

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

Caracterización de la concentración de hemoglobina y hierro en vacas gestantes y sus descendientes en el hato de ganado lechero de Zamorano

Estudiantes

Patricia Abigail Girón Paiz

Walter Omar Wong Arauz

Asesores

Marielena Moncada, Ph.D.

John Jairo Hincapie, D.Sc.

Honduras, julio 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figura.....	5
Índice de Anexo.....	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos	12
Resultados y Discusión.....	15
Conclusiones	25
Recomendaciones.....	26
Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figura.....	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos	13
Ubicación	13
Duración del Estudio	13
Animales Utilizados.....	13
Protocolos	13
Manejo de la Vaca.....	13
Manejo del Ternero	13
Exámenes de Sangre	14

	4
Parámetros Utilizados.....	14
Variables Analizadas	14
Hierro Sérico ($\mu\text{g/dL}$).....	14
Hemoglobina (g/dL)	14
Calidad de Calostro (mg/mL)	15
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	15
Resultados y Discusión.....	16
Valores de Hierro y Hemoglobina en Vacas y sus Descendientes en el Hato de Ganado Lechero de Zamorano.....	16
Calidad de Calostro	17
Peso Vivo al Nacimiento	17
Altura de la Cruz.....	18
Correlación de los Valores Hematológicos en Vacas y sus Descendientes.....	19
Modelo Matemático para la Estimación de Niveles de Hierro en Terneros.....	20
Concentración de Hemoglobina, Hierro, e Inmunoglobulinas Totales en Calostro en Vacas y Hemoglobina, Hierro en Terneros	21
Valores Hematológicos Considerando Número de Lactancia.....	23
Comparación de Valores Hematológicos Entre Terneros Machos y Hembras	23
Comparación de los Valores Hematológicos en Terneros con Relación a Número de Lactancias	24
Conclusiones	25
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	27
Anexos.....	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Valores medios, mínimos y máximos de hemoglobina (g/dL), hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$) e inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL), peso al nacimiento (kg) y altura a la cruz al nacimiento (cm) para vacas y terneros Jersey.....	18
Cuadro 2 Valores medios, mínimos y máximos de hemoglobina (g/dL), hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$) e inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL), peso al nacimiento (kg) y altura a la cruz al nacimiento (cm) para vacas y terneros Pardo suizo	19
Cuadro 3 Valores medios, mínimos y máximos de hemoglobina (g/dL), hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$) e inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL), peso al nacimiento (kg) y altura a la cruz al nacimiento (cm) para vacas y terneros Holstein	19
Cuadro 4 Correlación de Pearson entre la concentración de hemoglobina y hierro en terneros Holstein	20
Cuadro 5 Concentración de hemoglobina, hierro e inmunoglobulinas totales en calostro en vacas y hemoglobina, hierro, peso vivo y altura de la cruz en terneros	22
Cuadro 6 Concentración de hemoglobina y hierro de vacas lecheras de acuerdo con el número de lactancias.....	23
Cuadro 7 Concentración de hemoglobina y hierro de terneros considerando el sexo	24
Cuadro 8 Valores hematológicos de terneros con relación al número de lactancias de la madre	24

Índice de Figura

Figura 1 Regresión polinómica entre el hierro y hemoglobina en terneros Holstein.....	21
---	----

Índice de Anexos

Anexo A Extracción de muestra de vacas de la vena coccígea	30
Anexo B Extracción de muestra de terneros de la vena yugular	31
Anexo C Almacenamiento de muestras en sus respectivos tubos de almacenamiento	32
Anexo D Uso de centrifuga para obtener suero sanguíneo de las muestras de tubo de pared lisa.....	33
Anexo E Obtención de suero sanguíneo	34
Anexo F Proceso realizado en laboratorio para obtener resultados de hemoglobina y hierro sérico .	35
Anexo G Medición de calidad de calostro haciendo uso del calostrómetro	36
Anexo H Pesaje del recién nacido	37
Anexo I Medición de la altura de cruz del recién nacido	38
Anexo J Resultados obtenidos para la raza Jersey.....	39
Anexo K Resultados obtenidos para la raza Pardo Suizo	40
Anexo L Resultados obtenidos para la raza Holstein	41

Resumen

El hierro desempeña varios procesos biológicos y celulares, por eso se han buscado alternativas para la suplementación de este mineral para obtener el requerimiento en sangre. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia que tienen los valores hematológicos de hemoglobina y hierro sérico en vacas gestantes y sus respectivos descendientes en el hato de la Unidad de Ganado Lechero de la Universidad Zamorano. Además, encontrar el grado de correlación que existe entre los valores hematológicos y la transferencia a las crías. Se utilizaron 26 vacas de las razas Holstein, Jersey, Pardo Suizo y sus encastes, y sus descendientes. Se tomaron muestras tres días antes del parto y a los terneros al nacimiento sin previo consumo de alimento y aplicación de medicación preventiva para evaluar los niveles de hierro y hemoglobina. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), estadística descriptiva para conocer los rangos de hierro y hemoglobina, además, se hizo un análisis de varianza de clasificación simple con la Dócima de Duncan para determinar diferencia de medias, utilizando el Software estadístico SPSS versión 23.0. Se realizó una correlación de Pearson, la cual solo fue significativa para terneros de la raza Holstein en los factores hemoglobina y hierro, presentando un valor de 0.755. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en la variable hierro en vacas para la raza Holstein y en terneros para las tres razas evaluadas. El número de lactancias de las vacas no afectó su concentración de hemoglobina y hierro, ni tampoco la de sus terneros.

Palabras claves: Ternero neonato, transferencia placentaria, valores hematológicos.

Abstract

Iron plays a role in several biological and cellular processes; therefore, alternatives have been sought for the supplementation of this mineral to obtain the requirement in blood. The objective of this study was to evaluate the influence of hematological values of hemoglobin and serum iron in pregnant cows and their respective offspring in the Dairy Cattle Unit of Zamorano University. In addition, to find the degree of correlation that exists between hematological values and transfer to the offspring, 26 cows of the Holstein, Jersey and Brown Swiss breeds and their offspring were used. Samples were taken three days before calving and from calves at birth without previous feed intake and application of preventive medication to evaluate iron and hemoglobin levels. A completely randomized block design (CRB), descriptive statistics was used to determine the iron and hemoglobin ranges, in addition, an analysis of variance of simple classification with Duncan's test was performed to determine the difference of means, using SPSS statistical software version 23.0. A Pearson correlation was performed, which was only significant for calves of the Holstein breed for hemoglobin and iron, presenting a value of 0.755. Differences ($P \leq 0.05$) were found in the iron variable in cows for the Holstein breed and in calves for the three breeds evaluated. The number of lactations of the cows did not affect their hemoglobin and iron concentration, nor that of their calves.

Keywords: Hematological values, neonatal calf, placental transfer.

Introducción

La producción lechera bovina proporciona una fuente importante de alimentos, especialmente en forma de leche y productos lácteos, que son una parte fundamental de la dieta de muchas personas en todo el mundo. La leche es una fuente rica en nutrientes, como proteínas, calcio, vitaminas y minerales, y desempeña un papel crucial en la nutrición humana (FAO 2013). A consecuencia de esto se logra observar el impacto que tiene la producción de leche de vaca a nivel mundial siendo este el principal producto del sector lácteo globalmente ya que como indica Orús (2023), en el 2022 a nivel mundial se produjeron 544.2 millones de toneladas. Es de aquí donde radica la importancia de un buen sistema de levante de terneros, ya que de esa producción se obtendrán todos los reemplazos para la producción láctea. Un buen sistema de crianza artificial de terneros debe de estar enfocados en garantizar la adecuada nutrición de los terneros para que estos puedan desarrollarse de la mejor manera y poder expresar todo su potencial genético. Esto expresado a su vez por Arjona y Pittí (2021), que mencionan que la productividad de un hato va a depender del manejo y nutrición que se le dé a los animales desde el primer día de nacidos.

Los protocolos de levante de terneros utilizados en la unidad de ganado lechero de Zamorano están principalmente enfocados en brindar los nutrientes y minerales esenciales que las vacas no son capaces de proveer, ya que los terneros son separados de sus madres al momento de nacer. En consecuencia, se alimenta a los terneros con calostro proveyendo de esta manera la primera barrera inmunológica y todos los nutrientes y minerales que necesitan para un correcto desarrollo (Heinrichs 2016).

Sin embargo, la leche y el calostro no cuentan con niveles necesarios para la suplementación total del hierro (Andrieu y Hellen 2009); el hierro es un mineral de vital importancia ya que participa en varias actividades metabólicas como lo son el transporte de oxígeno, la transferencia de electrones y la síntesis de ADN en animales como menciona (Ježek et al. 2009). Considerando esto, ha habido una búsqueda de alternativas para proveer una dosis complementaria de hierro, siendo una de ellas

las inyecciones que son aplicadas al momento que el ternero llega a la ternera. De acuerdo a Atyabi et al. (2006) la absorción de hierro en los terneros inicia con el suministro de forraje, por lo que es necesario buscar una suplementación alternativa antes de los 60 días de edad. A pesar de que los productores han encontrado diferentes alternativas para suministrar una dosis adicional de hierro a los terneros, esto no ha sido suficiente para lograr suplir las demandas de hierro en la sangre, siendo los rangos normales para este mineral en la sangre van desde 67.58 a 197 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Hinostroza 2019). Páez et al. (2013) mencionan que la deficiencia de hierro significa una baja de este mineral en el hígado, riñones y bazo; generando diferentes problemáticas principalmente en la síntesis de mioglobina y hemoglobina, y aumento de la glicólisis anaeróbica. Esto ha sido consecuencia del desconocimiento relacionado a que la anemia que presentan algunos terneros al nacimiento se debe a una patología o a que las vacas no transmiten a su descendencia durante la gestación.

Esto es una problemática primordial para corregir, debido a que la anemia del ternero puede tener repercusiones en el correcto crecimiento y desempeño de este. Investigaciones realizadas por Mohri et al. (2010) y Völker y Rotermund (2000) mencionan que un bajo consumo de hierro aumenta la utilización de la glucosa dependiente de insulina reduciendo la respuesta de ésta a la hormona del crecimiento, teniendo como consiguiente un efecto negativo a la respuesta de la hormona del crecimiento en el sistema, reflejándose en la reducción de ganancia de peso animal vivo, retraso en el crecimiento y aumento de susceptibilidad a enfermedades.

Hay que considerar el factor económico, ya que este también puede presentar un incremento debido a la adquisición de productos comerciales de hierro, porque pueden representar un incremento de hasta el 10% de los costos totales de los protocolos de levante de terneros (Elizondo Salazar y Vargas Ramírez 2015).

El presente estudio busca evaluar la influencia que tienen los valores hematológicos de hemoglobina y hierro sérico en vacas gestantes y de sus respectivos descendientes en el hato de la Unidad de Ganado Lechero de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Además, encontrar el grado de correlación que existe entre los valores hematológicos y la transferencia a las crías.

Materiales y Métodos

Ubicación

El estudio se realizó en la unidad de Ganado Lechero secciones ordeño y terneros de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La ubicación tiene una altura de 800 msnm, una precipitación anual de 1100 mm y una temperatura promedio de 26 °C.

Duración del Estudio

El estudio se llevó a cabo de enero-abril de 2023. Iniciando el 18 de enero del presente año y finalizando el 8 de abril del mismo año.

Animales Utilizados

Se tomó un total de 26 vacas gestantes de las tres razas principales del hato de la Unidad de ganado lechero (Jersey, Holstein, Pardo Suizo y sus encastes) y sus descendientes teniendo en cuenta la raza y número de partos.

Protocolos

Manejo de la Vaca

Se realizó una muestra de sangre tres días antes de la fecha estimada de parto, utilizando como guía la calendarización obtenida en el programa de registros VAMPP de la Unidad de ganado lechero. Se identificaron las vacas en el grupo de prontas a parir, posteriormente se movilizaron a la manga de seguridad para realizar la extracción de 3 mL de sangre para el examen de hierro sérico y de 3 mL para análisis de concentración de hemoglobina (ambas muestras de la vena coccígea) y su debida identificación con marcadores de color. Además, se realizó una muestra de calidad de calostro de cada vaca utilizada en este.

Manejo del Ternero

Una vez nacido el ternero en la sección de ordeño, específicamente en la sala de partos, este se movilizó a la sección de crianza de terneros, donde se le realizaron las extracciones de sangre para

los exámenes de concentración de hemoglobina y hierro sérico (ambas muestras de la vena yugular) y se registró el peso, género y altura de la cruz.

Exámenes de Sangre

Hemoglobina: la muestra se tomó en tubos con anticoagulante (EDTA K3). Se requiere una muestra de 3 mL por animal.

Hierro: para esta muestra se requiere suero; la muestra se tomó en tubos con activador de coágulo (estos vienen con una gelatina en el fondo del tubo que acelera el proceso de coagulación de la sangre), y tubos sin aditivos se necesitan 3 mL de sangre completa, y al separar el suero se envió la mayor parte de este.

Ambas muestras, sangre completa (para hemoglobina) y el suero (para hierro) se guardaron en refrigeración a 4 °C por 96 horas.

Parámetros Utilizados

En las vacas se tomaron como parámetros la raza y número de lactancias siendo estas 0 lactancias, de 1 a 2 y 3 o más, en los terneros se utilizó la raza, peso, altura de la cruz y género.

Variables Analizadas

Hierro Sérico ($\mu\text{g/dL}$)

La evaluación se hizo a través de análisis de laboratorio, previamente extrayendo el plasma del resto del coágulo, el cual es separado luego de este ser sometido a un proceso de centrifugación por cinco minutos a una velocidad de 1500 revoluciones.

Hemoglobina (g/dL)

La evaluación se hizo a través de análisis de laboratorio, utilizando la muestra de sangre del tubo EDTA K3 (tapón morado) que contiene Etilendiaminotetraacético para evitar la coagulación de la muestra.

Calidad de Calostro (mg/mL)

Este parámetro fue medido con ayuda del calostrómetro el cual nos da la unidad en mg/mL de inmunoglobulinas. Para clasificarlos por calidad, fueron separados en tres rangos, 1 para inferior con un porcentaje de 25-50 mg/mL, 2 para moderado con un porcentaje de 51-100 mg/mL y 3 para superior con un porcentaje de 101-125 mg/mL.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) tomando en cuenta como tratamientos la raza y número de lactancias, se realizaron los bloqueos en busca de que cada raza contará los tres grupos de lactancias siendo este primerizas, de uno a dos partos y tres o más partos. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANDEVA) de clasificación simple. Se utilizó la prueba Kolmogorov Smirnov para evaluar la normalidad de los datos y la prueba Barlett para la uniformidad de estos entre grupos, en los casos necesarios se empleó la Dócima de Duncan para determinar las diferencias de medias. Se realizó un análisis de correlación de Pearson y regresión lineal para encontrar posible asociación y dependencia de los parámetros evaluados. Además, se realizó una prueba t de Student para comparar las medias y encontrar las diferencias entre sexo de los terneros. Para el análisis de todos estos resultados se utilizó el Software estadístico SPSS versión 23.1.

Resultados y Discusión

Valores de Hierro y Hemoglobina en Vacas y sus Descendientes en el Hato de Ganado Lechero de Zamorano

En los Cuadros 1, 2 y 3 se presentan los datos mínimos y máximos para los valores de hierro y hemoglobina para la muestra de vacas y sus descendientes de las razas Jersey, Holstein y Pardo Suizo estudiadas. Según Rave y Trheebilcock (1980), el rango normal de hemoglobina en bovinos es de 8 a 15 g/dL, logrando confirmar que los datos analizados en el hato de ganado lechero de Zamorano se encuentran dentro de rangos similares. En vacas Jersey se halló un rango de 8.77 a 16.90 con una media de 11.00 g/dL, en las vacas Pardo Suizo se halló un rango de 8.40 a 13.30 con una media de 10.46 g/dL y en vacas Holstein se halló un rango de 9.57 a 14.70 con una media de 10.67 g/dL.

Palacios y Narvárez (2018), mencionan que los valores de hemoglobina en terneros son de 5.7 g/dL a 12.8 g/dL, teniendo como resultados para la raza Jersey en el hato de la unidad 6.0 g/dL a 11.02 g/dL como media de 8.77 g/dL, en la raza Pardo Suizo 7.28 g/dL a 12.04 g/dL como media 10.00 g/dL y en raza Holstein el rango fue de 6.51 g/dL a 13.55 g/dL y con una media de 9.153 g/dL; logrando encontrar una relación en los resultados analizados, a excepción del valor máximo de hemoglobina en los terneros de raza Holstein siendo este ligeramente mayor.

Respecto a los niveles de hierro, en un estudio realizado en Brasil, Paiano et al. (2019), indican que los rangos de hierro en sangre en bovinos son de 50 a 250 g/dL, comparando los valores con los obtenidos en el estudio, encontramos una diferencia en los valores mínimos y una ligera variación en los valores máximos, para vacas Jersey se tienen valores de 99.10 ug/dL a 191.04 ug/dL con una media de 147.54 ug/dL, para las vacas Pardo Suizo valores de 88.30 a 198.11 ug/dL con una media de 141.83 ug/dL y en raza Holstein 117.61 a 200.30 ug/dL con una media de 160.47 ug/dL. Hinostroza (2019), menciona que los niveles de hierros normales en terneros son de 12.1 a 35.6 $\mu\text{mol/L}$, obteniendo como resultados al analizar las muestras que para la raza Jersey en terneros 10.66 $\mu\text{mol/L}$ a 30.15 $\mu\text{mol/L}$ con una media de 18.80 $\mu\text{mol/L}$, 18.72 $\mu\text{mol/L}$ a 43.51 $\mu\text{mol/L}$ en terneros Pardo Suizo con

una media de 25.68 $\mu\text{mol/L}$, 10.15 $\mu\text{mol/L}$ a 45.46 $\mu\text{mol/L}$ en terneros Holstein con una media de 24.16 $\mu\text{mol/L}$. Para realizar la conversión de unidades de $\mu\text{g/dL}$ a $\mu\text{mol/L}$, se utilizó el factor de conversión de 0.179, multiplicando el dato de $\mu\text{g/dL}$ por 0.179, obteniendo el resultado en $\mu\text{mol/L}$.

Calidad de Calostro

La calidad del calostro en el ganado lechero es un factor importante para la salud y el crecimiento de los terneros. Según un estudio realizado por Strong et al. (2015), la calidad del calostro se puede medir por su contenido de inmunoglobulinas (IgG), y se considera de buena calidad cuando tiene un contenido de IgG superior a 50 g/L. Otro estudio realizado por Quigley et al. (2013), establecen que el rango ideal de concentración de IgG en el calostro debe ser entre 50 y 100 g/L. Además, se ha demostrado que los terneros que reciben calostro con una concentración de IgG inferior a 10 g/L tienen mayor riesgo de mortalidad y enfermedades, mientras que los que reciben calostro con una concentración de IgG entre 10 y 50 g/L tienen una mayor probabilidad de contraer enfermedades y menor capacidad para crecer adecuadamente (Godden et al. 2012). Por lo tanto, es importante que los productores de ganado lechero monitoreen la calidad del calostro y aseguren que los terneros reciban una cantidad adecuada de calostro de alta calidad para garantizar su salud y crecimiento.

En los Cuadros 1, 2 y 3 se presentan los rangos encontrados en el hato de ganado lechero de Zamorano, los cuales fueron medidos haciendo uso de un calostrómetro, obteniendo los resultados que se encuentran dentro del rango ya que para las razas Jersey fue de 60 a 120 con una media de 87.78, en Pardo Suizo de 50 a 110 con una media de 86.25 y Holstein 70 a 100 con una media de 86.11, expresado en concentración de Inmunoglobulinas (mg/mL) totales.

Peso Vivo al Nacimiento

Según Mejía (2017), el rango de peso al nacimiento ideal para razas pequeñas es de 25-30 kg (Jersey) y para razas grandes es de 40-45 kg (Holstein y Pardo Suizo) para los datos de peso vivo en Jersey que se presentan en el Cuadro 1 se encuentra una variación con lo que es el peso mínimo ya

que este tiene un valor de 14.09 kg, el peso máximo se encuentra dentro del parámetro establecido con un valor de 30 kg, además de presentar una media de 24.50 kg. En los datos del Cuadro 2 correspondiente a la raza Pardo Suizo se encuentra una diferencia en el valor mínimo, el cual tiene un valor de 29.09 kg y una ligera variación del valor máximo con un valor de 50 kg, presentando una media de 37.84 kg, con respecto al Cuadro 3 correspondiente a la raza Holstein se encontró una ligera variación en el valor mínimo que es de 30.45 kg, el valor máximo de 40.91 kg se encuentra dentro de los parámetros establecidos y cuenta con una media de 35.45 kg.

Altura de la Cruz

Según un estudio realizado por Landa (2013), el valor promedio de altura de cruz al nacimiento es de 78.7 cm en terneros en el hato de ganado lechero de Zamorano lo cual presentó ligeras variaciones al ser evaluado entre razas. En el Cuadro 1, se describen los valores de altura de la cruz para terneros Jersey, donde el valor mínimo fue de 53.3 cm y máximo de 73.7 cm con una media de 66.5 cm. En el Cuadro 2, se describe el mismo parámetro para la raza Pardo Suizo, con un mínimo de 71.1 cm, máximo de 88.9 y media de 77.8 cm. En el Cuadro 3, correspondiente a la raza Holstein, se obtuvo un mínimo de 68.6 cm, máximo de 83.8 y una media de 77.5 cm.

Cuadro 1

Valores medios, mínimos y máximos de hemoglobina (g/dL), hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$) e inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL), peso al nacimiento (kg) y altura a la cruz al nacimiento (cm) para vacas y terneros Jersey

	Indicadores				
	Mínimo	Máximo	Media	SD	CV (%)
Vaca					
Hemoglobina (g/dL)	8.77	16.90	11.00	2.55	23.16
Hierro ($\mu\text{g/dL}$)	99.10	191.04	147.54	32.13	21.78
Inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL)	60.00	120.00	87.78	19.86	22.62
Terneros					
Hemoglobina (g/dL)	6.00	11.02	8.77	1.64	18.70
Hierro ($\mu\text{g/dL}$)	59.56	168.44	105.00	31.06	29.58
Peso vivo al nacimiento(kg)	14.09	30.00	24.50	4.78	19.53
Altura de la cruz al nacimiento (cm)	53.32	73.67	66.50	2.25	8.59

Nota. SD: Desviación estándar; CV: Coeficiente de Variación

Cuadro 2

Valores medios, mínimos y máximos de hemoglobina (g/dL), hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$) e inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL), peso al nacimiento (kg) y altura a la cruz al nacimiento (cm) para vacas y terneros Pardo suizo

	Indicadores				
	Mínimo	Máximo	Media	SD	CV (%)
Vaca					
Hemoglobina (g/dL)	8.40	13.30	10.46	1.78	16.98
Hierro ($\mu\text{g/dL}$)	88.30	198.11	141.83	38.52	27.16
Inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL)	50.00	110.00	86.25	24.46	28.36
Terneros					
Hemoglobina (g/dL)	7.28	12.04	10.00	1.78	17.78
Hierro ($\mu\text{g/dL}$)	104.59	243.10	143.46	43.47	30.30
Peso vivo al nacimiento (kg)	29.09	50.00	37.84	6.29	16.63
Altura de la cruz al nacimiento (cm)	71.12	88.93	77.86	2.12	6.99

Nota. SD: Desviación estándar; CV: Coeficiente de Variación

Cuadro 3

Valores medios, mínimos y máximos de hemoglobina (g/dL), hierro sérico ($\mu\text{g/dL}$) e inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL), peso al nacimiento (kg) y altura a la cruz al nacimiento (cm) para vacas y terneros Holstein

	Indicadores				
	Mínimo	Máximo	Media	SD	CV (%)
Vaca					
Hemoglobina (g/dL)	9.57	14.70	10.67	1.62	15.22
Hierro ($\mu\text{g/dL}$)	117.61	200.30	160.47	26.98	16.81
Inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL)	70.00	110.00	86.11	14.95	17.36
Terneros					
Hemoglobina (g/dL)	6.51	13.55	9.15	1.96	21.44
Hierro ($\mu\text{g/dL}$)	56.74	254.00	134.95	65.48	48.52
Peso vivo al nacimiento (kg)	30.45	40.91	35.45	3.53	9.95
Altura de la cruz al nacimiento (cm)	68.58	83.81	77.47	1.94	6.35

Nota. SD: Desviación estándar; CV: Coeficiente de Variación

Correlación de los Valores Hematológicos en Vacas y sus Descendientes

No hubo correlación entre los valores de hemoglobina y hierro entre las vacas de las diferentes razas y sus crías, únicamente se encontró correlación entre la hemoglobina y hierro en los terneros Holstein, con un valor de 0.775 (Cuadro 4). Esto explica que a mayor nivel de hemoglobina que tenga esta raza, mayor será su nivel de hierro y viceversa; lo cual es apoyado por Eisa y Elgebaly

(2010) y Mohri et al. (2010), donde explican que en bovinos con bajo niveles de hemoglobina al nacimiento y al tener bajas suplementación de hierro, se acentúa la deficiencia de este metabolito. Se requieren futuras investigaciones sobre cada raza para poder comprender a mayor detalle el comportamiento de cada raza.

Cuadro 4

Correlación de Pearson entre la concentración de hemoglobina y hierro en terneros Holstein

Indicador	Hierro-ternero
Hemoglobina-ternero	0.775*

Nota. Correlación es significativa a partir de $P \leq 0.05$

Modelo Matemático para la Estimación de Niveles de Hierro en Terneros

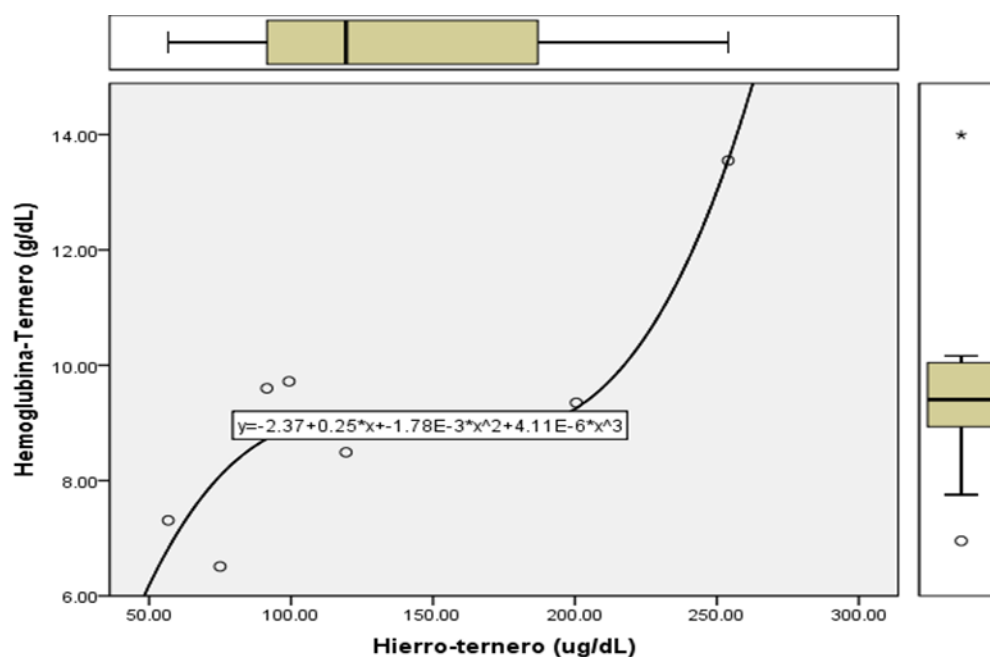
La Figura 1 muestra la relación que existe entre el hierro y la hemoglobina en los terneros de raza Holstein, el cual es un modelo de regresión polinómica simple, el cual permite determinar un valor de hierro aproximado a partir del valor de la hemoglobina para determinar si este se encuentra dentro de la media, puesto que, como menciona Mohri et al. (2004), los requerimientos de hierro en los rumiantes no están bien establecidos y la mayoría de las recomendaciones son estimados. La fórmula consta de la constante cúbica, la cual tiene un valor de -84.293 y la constante b1, la cual tiene un valor de 23.15 y el valor de hemoglobina que es brindado por los análisis. Este modelo matemático brinda un 85% de confiabilidad debido a que el valor de r^2 es de 0.854, y como indica IBM (2023), el r^2 mide lo que un modelo de regresión se ajusta a los datos reales, tratándose de una medida de la precisión general del modelo. Cabe resaltar que la importancia de este modelo matemático es reducir los costos en futuros análisis de hierro sérico en el hato de ganado lechero específicamente en terneros de raza Holstein ya que el costo total de los análisis por ternero es de US\$ 12.62, mientras que realizar un análisis de Hemoglobina tiene un costo de US\$ 2.44 por animal, brindando el dato necesario para poder realizar la predicción del nivel de hierro para conocer si se encuentra dentro del

nivel de la media y de esta manera determinar si es necesaria una suplementación de hierro. La estimación de hierro se calculó con la fórmula 1:

$$Fe = -84.293 + 23.15 \times \text{grupo Hemo}; R^2 \quad [1]$$

Figura 1

Regresión polinómica entre el hierro y hemoglobina en terneros Holstein



Concentración de Hemoglobina, Hierro, e Inmunoglobulinas Totales en Calostro en Vacas y Hemoglobina, Hierro en Terneros

En el Cuadro 5, se muestra las diferencias de medias entre los niveles de hierro y hemoglobina en la muestra estudiada de las diferentes razas presentes en el hato de ganado lechero de Zamorano, de vacas y terneros. Se presentó diferencias ($P \leq 0.05$) para la raza Pardo suizo. Según Ballina (2010), la raza Pardo suizo son vacas con una alta resistencia a condiciones de trópico, por ende, presenta menos problemas reproductivos. Las temperaturas tropicales de la ubicación del estudio afectan el metabolismo y la habilidad materna, así mismo, como menciona Castaño et al. (2014), el estrés calórico reduce la eficiencia de la habilidad materna y el metabolismo en los rumiantes. Esto se puede relacionar con el hecho de que las vacas Pardo Suizo al no tener una alta susceptibilidad al estrés

calórico tengan una mejor transferencia de hierro hacia sus terneros. Esto también explica el hecho de que a pesar de que las vacas Holstein presentan el nivel más alto de hierro, el de sus terneros no sea el más alto debido al estrés calórico que llegan a sufrir. Con relación al nivel de hierro en los terneros raza Jersey se puede enlazar a que es el nivel más bajo con el hecho de que genéticamente esta raza tiene un metabolismo basal bajo como menciona Delgado y Franco (2006). Un metabolismo basal bajo significa que el procesamiento de nutrientes será más lento e incluso como menciona Payne et al. (1973) el origen de la vaca y la producción de leche afectan el metabolismo directamente teniendo un efecto en la concentración de minerales en la sangre principalmente de la que se encuentra en la yugular. Para los niveles de calostro no se encontraron diferencias significativas. Resultados que concuerdan con los encontrados por Quigley et al. (2013), quienes mencionan que el rango ideal de inmunoglobulinas presentes en el calostro debe ser entre 50 y 100 mg/mL, esto expresado en porcentaje es un rango de 50-140 mg/mL apoyado en el uso del calostrómetro. La calidad del calostro cabe resaltar se logra con un buen manejo de la vaca en el período seco y una nutrición de calidad.

Cuadro 5

Concentración de hemoglobina, hierro e inmunoglobulinas totales en calostro en vacas y hemoglobina, hierro en terneros

	Indicadores				
	Jersey	Pardo Suizo	Holstein	EE±	Valor de P
Vaca					
Hemoglobina (g/dL)	11.00	10.46	10.67	0.68	0.859
Hierro (µg/dL)	147.54 ^b	141.83 ^b	160.47 ^a	10.87	0.048
Inmunoglobulinas totales en calostro (mg/mL)	87.78	86.25	86.11	6.64	0.981
Terneros					
Hemoglobina (g/dL)	8.77 ^b	10.06 ^a	9.15 ^{ab}	0.06	0.034
Hierro (µg/dL)	105.00 ^c	143.46 ^a	134.95 ^b	5.30	0.020

Nota. ab Medias en filas con letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Valores Hematológicos Considerando Número de Lactancia

El número de lactancias está relacionado con la edad, esto quiere decir que a mayor número de lactancias mayor será la edad, debido a que se espera que una vaca tenga un parto por año. Esto debido a que el periodo de gestación promedio varía entre 280-285 días. No se encontró diferencia ($P > 0.05$) para los parámetros de hierro y hemoglobina relacionado con número de lactancias (Cuadro 8). Estos resultados son similares a lo mencionado por Meneses et al. (1980), quienes resaltan que la hemoglobina y el hematocrito tienden a estabilizarse después del año de edad y que los mismos decaen aproximadamente a los 5-6 años de edad.

Cuadro 6

Concentración de hemoglobina y hierro de vacas lecheras de acuerdo con el número de lactancias

Parámetro	Indicadores					EE±	Valor de P
	Primera lactancia	Segunda lactancia	Tercera lactancia	Cuarta lactancia	Más de cinco lactancias		
Hemoglobina (g/dL)	10.19	11.25	11.03	11.48	9.26	0.70	0.480
Hierro (µg/dL)	151.82	142.35	133.05	169.17	141.27	11.54	0.503

Comparación de Valores Hematológicos Entre Terneros Machos y Hembras

En el Cuadro 7, se comparó los valores de hierro y hemoglobina en terneros neonatos sin tomar en cuenta la raza, se observa que, la variable hemoglobina no presentó diferencias ($P > 0.05$). Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en la variable hierro, en donde la hembra presentó el mayor valor. Esto explicado por Bavera et al. (2005), donde mencionan que aunque la hembra tiende a ser más liviana, cuenta con un rango de 7-10% de su peso adulto, indicando que nace más madura que el macho y por ende es menos susceptible a ser afectada por una deficiencia nutricional, la cual en los terneros evaluados, únicamente fue la transferencia placentaria.

Cuadro 7*Concentración de hemoglobina y hierro de terneros considerando el sexo*

Parámetros	Sexo		EE±	Valor de P
	Macho	Hembra		
Hemoglobina (g/dL)	9.79	8.69	0.48	0.114
Hierro (µg/dL)	114.63	137.28	9.13	0.024

Comparación de los Valores Hematológicos en Terneros con Relación a Número de Lactancias

En el Cuadro 8, no se presentaron diferencias ($P > 0.05$) para los valores de hierro y hemoglobina tomando en cuenta el número de lactancias de la madre. Sin embargo, estos resultados no concuerdan con lo reportado por Kume y Tanabe (1993), quienes mencionan que los terneros nacidos de primerizas presentan un valor más bajo de hemoglobina y que no presentan una buena caracterización para una transferencia placentaria de hierro. Debido a la falta de estudios considerando el número de lactancias y la transferencia placentaria entre vacas y sus descendientes, no se conoce la causa exacta de este fenómeno donde se presenta menor nivel de hemoglobina, pero mayor de hierro, por lo tanto, se requieren estudios posteriores.

Cuadro 8*Valores hematológicos de terneros con relación al número de lactancias de la madre*

Parámetros	Lactancia			EE±	Valor de P
	Primeriza	1-2	3 o más		
Hemoglobina (g/dL)	8.14	9.75	9.69	0.64	0.166
Hierro (µg/dL)	134.27	126.04	123.03	16.16	0.8794

Conclusiones

Los valores hematológicos de hierro y hemoglobina y la concentración de inmunoglobulinas totales en el calostro para la muestra estudiada del hato de ganado lechero de la Universidad Zamorano se encuentran dentro de los rangos establecidos por la literatura.

Bajo las condiciones de este estudio, se encontró una correlación alta entre la concentración de hemoglobina y hierro en los terneros Holstein.

La concentración de hemoglobina fue similar en las vacas de las tres razas estudiadas, sin embargo, la mayor concentración de hierro sérico se encontró en las vacas Holstein, mientras que los terneros Pardo Suizo presentaron la mayor concentración de hierro.

El número de lactancias de las vacas no afectó su concentración de hemoglobina y hierro, ni tampoco la de sus terneros.

La concentración de hemoglobina no se vio afectada por el sexo del ternero, sin embargo, las hembras presentaron la mayor concentración de hierro sérico.

Recomendaciones

Utilizar los valores obtenidos en este estudio como referencia para la toma de decisiones al momento de evaluar niveles de hierro y hemoglobina en el hato de ganado lechero de Zamorano.

Realizar una segunda muestra de sangre en terneros de estas tres razas después de la aplicación preventiva de hierro (Hematover PLUS®, 3 mL) y conocer su aporte al nivel de Hierro al nacimiento.

Referencias

- Andrieu S, Hellen W, editores. 2009. Ruminant formula for the future: nutrition or pathology: Elevating performance and health. Wageningen Academic Publishers: [sin editorial] ; [consultado el 3 de feb. de 2023]. <https://cutt.ly/cwaB3CqU>.
- Arjona M, Pittí A. 2021. Importancia del correcto manejo de terneras en finca. UP Diario Digital: Universidad de Panamá; [actualizado el 15 de jun. de 2023; consultado el 15 de jun. de 2023]. <http://upinforma.com/nuevo/info.php?cat=reportajes&id=26>.
- Atyabi N, Gharagozloo F, Nassiri SM. 2006. The necessity of iron supplementation for normal development of commercially reared suckling calves. *Comp Clin Pathol.* 15(3):165–168. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00580-006-0624-4>. doi:10.1007/s00580-006-0624-4.
- Ballina A. 2010. Manejo sanitaria eficiente del ganado bovino: principales enfermedades. *Manejo Sanitario Eficiente del Ganado Bovino*; [consultado el 7 de may. de 2023]. (1). <https://www.fao.org/3/as497s/as497s.pdf>.
- bavera G, Bocco O, Begget H, Petryna A. 2005. Crecimiento, Desarrollo y Precocidad. *Producción Animal*; [consultado el 6 de jun. de 2023]. (24). https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf.
- Castaño F, Rugeles C, Betancur C, Ramírez C. 2014. Impacto del estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción. *Biosalud*; [consultado el 6 de may. de 2023]. (13):84–94. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1657-95502014000200007.
- Delgado F, Franco C. 2006. Análisis de productividad de ganado lechero holstein y jersey en dos fincas de La Sabana de Bogotá [Monografía]. Colombia: Universidad La Salle. 98 p; [consultado el 4 de jul. de 2023]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1131&context=administracion_agronegocios.
- Eisa AMA, Elgebaly LS. 2010. Effect of ferrous sulphate on haematological, biochemical and immunological parameters in neonatal calves. *Vet Ital.* 46(3):329–335. eng.
- Elizondo Salazar JA, Vargas Ramírez AM. 2015. Determinación del costo de la crianza de terneras desde el nacimiento hasta el destete en una lechería comercial especializada. *Nutrición Animal Tropical*; [consultado el 3 de feb. de 2023]. 9(2):1–10. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/20989/21121>.
- Estuardo Palacios, Jhonny Narváez. 2018. Estudio exploratorio de valores hematológicos en terneras Holstein Frisian mestizas, durante los primeros seis meses de vida. *Maskana*; [consultado el 6 de may. de 2023]. 9(1):51–58. spa. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7133938>.
- [FAO] Food and Agricultural Organization. 2013. The state of food and agriculture 2013: Food systems for better nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 99 p. ISBN: 978-92-5-107672-9.
- Godden SM, Smolenski DJ, Donahue M, Oakes JM, Bey R, Wells S, Sreevatsan S, Stabel J, Fetrow J. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *J Dairy Sci.* 95(7):4029–4040. eng. doi:10.3168/jds.2011-5275.

- Hinostroza C. 2019. Valores de hierro sérico en terneros de crianza extensiva en cuatro comunidades de la cuenca Cachi Alta Ayacucho-2016. ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA; [consultado el 6 de may. de 2023]. (191). <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/unsch/3707>.
- [IBM] International Business Machines. 2023. IBM Documentation. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 7 de may. de 2023; consultado el 7 de may. de 2023]. <https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/11.1.0?topic=terms-r2>.
- Ježek J, Starič J, Nemec M, Tomaž Z, Klinkon M. 2009. Relationship between blood haemoglobin and serum iron concentrations and heart girth in pre-weaned dairy calves. *Italian Journal of Animal Science*. 8(sup3):151–153. en. doi:10.4081/ijas.2009.s3.151.
- Kume S-I, Tanabe S. 1993. Effect of Parity on Colostral Mineral Concentrations of Holstein Cows and Value of Colostrum as a Mineral Source for Newborn Calves. *J Dairy Sci*; [consultado el 4 de jul. de 2023]. 76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293774998>.
- Landa J. 2013. Efecto del lactoreemplazador Calfmilk® sobre el desempeño productivo en terneros lactantes de razas lecheras. Honduras: Zamorano. 15 p; [consultado el 9 de jun. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bd3e01f9-7562-4b3c-b45a-7830e073359c/content>.
- Mejía A. 2017. Peso al nacer y al destete de terneros y terneras Holstein y Jersey bajo estrés calórico en Mexicali, Baja California, México. México: [sin editorial] ; [consultado el 7 de may. de 2023]. <https://core.ac.uk/download/pdf/154796613.pdf>.
- Meneses A, Rodríguez L, Boschini C. 1980. Comportamiento de las Constantes Sanguíneas en Costa Rica: Efecto de la Raza y Edad en Vacas Holstein y Jersey. 1. 2(1):29–36. es. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/article/view/11384>.
- Mohri M, Poorsina S, Sedaghat R. 2010. Effects of parenteral supply of iron on RBC parameters, performance, and health in neonatal dairy calves. *Biol Trace Elem Res*. 136(1):33–39. eng. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-009-8514-7>. doi:10.1007/s12011-009-8514-7.
- Mohri M, Sarrafzadeh F, Seifi HA, Farzaneh N. 2004. Effects of oral iron supplementation on some haematological parameters and iron biochemistry in neonatal dairy calves. *Comp Clin Path*. 13(2):39–42. En;en. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00580-004-0523-5>. doi:10.1007/s00580-004-0523-5.
- Orús A. 2023. Producción mundial de lácteos por categoría en 2022. Statista: [sin editorial]; [actualizado el 15 de jun. de 2023; consultado el 15 de jun. de 2023]. <https://es.statista.com/estadisticas/1311311/produccion-mundial-de-lacteos-por-categoria/>.
- Páez P, Campos R, Giraldo L. 2013. Suplementación y metabolismo de hierro en neonatos bovinos en condiciones de trópico. *Acta Agronómica*; [consultado el 5 de may. de 2023]. 62(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-28122013000100009.
- Paiano RB, Lahr FC, Silva LSB, Marques DS, Ferreira CA, Birgel DB, Bisinotto RS, Birgel Junior EH. 2019. Haematological and biochemical profiles during the puerperium in dairy cows - Short communication. *Acta Vet Hung*. 67(3):377–384. eng. doi:10.1556/004.2019.038.
- Penn State. 2016. Dairy Cattle Health and Care | Penn State Extension. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 7 de may. de 2023; consultado el 7 de may. de 2023].

- Quigley JD, Lago A, Chapman C, Erickson P, Polo J. 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci*; [consultado el 7 de may. de 2023]. 96(2):1148–1155. eng. doi:10.3168/jds.2012-5823.
- Rave G, Trheebilcock E. 1980. Valores hematológicos en bovinos del valle del Sinú. ICA (Colombia); [consultado el 6 de may. de 2023]. (2):91–99.
- Strong RA, Silva EB, Cheng HW, Eicher SD. 2015. Acute brief heat stress in late gestation alters neonatal calf innate immune functions. *J Dairy Sci*. 98(11):7771–7783. eng. doi:10.3168/jds.2015-9591.
- Völker H, Rotermund L. 2000. Possibilities of oral iron supplementation for maintaining health status in calves [Possibilities of oral iron supplementation for maintaining health status in calves]. *Dtsch Tierarztl Wochenschr*; [consultado el 5 de may. de 2023]. 107(1):16–22. ger.

Anexos**Anexo A**

Extracción de muestra de vacas de la vena coccígea



Anexo B

Extracción de muestra de terneros de la vena yugular



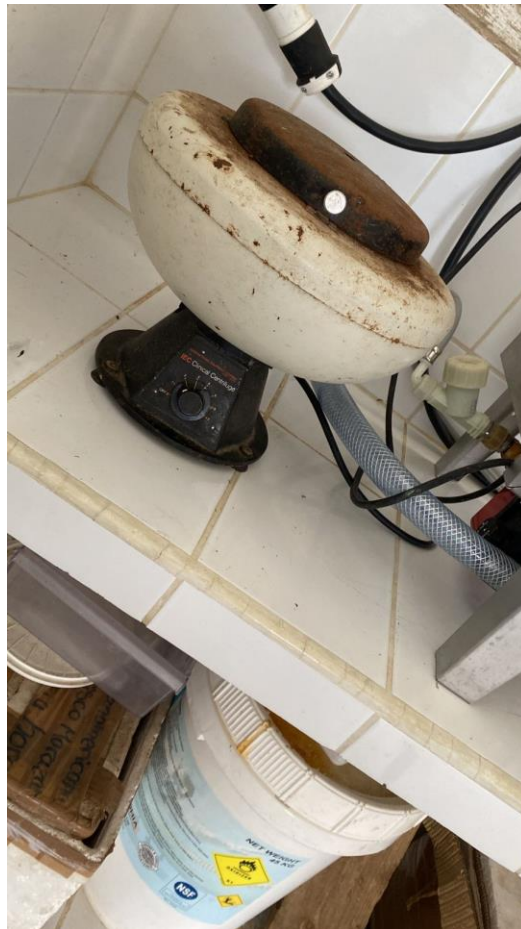
Anexo C

Almacenamiento de muestras en sus respectivos tubos de almacenamiento



Anexo D

Uso de centrifuga para obtener suero sanguíneo de las muestras de tubo de pared lisa



Anexo E

Obtención de suero sanguíneo



Anexo F

Proceso realizado en laboratorio para obtener resultados de hemoglobina y hierro sérico



Anexo G

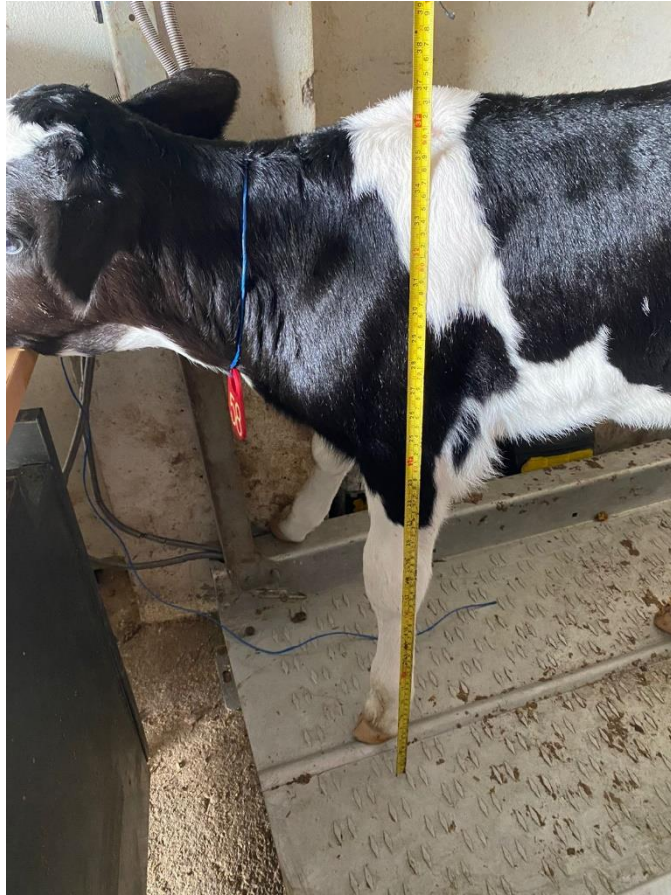
Medición de calidad de calostro haciendo uso del calostrómetro



Anexo H*Pesaje del recién nacido*

Anexo I

Medición de la altura de cruz del recién nacido



Anexo J

Resultados obtenidos para la raza Jersey

Vacas Jersey						
ID	Hem (g/dl)	Fe (ug/dl)	Lactancia	CC	Calostro	Calidad de calostro
436120	9.81	188.68	1	3	60	2
41621	11.8	127.66	1	2.75	90	3
46421	9.03	132.65	1	2.75	70	2
80120	16.9	173.42	2	2.75	120	3
436819	11.99	153.15	2	3	80	3
827818	9.89	146.4	3	2.75	70	2
833217	11.69	99.1	4	3	110	3
424513	9.12	115.75	7	3	100	1
825813	8.77	191.04	7	2.75	90	3

Terneros Jersey				
Hem	Fe (g/dl)	Sexo (ug/dl)	Peso	A.C.
6.0	74.81	H	14.09	21
8.97	127.55	H	25.45	28
6.58	104.09	M	30	26
9.63	109.39	M	30	29
11.02	99.86	M	28.18	27
10.22	128.38	H	25.45	27
10.06	59.56	M	25	28
8.37	83.33	H	20.45	25
9.35	94.59	M	22.27	25
7.49	168.44	H	24.09	26

Anexo K

Resultados obtenidos para la raza Pardo Suizo

Vacas Pardo Suizo						
ID	Hem (g/dl)	Fe (ug/dl)	Lactancia	CC	Calostro	Calidad de calostro
127220	10.09	148.58	1	2.75	50	2
55121	9.57	102.31	1	3	80	3
88720	10.53	162.74	2	2.5	50	2
510218	13.3	135.14	3	3	110	3
131619	8.4	88.3	2	2.75	100	3
521517	12.96	182.43	4	2.75	100	3
524417	8.96	198.11	4	2.5	90	3
110416	9.88	117.02	5	3	110	3

Terberos Pardo Suizo				
Hem	Fe (g/dl)	Sexo (ug/dl)	Peso	A.C.
7.77	127.66	H	35	30
7.28	128.83	H	50	35
10.2	116.16	M	29.09	28
9.81	155.66	H	35.45	29
11.71	148.3	M	35	30
11.58	243.1	M	35.45	30
9.66	123.34	H	40.91	32
12.04	104.59	H	41.82	31

Anexo L

Resultados obtenidos para la raza Holstein

Vacas Holstein						
ID	Hem(g/dl)	Fe (ug/dl)	Lactancia	CC	Calostro	Calidad de calostro
326620	9.63	164.41	1	3	85	3
78721	11.27	150	1	3	70	3
311521	10.29	200.3	1	3	80	3
733519	9.7	132.88	2	3	90	3
733819	10.0	143.62	2	2.75	100	3
321818	9.9	117.61	3	2.75	110	3
31018	10.99	189.39	4	3	70	3
316717	9.57	179.29	4	2.75	100	3
330017	14.7	166.7	4	2.75	70	3

Terberos Holstein				
Hem	Fe (g/dl)	Sexo (ug/dl)	Peso	A.C.
8.89	186.94	M	75	30.5
13.55	254	M	77	30
6.51	75	M	83	32
9.35	200.47	M	73	30
7.31	56.74	H	67	27
8.49	119.37	H	69	29
8.96	131.21	M	83	30
9.72	99.29	M	85	33
9.6	91.5	H	90	33