (en línea) http://revistas.proeditio.com/REVISTA_MAZONICA/article/view/188 (Consulta: 18 de octubre de 2018).
- Vásquez-García, V. 2015. Ganado menor y enfoque de género: Aportes teóricos y metodológicos. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(4): 515–531 pp.
- Veerkamp, R.F.; Windig, J.J.; Calus, M.P.L.; Ouweltjes, W.; De Haas, Y. y Beerda, B. 2009. Selection for high production in dairy cattle. In: RAUW, W. Resource allocation theory applied to farm animal production. CABI. Wallingford, Oxfordshire. UK. 5 p.
- Velásquez, J. 2012. Análisis de los Parámetros e Índice de Eficiencia Reproductiva en la Raza Holstein del Ecuador. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. (en línea) <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2099/1/17T01124.pdf>. (Consulta: 8 de octubre de 2020).
- Vélez, M.; Hincapié J.; Matamoros, I. y Santillán, R. 2006. Producción de ganado lechero en el trópico. 4 ed. Zamorano Academic Press. 320 p.
- Veloz, M. 2008. Estimación de valores genéticos en bovinos de leche en la Estación Agroturística Tunshi para recomendar un programa de inseminación artificial. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

- Ventura, M.; Darling, E.; Martínez, R. y Melvin, O. 2002. Evaluación productiva y reproductiva de dos hatos lecheros en el Valle del Yeguaré. Tesis de grado. Universidad Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras.
- Viera, J. 2007. Planificación del Manejo del Pastoreo con el Rebaño Lactante del CADET. Tumbaco-Pichincha. Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 66 p.
- Vitullo, M.; Sarramone, C.G. y Dick, A. 2016. Análisis de distintas variables productivas y reproductivas, en relación con la edad al parto en vaquillonas Holando argentino/Holstein. 1-62 pp. (en línea) <http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/751>. (Consulta: 10 de noviembre de 2018).
- Waldron, M.R. y Revelo, X. 2008. Causes and effects of periparturient immunosuppression. Western Canadian Dairy Seminar. Adv Dairy Technol, 20: 97-109 pp.
- Warwick, E.J. y Legates J. 1980. Cría y mejora del ganado, 3ed, México: McGraw- Hill. 623p.
- Wattianux, M. y Terry, W. 1999. Esenciales Lecheras. Nutrición, alimentación, reproducción, selección genética, lactancia y ordeño, Crianza de terneras y novillas. The Babcock for International Dairy Research and Development University of Wisconsin. Madison, Wisconsin, USA. 50 p.
- Weigel, K. 2006. Prospects for improving reproductive performance through genetic selection. Animal Reproduction Science, 96 (3-4): 323-330 pp.
- Windig, J.J.; Calus, M.; Beerda, B. y Veerkamp, R.F. 2006. Genetic correlations between milk production and health and fertility depending on herd environment. J Dairy Sci. 89. 1765-1775 pp.

Zambrano, J.C.; Rincón, J.C. y Echeverri, J.J. 2014. Genetic parameters for production and reproduction traits in Colombian Holstein and Jersey cattle. *Archivos de Zootecnia*, 63(243): 495-506 pp.

Zhunaula, A. 2010. Estudio de los sistemas de producción bovina lechera en las comunidades Jembuentza, Guayacanes, Cunguintza y Nuevo Porvenir del cantón Yacuambi. Propuesta De Desarrollo Participativo. Tesis de grado. Universidad de Loja. Loja, Ecuador.

Zavadilová, L. y Štípková, M. 2013. Effect of age at first calving on longevity and fertility traits for Holstein cattle. *Czech J. Anim. Sci*, 58 (2): 47-57 pp.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de varianza de parámetros productivos de vacas Holstein en sistemas a pastoreo.

Producción de leche (PL)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PL	3024	0,04	0,04	33,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-
valor					
Modelo.	569761950,26	11	51796540,93	12,68	
<0,0001					
PROCEDENCIA	2343415,86	1	2343415,86	0,57	
0,4489					
GRUPO GENÉTICO	9704861,93	2	4852430,97	1,19	
0,3050					
EPOCA	22923330,06	1	22923330,06	5,61	
0,0179					
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	3244512,93	2	1622256,46	0,40	
0,6723					
PROCEDENCIA*EPOCA	12433300,58	1	12433300,58	3,04	
0,0812					
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	8027871,14	2	4013935,57	0,98	
0,3745					
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	18580934,58	2	9290467,29	2,27	
0,1031					
Error	12304982394,23	3012	4085319,52		
Total	12874744344,49	3023			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=168,15562

Error: 4085319,5200 gl: 3012

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.	
1	5810,99	2289	260,19	A
2	5391,57	735	488,86	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=747,38518

Error: 4085319,5200 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
1	6016,64	2776	47,01	A
2	5846,09	217	409,08	A
3	4941,12	31	721,45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=164,45105

Error: 4085319,5200 gl: 3012

EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	6257,19	786	362,16	A
1	4945,37	2238	418,95	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interacción de la producción de leche(PL)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2257,70039

Error: 4085319,5200 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
1	2	6363,54	205	237,88	A
1	1	6349,91	2056	52,46	A
2	1	5683,36	720	78,03	A
2	2	5328,63	12	782,81	A
2	3	5162,70	3	1237,74	A
1	3	4719,54	28	741,58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=335,37963

Error: 4085319,5200 gl: 3012

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	2	6530,53	278	523,51	A
1	2	5983,85	508	500,59	B
1	1	5638,14	1781	142,13	C
2	1	4252,60	457	825,76	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1906,90841

Error: 4085319,5200 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	2	6778,32	30	391,41	A
1	2	6393,29	752	77,08	A
1	1	5639,98	2024	53,85	A B
3	2	5599,94	4	1010,61	A B
2	1	4913,85	187	718,46	A B
3	1	4282,30	27	1029,86	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4443,67885

Error: 4085319,5200 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
1	1	2	6812,53	486	91,68	A
2	2	2	6811,42	10	639,17	A
2	3	2	6806,10	2	1429,22	A
1	2	2	6745,23	20	451,96	A
1	2	1	5981,84	185	148,60	A
2	1	2	5974,06	266	123,93	A
1	1	1	5887,29	1570	51,01	A
2	1	1	5392,66	454	94,86	A
1	3	1	5045,30	26	396,39	A
1	3	2	4393,79	2	1429,22	A
2	2	1	3845,85	2	1429,22	A
2	3	1	3519,30	1	2021,22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Producción de leche ajustada a 305 días (PLA 305)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PLA 305	3020	0,12	0,12	24,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-
valor					
Modelo.	682791460,99	11	62071951,00	36,78	
<0,0001					
PROCEDENCIA	14056573,28	1	14056573,28	8,33	
0,0039					
GRUPO GENÉTICO	1858415,15	2	929207,57	0,55	
0,5766					
EPOCA	28065910,47	1	28065910,47	16,63	
<0,0001					
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	4885581,03	2	2442790,51	1,45	
0,2353					
PROCEDENCIA*EPOCA	616923,54	1	616923,54	0,37	
0,5455					
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	2718955,25	2	1359477,62	0,81	
0,4469					
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	4732210,14	2	2366105,07	1,40	
0,2462					
Error	5075782128,91	3008	1687427,57		
Total	5758573589,91	3019			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=108,24468

Error: 1687427,5695 gl: 3008

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.	
1	5882,70	2288	167,22	A
2	4855,45	732	314,19	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=480,33813

Error: 1687427,5695 gl: 3008

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
1	5496,80	2772	30,26	A
3	5384,35	31	463,66	A
2	5226,08	217	262,91	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=105,75880

Error: 1687427,5695 gl: 3008

EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	6094,84	785	232,76	A
1	4643,31	2235	269,26	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Interacción de la producción de leche ajustada a 305 días (PLA 305)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1451,00438

Error: 1687427,5695 gl: 3008

PROCEDENCIA GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
----------------------------	--------	---	------

1	3	6253,68	28	476,61	A	
1	1	5706,88	2055	33,72	A	B
1	2	5687,53	205	152,88	A	B
2	1	5286,71	717	50,25	A	B
2	2	4764,63	12	503,10		B
2	3	4515,01	3	795,48		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=215,84100

Error: 1687427,5695 gl: 3008

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.		
1	2	6716,06	508	321,72	A	
2	2	5473,61	277	336,46		B
1	1	5049,33	1780	91,35		C
2	1	4237,29	455	530,71		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1225,55004

Error: 1687427,5695 gl: 3008

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.			
3	2	6236,11	4	649,51	A		
2	2	6028,93	30	251,55	A	B	
1	2	6019,47	751	49,60	A	B	
1	1	4974,12	2021	34,67		B	C
3	1	4532,58	27	661,88			C
2	1	4423,24	187	461,75			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2855,90775

Error: 1687427,5695 gl: 3008

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.		
1	3	2	7703,53	2	918,54	A	
1	1	2	6233,87	486	58,92	A	B
1	2	2	6210,79	20	290,47	A	B
2	2	2	5847,07	10	410,78	A	B
2	1	2	5805,08	265	79,80	A	B
1	1	1	5179,89	1569	32,79	A	B
1	2	1	5164,28	185	95,51	A	B
1	3	1	4803,83	26	254,76		B
2	3	2	4768,69	2	918,54		B
2	1	1	4768,35	452	61,10		B
2	3	1	4261,33	1	1299,01		B
2	2	1	3682,20	2	918,54		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Producción de leche por día (LD)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LD	3020	0,12	0,12	24,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		7401,84	11	672,89	37,15	<0,0001
PROCEDENCIA		151,64	1	151,64	8,37	0,0038

GRUPO GENÉTICO	19,50	2	9,75	0,54	0,5837
EPOCA	302,35	1	302,35	16,69	<0,0001
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	51,84	2	25,92	1,43	0,2392
PROCEDENCIA*EPOCA	6,50	1	6,50	0,36	0,5491
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	28,63	2	14,31	0,79	0,4538
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	50,66	2	25,33	1,40	0,2471
Error	54479,97	3008	18,11		
Total	61881,81	3019			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35463

Error: 18,1117 gl: 3008

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.	
1	19,29	2288	0,55	A
2	15,91	732	1,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,57367

Error: 18,1117 gl: 3008

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
1	18,01	2772	0,10	A
3	17,65	31	1,52	A
2	17,14	217	0,86	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34648

Error: 18,1117 gl: 3008

EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	19,98	785	0,76	A
1	15,22	2235	0,88	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interacción de la producción de leche por día (LD)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,75374

Error: 18,1117 gl: 3008

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.		
1	3	20,50	28	1,56	A	
1	1	18,71	2055	0,11	A	B
1	2	18,65	205	0,50	A	B
2	1	17,31	717	0,16	A	B
2	2	15,62	12	1,65		B
2	3	14,80	3	2,61		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70713

Error: 18,1117 gl: 3008

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.		
1	2	22,02	508	1,05	A	
2	2	17,95	277	1,10		B
1	1	16,56	1780	0,30		C

2 1 13,88 455 1,74 D
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,01511

Error: 18,1117 gl: 3008

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.			
3	2	20,45	4	2,13	A		
2	2	19,77	30	0,82	A	B	
1	2	19,74	751	0,16	A	B	
1	1	16,29	2021	0,11		B	C
3	1	14,86	27	2,17			C
2	1	14,50	187	1,51			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,35645

Error: 18,1117 gl: 3008

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.			
1	3	2	25,26	2	3,01	A		
1	1	2	20,44	486	0,19	A	B	
1	2	2	20,36	20	0,95	A	B	
2	2	2	19,17	10	1,35	A	B	
2	1	2	19,03	265	0,26	A	B	
1	1	1	16,98	1569	0,11	A	B	
1	2	1	16,93	185	0,31	A	B	
1	3	1	15,75	26	0,83		B	
2	3	2	15,63	2	3,01		B	
2	1	1	15,60	452	0,20		B	
2	3	1	13,97	1	4,26		B	
2	2	1	12,08	2	3,01		B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Duración de lactancia (DL)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DL	3016	0,01	0,01	26,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	374514,45	11	34046,77	4,04	<0,0001
PROCEDENCIA	6329,86	1	6329,86	0,75	0,3862
GRUPO GENÉTICO	9792,41	2	4896,20	0,58	0,5595
EPOCA	2063,99	1	2063,99	0,24	0,6207
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	20410,56	2	10205,28	1,21	0,2981
PROCEDENCIA*EPOCA	31016,54	1	31016,54	3,68	0,0552
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	1721,84	2	860,92	0,10	0,9029
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	50420,31	2	25210,16	2,99	0,0504
Error	25319263,35	3004	8428,52		
Total	25693777,80	3015			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,65532

Error: 8428,5164 gl: 3004

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.
2	345,48	731	22,21 A
1	323,68	2285	11,82 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=33,94792**

Error: 8428,5164 gl: 3004

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
2	351,57	217	18,58 A
1	341,18	2768	2,14 A B
3	310,98	31	32,77 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,48549**

Error: 8428,5164 gl: 3004

EPOCA	Medias	n	E.E.
1	340,80	2234	19,03 A
2	328,35	782	16,45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Interacción de la duración de lactancia (DL)****Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=102,54937**

Error: 8428,5164 gl: 3004

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
2	2	351,87	12	35,56 A
2	3	351,65	3	56,22 A
1	2	351,27	205	10,80 A
1	1	349,46	2052	2,39 A
2	1	332,91	716	3,56 A
1	3	270,31	28	33,68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,27382**

Error: 8428,5164 gl: 3004

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.
2	2	363,38	276	23,78 A
1	1	354,03	1779	6,46 A
2	1	327,57	455	37,51 B
1	2	293,33	506	22,74 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=86,61593**

Error: 8428,5164 gl: 3004

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.
2	1	365,23	187	32,63 A
1	1	349,04	2020	2,45 A
2	2	337,90	30	17,78 A
1	2	333,32	748	3,51 A
3	2	313,83	4	45,90 A
3	1	308,12	27	46,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=201,84084

Error: 8428,5164 gl: 3004

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.		
2	3	2	429,50	2	64,92	A	
1	2	1	366,90	185	6,75	A	B
2	2	1	363,57	2	64,92	A	B
1	1	1	352,74	1568	2,32	A	B
1	1	2	346,18	484	4,17	A	B
2	1	1	345,35	452	4,32	A	B
1	3	1	342,45	26	18,00	A	B
2	2	2	340,17	10	29,03	A	B
1	2	2	335,63	20	20,53	A	B
2	1	2	320,47	264	5,65	A	B
2	3	1	273,80	1	91,81	A	B
1	3	2	198,17	2	64,92		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2: Análisis de varianza de parámetros reproductivos de vacas Holstein en sistemas a pastoreo.

Edad al primer parto (EPP)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EPP	3024	0,01	0,01	14,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	513954,02	11	46723,09	2,53	0,0036
PROCEDENCIA	35478,88	1	35478,88	1,92	0,1662
GRUPO GENÉTICO	244556,25	2	122278,13	6,61	0,0014
EPOCA	11746,15	1	11746,15	0,63	0,4257
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	174651,53	2	87325,77	4,72	0,0090
PROCEDENCIA*EPOCA	40612,46	1	40612,46	2,19	0,1386
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	7986,91	2	3993,46	0,22	0,8059
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	27227,04	2	13613,52	0,74	0,4792
Error	55731484,10	3012	18503,15		
Total	56245438,13	3023			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,31674

Error: 18503,1488 gl: 3012

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.
1	929,70	2289	17,51 A
2	878,09	735	32,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=50,29841

Error: 18503,1488 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
1	967,43	2776	3,16 A
2	889,11	217	27,53 B
3	855,15	31	48,55 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,06742

Error: 18503,1488 gl: 3012

EPOCA	Medias	n	E.E.
2	918,75	786	24,37 A
1	889,05	2238	28,20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interacción de la edad al primer parto (EPP)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=151,94140

Error: 18503,1488 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
2	1	973,53	720	5,25	A
1	2	967,97	205	16,01	A
1	1	961,33	2056	3,53	A B
1	3	859,81	28	49,91	A B
2	3	850,50	3	83,30	A B
2	2	810,25	12	52,68	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=22,57078

Error: 18503,1488 gl: 3012

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.	
1	1	942,46	1781	9,57	A
2	2	920,55	278	35,23	A B
1	2	916,94	508	33,69	B
2	1	835,64	457	55,57	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=128,33338

Error: 18503,1488 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
1	2	971,64	752	5,19	A
1	1	963,23	2024	3,62	A
2	2	909,10	30	26,34	A B
3	2	875,50	4	68,01	A B
2	1	869,12	187	48,35	A B
3	1	834,81	27	69,31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=299,05597

Error: 18503,1488 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	1	2	982,65	266	8,34	A
1	2	1	970,74	185	10,00	A
1	2	2	965,20	20	30,42	A
2	1	1	964,42	454	6,38	A
1	1	1	962,03	1570	3,43	A
1	1	2	960,63	486	6,17	A
2	3	2	926,00	2	96,19	A
1	3	1	894,62	26	26,68	A
2	2	2	853,00	10	43,02	A
1	3	2	825,00	2	96,19	A
2	3	1	775,00	1	136,03	A
2	2	1	767,50	2	96,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Intervalo entre partos (IPP)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IPP	3024	0,01	0,01	18,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		301541,81	11	27412,89	3,50	0,0001
PROCEDENCIA		2613,26	1	2613,26	0,33	0,5636
GRUPO GENÉTICO		50046,91	2	25023,46	3,19	0,0411
EPOCA		2078,76	1	2078,76	0,27	0,6065
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..		9487,93	2	4743,97	0,61	0,5458
PROCEDENCIA*EPOCA		72,78	1	72,78	0,01	0,9232
GRUPO GENÉTICO*EPOCA		17989,38	2	8994,69	1,15	0,3173
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..		32255,41	2	16127,71	2,06	0,1277
Error		23591360,24	3012	7832,46		
Total		23892902,05	3023			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,36287

Error: 7832,4569 gl: 3012

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.
1	475,61	2289	11,39 A
2	461,61	735	21,41 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=32,72506

Error: 7832,4569 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
2	508,86	217	17,91 A
1	473,60	2776	2,06 B
3	423,36	31	31,59 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interacción del intervalo entre partos (IPP)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,20067

Error: 7832,4569 gl: 3012

EPOCA	Medias	n	E.E.
1	474,86	2238	18,34 A
2	462,36	786	15,86 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=98,85583

Error: 7832,4569 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
2	2	518,30	12	34,28 A
1	2	499,43	205	10,42 A
1	1	482,68	2056	2,30 A

2	1	464,52	720	3,42	A	B
1	3	444,73	28	32,47	A	B
2	3	402,00	3	54,20		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,68496

Error: 7832,4569 gl: 3012

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.		
1	1	480,69	1781	6,22	A	
1	2	470,54	508	21,92	A	
2	1	469,02	457	36,16	A	
2	2	454,19	278	22,92		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=83,49603

Error: 7832,4569 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.		
2	1	538,15	187	31,46	A	
2	2	479,58	30	17,14	A	B
1	1	477,94	2024	2,36	A	B
1	2	469,27	752	3,37	A	B
3	2	438,25	4	44,25		B
3	1	408,48	27	45,09		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=194,57124

Error: 7832,4569 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.		
2	2	1	581,00	2	62,58	A	
1	2	2	503,55	20	19,79	A	B
1	2	1	495,30	185	6,51	A	B
1	1	1	482,81	1570	2,23	A	B
1	1	2	482,56	486	4,01	A	B
2	1	1	473,07	454	4,15	A	B
1	3	1	463,96	26	17,36	A	B
2	1	2	455,98	266	5,43	A	B
2	2	2	455,60	10	27,99	A	B
2	3	2	451,00	2	62,58	A	B
1	3	2	425,50	2	62,58	A	B
2	3	1	353,00	1	88,50		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Periodo de seca (PS)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PS	3024	0,02	0,01	63,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		195620,44	11	17783,68	4,57	<0,0001
PROCEDENCIA		14659,06	1	14659,06	3,76	0,0524
GRUPO GENÉTICO		2070,85	2	1035,42	0,27	0,7665

EPOCA	16897,16	1	16897,16	4,34	0,0373
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	30209,77	2	15104,88	3,88	0,0208
PROCEDENCIA*EPOCA	5340,10	1	5340,10	1,37	0,2417
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	17835,43	2	8917,72	2,29	0,1014
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	3380,60	2	1690,30	0,43	0,6479
Error	11728282,70	3012	3893,85		
Total	11923903,14	3023			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,19144

Error: 3893,8522 gl: 3012

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.
1	113,20	2289	8,03 A
2	80,03	735	15,09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=23,07391

Error: 3893,8522 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
1	102,13	2776	1,45 A
2	94,25	217	12,63 A
3	93,47	31	22,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,07707

Error: 3893,8522 gl: 3012

EPOCA	Medias	n	E.E.
2	114,42	786	11,18 A
1	78,81	2238	12,93 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interacción del periodo de seca (PS)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=69,70164

Error: 3893,8522 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
1	3	128,43	28	22,89 A
1	2	115,05	205	7,34 A B
2	1	108,14	720	2,41 A B
1	1	96,13	2056	1,62 A B
2	2	73,45	12	24,17 A B
2	3	58,50	3	38,21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,35412

Error: 3893,8522 gl: 3012

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.
1	2	141,02	508	15,45 A
2	2	87,83	278	16,16 B
1	1	85,38	1781	4,39 B
2	1	72,23	457	25,49 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=58,87170

Error: 3893,8522 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.		
3	2	132,13	4	31,20	A	
2	2	109,51	30	12,08	A	B
1	1	102,63	2024	1,66	A	B
1	2	101,64	752	2,38	A	B
2	1	78,99	187	22,18	A	B
3	1	54,81	27	31,79		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=137,18903

Error: 3893,8522 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.		
1	3	2	190,25	2	44,12	A	
1	2	2	134,62	20	13,95	A	B
2	1	1	111,20	454	2,93	A	B
2	1	2	105,08	266	3,83	A	B
1	1	2	98,20	486	2,83	A	B
1	2	1	95,48	185	4,59	A	B
1	1	1	94,06	1570	1,57	A	B
2	2	2	84,40	10	19,73	A	B
2	3	2	74,00	2	44,12	A	B
1	3	1	66,61	26	12,24	A	B
2	2	1	62,50	2	44,12	A	B
2	3	1	43,00	1	62,40		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Número de partos (NP)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° PARTOS	3024	0,06	0,06	43,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		519,88	11	47,26	18,17	<0,0001
PROCEDENCIA		2,62	1	2,62	1,01	0,3161
GRUPO GENÉTICO		4,07	2	2,03	0,78	0,4577
EPOCA		14,03	1	14,03	5,39	0,0203
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..		1,05	2	0,53	0,20	0,8165
PROCEDENCIA*EPOCA		1,10	1	1,10	0,42	0,5158
GRUPO GENÉTICO*EPOCA		2,45	2	1,22	0,47	0,6250
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..		2,61	2	1,30	0,50	0,6057
Error		7835,42	3012	2,60		
Total		8355,29	3023			

Test: Waller Duncan Alfa=0,05 DMS=0,13418

Error: 2,6014 gl: 3012

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.	
2	3,70	743	0,39	a
1	3,25	2306	0,21	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Waller Duncan Alfa=0,05 DMS=0,59640

Error: 2,6014 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
1	3,72	2798	0,04	A

2	3,36	220	0,33	A
3	3,36	31	0,58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Waller Duncan Alfa=0,05 DMS=0,13123

Error: 2,6014 gl: 3012

EPOCA	Medias	n	E.E.	
1	3,99	2238	0,33	A
2	2,96	786	0,29	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Interacción del número de partos (NP)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,80159

Error: 2,6014 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
2	1	3,94	720	0,06	A
2	3	3,75	3	0,99	A
1	1	3,49	2056	0,04	A
2	2	3,40	12	0,62	A
1	2	3,32	205	0,19	A
1	3	2,96	28	0,59	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26763

Error: 2,6014 gl: 3012

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	1	4,35	457	0,66	A
1	1	3,62	1781	0,11	B
2	2	3,04	278	0,42	C
1	2	2,89	508	0,40	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,52167

Error: 2,6014 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
3	1	4,21	27	0,82	A
1	1	4,17	2024	0,04	A
2	1	3,59	187	0,57	A B
1	2	3,26	752	0,06	A B
2	2	3,13	30	0,31	A B
3	2	2,50	4	0,81	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,54596

Error: 2,6014 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	3	1	5,00	1	1,61	A
2	1	1	4,56	454	0,08	A
1	1	1	3,77	1570	0,04	A
1	2	1	3,68	185	0,12	A
2	2	1	3,50	2	1,14	A
1	3	1	3,42	26	0,32	A
2	1	2	3,32	266	0,10	A
2	2	2	3,30	10	0,51	A
1	1	2	3,21	486	0,07	A

1	2	2	2,95	20	0,36	A
1	3	2	2,50	2	1,14	A
2	3	2	2,50	2	1,14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 3: Análisis de regresión de las vacas Holstein Ecuatorianas: Producción de leche ajustada a 305 días y edad al primer parto, intervalo entre partos, período de seca, número de partos y duración de lactancia (PLA 305 y EPP, IPP, PS, NP, DL).

Selección de términos escalonada
 α a entrar = 0.15, α a retirar = 0.15

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	5325613742	5325613742	556897.05	0.000
LD	1	5325613742	5325613742	556897.05	0.000
Error	2762	26413042	9563		
Falta de ajuste	2761	26413042	9566	*	*
Error puro	1	0	0		
Total	2763	5352026784			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
97.7907	99.51%	99.51%	99.51%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	14.00	7.39	1.89	0.058	
LD	304.308	0.408	746.26	0.000	1.00

Ecuación de regresión

$$\text{PLA 305} = 14.00 + 304.308 \text{ LD}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	PLA 305	Ajuste	Resid	Resid est.	
35	1887.1	1896.8	-9.7	-0.10	X
53	1923.5	1933.1	-9.6	-0.10	X
178	8528.7	8523.4	5.3	0.05	X
185	8812.5	8806.5	6.0	0.06	X
196	8506.1	8500.9	5.3	0.05	X
198	8830.1	8824.1	6.0	0.06	X
199	9128.7	9122.0	6.7	0.07	X
222	9201.0	9194.1	6.9	0.07	X

339	2227.8	2236.8	-8.9	-0.09	X
404	2166.2	2175.2	-9.1	-0.09	X
540	2118.3	2127.5	-9.2	-0.09	X
590	2166.2	2175.2	-9.1	-0.09	X
598	1375.7	1386.6	-10.9	-0.11	X
604	2074.3	2083.6	-9.3	-0.10	X
614	2181.7	2190.8	-9.1	-0.09	X
656	1486.9	1497.5	-10.6	-0.11	X
843	2233.6	2242.5	-8.9	-0.09	X
882	8705.5	8699.7	5.7	0.06	X
1016	8822.3	8816.3	6.0	0.06	X
1291	8771.0	8765.1	5.9	0.06	X
1362	1689.1	1699.3	-10.2	-0.10	X
1464	9034.8	9028.3	6.5	0.07	X
1477	8576.0	8570.5	5.4	0.06	X
1478	8483.3	8478.1	5.2	0.05	X
1486	8897.8	8891.6	6.2	0.06	X
1534	8590.2	8584.7	5.5	0.06	X
1540	8481.4	8476.2	5.2	0.05	X
1571	9775.4	9767.2	8.2	0.08	X
1574	8591.3	8585.8	5.5	0.06	X
1578	9379.0	9371.8	7.3	0.07	X
1581	9728.5	9720.4	8.1	0.08	X
1590	9731.8	9723.7	8.1	0.08	X
1613	8645.4	8639.8	5.6	0.06	X
1618	8694.1	8688.4	5.7	0.06	X
1637	8477.4	8472.2	5.2	0.05	X
1642	8959.7	8953.4	6.3	0.06	X
1643	9608.7	9600.9	7.8	0.08	X
1652	8725.6	8719.8	5.8	0.06	X
1656	9068.8	9062.3	6.6	0.07	X
1677	8887.4	8881.3	6.2	0.06	X
1681	9379.9	9372.6	7.3	0.07	X
1695	9264.8	9257.8	7.0	0.07	X
1765	10427.2	10417.6	9.6	0.10	X
1820	10083.5	10074.6	8.9	0.09	X
1828	8805.1	8799.1	6.0	0.06	X
1829	9093.2	9086.5	6.6	0.07	X
1834	8485.0	8479.7	5.2	0.05	X
1855	8899.6	8893.5	6.2	0.06	X

1874	8531.5	8526.2	5.3	0.05	X
1875	9652.3	9644.4	7.9	0.08	X
1877	9423.2	9415.8	7.4	0.08	X
1884	8911.5	8905.3	6.2	0.06	X
1887	8773.2	8767.3	5.9	0.06	X
1904	9070.1	9063.5	6.6	0.07	X
1945	8524.6	8519.3	5.3	0.05	X
2011	9119.6	9112.9	6.7	0.07	X
2017	8829.5	8823.5	6.0	0.06	X
2028	8588.9	8583.4	5.5	0.06	X
2032	8908.4	8902.2	6.2	0.06	X
2033	8520.4	8515.0	5.3	0.05	X
2042	9041.3	9034.8	6.5	0.07	X
2044	8522.0	8516.7	5.3	0.05	X
2045	9063.9	9057.4	6.6	0.07	X
2046	9178.3	9171.5	6.8	0.07	X
2050	8136.2	3000.5	5135.8	52.55	R
2059	1936.0	1945.6	-9.6	-0.10	X
2151	9038.9	9032.4	6.5	0.07	X
2179	1682.7	1692.9	-10.2	-0.10	X
2184	2166.5	2175.6	-9.1	-0.09	X

Residuo grande R

X poco común X

Anexo 4: Análisis de Correlación de la producción de leche ajustada a 305 días con los parámetros reproductivos (EPP, IPP, PS, NP)

		PLA	EPP	IPP	PS	NP
PLA	Correlación de Pearson	1	,121**	-,166**	-,077*	,096**
	Sig. (bilateral)		,001	,000	,039	,010
	N	720	720	720	720	720
EPP	Correlación de Pearson	,121**	1	-,059	,093*	-,069
	Sig. (bilateral)	,001		,116	,012	,065
	N	720	720	720	720	720
IPP	Correlación de Pearson	-,166**	-,059	1	,271**	-,093*
	Sig. (bilateral)	,000	,116		,000	,012
	N	720	720	720	720	720
PS	Correlación de Pearson	-,077*	,093*	,271**	1	-,019
	Sig. (bilateral)	,039	,012	,000		,613
	N	720	720	720	720	720
NP	Correlación de Pearson	,096**	-,069	-,093*	-,019	1
	Sig. (bilateral)	,010	,065	,012	,613	
	N	720	720	720	720	720

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Anexo 5. Análisis de varianza del Índice de leche (IL) de vacas Holstein en sistemas a pastoreo.

Análisis de la varianza

Índice de leche (IL)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IL	3024	0,03	0,02	38,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	815,62	11	74,15	7,10	<0,0001
PROCEDENCIA	9,41	1	9,41	0,90	0,3425
GRUPO GENÉTICO	20,09	2	10,05	0,96	0,3822
EPOCA	8,17	1	8,17	0,78	0,3765
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	1,71	2	0,85	0,08	0,9214
PROCEDENCIA*EPOCA	5,22	1	5,22	0,50	0,4794
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	17,48	2	8,74	0,84	0,4329
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	23,93	2	11,97	1,15	0,3180
Error	31444,33	3012	10,44		
Total	32259,94	3023			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26881

Error: 10,4397 gl: 3012

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.	
2	7,26	735	0,78	A
1	8,10	2289	0,42	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,19474

Error: 10,4397 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.		
3	6,87	31	1,15	A	
2	7,87	217	0,65	A	B
1	8,30	2776	0,08		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26289

Error: 10,4397 gl: 3012

EPOCA	Medias	n	E.E.	
1	7,29	2238	0,67	A
2	8,07	786	0,58	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,60908

Error: 10,4397 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
2	3	6,78	3	1,98	A
1	3	6,97	28	1,19	A
2	2	7,26	12	1,25	A
2	1	7,75	720	0,12	A
1	2	8,49	205	0,38	A
1	1	8,84	2056	0,08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,53613

Error: 10,4397 gl: 3012

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	1	6,56	457	1,32	A
2	2	7,96	278	0,84	B
1	1	8,02	1781	0,23	B
1	2	8,18	508	0,80	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,04832**

Error: 10,4397 gl: 3012

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
3	2	6,64	4	1,62	A
2	1	6,77	187	1,15	A
3	1	7,11	27	1,65	A
1	1	7,99	2024	0,09	A
1	2	8,61	752	0,12	A
2	2	8,97	30	0,63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,10352**

Error: 10,4397 gl: 3012

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	2	1	5,30	2	2,28	A
1	3	2	6,53	2	2,28	A
2	3	2	6,75	2	2,28	A
2	3	1	6,80	1	3,23	A
1	3	1	7,41	26	0,63	A
2	1	1	7,57	454	0,15	A
2	1	2	7,93	266	0,20	A
1	2	1	8,24	185	0,24	A
1	1	1	8,41	1570	0,08	A
1	2	2	8,74	20	0,72	A
2	2	2	9,21	10	1,02	A
1	1	2	9,28	486	0,15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 6. Análisis de varianza del Índice de leche acumulada (ILA) de vacas Holstein en sistemas a pastoreo.

Índice de leche acumulada (ILA)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ILA	3020	0,11	0,10	24,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6492,97	11	590,27	32,97	<0,0001
PROCEDENCIA	60,06	1	60,06	3,36	0,0671
GRUPO GENÉTICO	10,62	2	5,31	0,30	0,7434
EPOCA	214,61	1	214,61	11,99	0,0005
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	14,69	2	7,35	0,41	0,6634
PROCEDENCIA*EPOCA	5,35	1	5,35	0,30	0,5847
GRUPO GENÉTICO*EPOCA	8,69	2	4,34	0,24	0,7846
PROCEDENCIA*GRUPO GENÉTICO..	6,89	2	3,45	0,19	0,8249
Error	53848,98	3008	17,90		
Total	60341,95	3019			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35224

Error: 17,9019 gl: 3008

PROCEDENCIA	Medias	n	E.E.	
2	16,25	734	1,02	A
1	18,37	2286	0,54	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,56453

Error: 17,9019 gl: 3008

GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.	
3	16,53	31	1,51	A
1	17,69	2772	0,10	A
2	17,72	217	0,86	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34490

Error: 17,9019 gl: 3008

EPOCA	Medias	n	E.E.	
1	15,30	2238	0,88	A
2	19,32	782	0,76	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,72612

Error: 17,9019 gl: 3008

PROCEDENCIA GRUPO GENÉTICO	Medias	n	E.E.
----------------------------	--------	---	------

2	3	14,53	3	2,59	A
2	1	17,05	719	0,16	A
2	2	17,18	12	1,64	A
1	2	18,26	205	0,50	A
1	1	18,33	2053	0,11	A
1	3	18,53	28	1,55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70310

Error: 17,9019 gl: 3008

PROCEDENCIA	EPOCA	Medias	n	E.E.		
2	1	14,56	457	1,73	A	
1	1	16,05	1781	0,30		B
2	2	17,94	277	1,10		C
1	2	20,70	505	1,05		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,99182

Error: 17,9019 gl: 3008

GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.		
3	1	13,94	27	2,16	A	
2	1	15,89	187	1,50	A	B
1	1	16,08	2024	0,11	A	B
3	2	19,11	4	2,12		B
1	2	19,29	748	0,16		B
2	2	19,55	30	0,82		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,30211

Error: 17,9019 gl: 3008

PROCEDENCIA	GRUPO GENÉTICO	EPOCA	Medias	n	E.E.	
2	3	1	12,90	1	4,23	A
1	3	1	14,98	26	0,83	A
2	2	1	15,30	2	2,99	A
2	1	1	15,48	454	0,20	A
2	3	2	16,15	2	2,99	A
1	2	1	16,48	185	0,31	A
1	1	1	16,69	1570	0,11	A
2	1	2	18,62	265	0,26	A
2	2	2	19,05	10	1,34	A
1	1	2	19,97	483	0,19	A
1	2	2	20,04	20	0,95	A
1	3	2	22,08	2	2,99	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)