Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Medicina Veterinaria
Unidad de Posgrado

Parámetros reproductivos en vacas Holstein (*Bos taurus*) inseminadas con semen sexado de toros Gyr (*Bos indicus*) en la irrigación Majes – Arequipa

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencia Animal con mención en Producción y Reproducción Animal

AUTOR

Olger Pedro RAMOS COAGUILA

ASESOR

Mg. Alfredo DELGADO CASTRO

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ramos O. Parámetros reproductivos en vacas Holstein (Bos taurus) inseminadas con semen sexado de toros Gyr (Bos indicus) en la irrigación Majes – Arequipa [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Unidad de Posgrado; 2023.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Olger Pedro Ramos Coaguila
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	29564601
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9160-2562
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Alfredo Delgado Castro.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06155381
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3171-5290
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Alexei Vicent Santiani Acosta
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10650758
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Wilfredo Huanca López
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10036341

Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luisa Inés Echevarría Cureé
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09921534
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Alfredo Delgado Castro
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06155381

Datos de investigación	
Línea de investigación	B.4.2.3. Reproducción animal
Grupo de investigación	Salud Pública y Salud Ambiental - INOCUVET
Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Programa de Promoción de Tesis de Maestría. Tipo PTPMAEST; Código: A18080115 Resolución Rectoral. RR 252-R-19
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Arequipa Provincia: Caylloma Distrito: Majes Centro poblado: Irrigación Majes Latitud: -16.3390853 Longitud: -72.2005277

Año o rango de años en que se realizó la investigación	2011 – 2020
URL de disciplinas OCDE	Ciencia Veterinaria https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.03.01

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN MODALIDAD VIRTUAL PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN CIENCIA ANIMAL CON MENCIÓN EN PRODUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN ANIMAL

En la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, siendo las 12:00 horas del día martes 17 de enero del 2023, el Jurado Examinador de Tesis de Grado de Magíster, presidido por el Dr. Alexei Vicent Santiani Acosta (Presidente) y conformado por los siguientes miembros docentes: Mg. Wilfredo Huanca López, Mg. Luisa Inés Echavarría Cureé y Mg. Alfredo Delgado Castro (**Asesor),** se dio inicio a la sustentación oral y pública de la Tesis intitulada:

"Parámetros reproductivos en vacas Holstein (*Bos taurus*) inseminadas con semen sexado de toros Gyr (*Bos indicus*) en la irrigación Majes – Arequipa", presentado por el Bachiller:

OLGER PEDRO RAMOS COAGUILA

Quien sustentó la Tesis para obtener el Grado Académico de Magíster en Ciencia Animal con mención en Producción y Reproducción Animal y absolvió satisfactoriamente las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado y practicada la votación obtuvo la calificación de: MUY BUENO, (17) DIECISIETE……..……...

A continuación, el Jurado por intermedio de su Presidente recomendó a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria, proponga el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Ciencia Animal con mención en Producción y Reproducción Animal, al Bachiller Olger Pedro Ramos Coaguila.

Siendo las 13:30 horas del día martes 17 de enero de 2023, se dió por concluido el acto académico, suscribiéndose la presente Acta.

UNMSM Firmado digitalmente por SANTIANI ACOSTA Alexei Vicent FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23.01.2023 19:47:39 -05:00

……
Dr. Alexei Vicent Santiani Acosta (P.P. T.C.)
Presidente

UNMSM Firmado digitalmente por HUANCA LOPEZ Wilfredo FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23.01.2023 16:55:02 -05:00

……
Mg. Wilfredo Huanca López (P.P.D.E.)
Miembro

……
Mg. Luisa Inés Echevarría Cureé
Miembro

UNMSM Firmado digitalmente por DELGADO CASTRO Alfredo FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23.01.2023 13:23:57 -05:00

……
Mg. Alfredo Delgado Castro (P.P.T.C.)
Miembro (Asesor)

UNMSM Firmado digitalmente por GAVIDIA CHUCAN Cesar Miguel FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24.01.2023 10:42:42 -05:00

……
Dr. César Miguel Gavidia Chucán (P.P.D.E.)
Director de la Unidad de Posgrado UNMSM

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

1. FACULTAD: **Medicina Veterinaria**

2. UNIDAD DE POSGRADO: **Medicina Veterinaria**

3. AUTORIDAD ACADÉMICA QUE EMITE EL INFORME DE ORIGINALIDAD: **Director UPG-FMV-UNMSM**

4. APELLIDOS Y NOMBRES DE LA AUTORIDAD ACADÉMICA: **Gavidia Chucán, César Miguel**

5. OPERADOR: **César Miguel Gavidia Chucán**

6. DOCUMENTO EVALUADO: **Parámetros Reproductivos en vacas Holstein (*Bos taurus*) inseminadas con semen sexado de toros Gyr (*Bos indicus*) en la irrigación Majes-Arequipa.**

a. Proyecto de Tesis de Maestría ☐
b. Proyecto de Tesis de Doctorado ☐
c. Tesis de Doctorado ☐
d. Tesis de Maestría ☒
e. Trabajo de Segunda Especialidad ☐
f. Otros ☐

7. AUTOR DEL DOCUMENTO: **Olger Pedro Ramos Coaguila**

8. FECHA DE RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO: **25 de junio de 2021**

9. FECHA DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES: **25 de junio de 2021**

10. PROGRAMA UTILIZADO

a. Turnitin ☒
b. Ithenticate ☐
c. Otro (especificar) ☐

11. CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES

a. Excluye textos entrecomillados [x]

b. Excluye bibliografía [x]

c. Excluye cadenas menores a 40 palabras [x]

d. Otro criterio (especificar) [ ]

12. PORCENTAJE DE SIMILITUDES SEGÚN PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUES

6 %

13. FUENTES ORIGINALES DE LAS SIMILITUDES ENCONTRADAS:
se adjunta reporte del programa

14. OBSERVACIONES:
Ninguna

15. CALIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

a. Documento cumple criterio de originalidad, sin observaciones [x]

b. Documento cumple criterio de originalidad, con observaciones [ ]

c. Documento no cumple con criterio de originalidad. [ ]

16. FECHA DEL INFORME
25 de junio de 2021

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
UNIDAD DE POSTGRADO
DIRECCION
U.N.M.S.M.

Dr. César Gavidia Chucán
Director de la UPG

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen de Chapi, por darme la vida, salud y fortaleza.

A mis padres, Pedro Pablo y Eulalia, por guiarme y apoyarme en el desarrollo de mi vida profesional.

A Karina, por su apoyo, entusiasmo y paciencia.

A mis hijos: Cielo, Olger Guillermo, Carla y Pablo Rolando, por ser el motor para seguir superándome en mi vida.

A mis hermanos Carlos, Armando y mi hermana Adda, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la UNMSM por permitirme ser parte de sus estudiantes.
A la Facultad de Medicina Veterinaria, por hacerme parte de esta bonita familia de docentes, estudiantes y personal administrativo.
Al Dr. Alfredo Delgado, por ser mi guía y los conocimientos compartidos y su apoyo en la culminación de la presente tesis.
A los ganaderos de la irrigación Majes que confiaron y permitieron poder realizar esta investigación.
A la Dra. Edith Arenas por su invalorable colaboración en esta investigación.
A todos mis amigos y amigas, en especial a Nathalie Zirena, José Luis Rodríguez, Daphne Ramos y Carlos Arana que me apoyaron para lograr este objetivo.

ÍNDICE

RESUMEN vi
ABSTRACT vii
LISTA DE CUADROS viii
LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE ANEXOS x
LISTA DE ABREVIATURAS xi
I. INTRODUCCIÓN 12
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA 15
2.1 Razas 15
2.1.1 Gyr lechero 15
2.1.2 Holstein Friesian 16
2.2 Características del cruce *Bos taurus* por *Bos indicus* 17
2.3 Semen sexado 18
2.3.1 Tecnología de sexaje del semen bovino 18
2.3.2 Uso de semen sexado en vacunos 19
2.3.3 Inseminación con semen sexado en vacas y vaquillas 19
2.3.4 Ventajas y desventajas del uso del semen sexado 21
a) Ventajas 21
b) Desventajas 22
2.4 Parámetros reproductivos 23
2.4.1 Tasa de concepción al primer servicio 23
2.4.2 Tasa de concepción con semen sexado 25
2.4.3 Tasa de natalidad 26
2.5 Factores que afectan la reproducción 27
2.5.1 Nutricional 27
2.5.2 Sanitario 29
2.5.3 Fisiológicos 29
2.6 Uso del semen sexado en el trópico 30
2.7 Producción lechera en el trópico 32
III. MATERIALES Y METODOS 34
3.1 Lugar y período de estudio 34
3.2 Descripción del material experimental 34
3.2.1 Animales 34
3.2.2 Semen 35
3.3 Metodología de estudio 35

3.3.1 Detección de celo 35
3.3.2 Inseminación 36
3.3.3 Diagnóstico de preñez 36
3.4 Preparación de la información 37
3.5 Variable respuesta 37
3.6 Variable de asociación 38
3.7 Análisis estadístico 38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 40
4.1 Concepción y natalidad por meses y números de partos 40
4.2 Tasas de concepción y natalidad, y sexo de terneros 43
4.3 Diagnóstico de preñez con la campaña de parto 47
4.4 Preñez con los toros usados 49
V. CONCLUSIONES 52
VI. RECOMENDACIONES 53
VII. LITERATURA CITADA 54
VIII. ANEXO 70

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la tasa de concepción al primer servicio y la tasa de natalidad, así como el porcentaje de terneros hembra nacidas usando semen sexado Gyr en vacas Holstein. Se realizó la inseminación artificial (IA) a 1174 vacas de segundo (434 animales) y tercer (740 animales) parto durante los meses de diciembre de 2011 a octubre de 2012 en ganaderías de pequeña escala de la Irrigación Majes, Arequipa, Perú. La IA se llevó a cabo 12 horas después de la detección visual del celo y el diagnóstico de preñez se realizó mediante palpación rectal a los 45-60 días del servicio. La tasa de concepción en animales de 2do parto se encontró en un rango de 37 a 77 %, mientras que para los animales de 3er parto fue de 39 a 88%. La natalidad estuvo en el rango de 32 a 71% y de 38 a 85% para vacas de 2do y 3er parto, respectivamente, sin que se evidencie un efecto de estacionalidad sobre la tasa de concepción o de la natalidad. La tasa de concepción global fue de 56% y la de natalidad de 54%. El porcentaje de terneras obtenidas fue de 82% y de terneros de 18%. Se concluye que el número de partos y la estacionalidad no influyen sobre las tasas de concepción y de natalidad cuando se emplea semen sexado Gyr; asimismo, el uso de semen sexado Gyr en vacas Holstein sería una buena opción reproductiva.

Palabras clave: Holstein, semen sexado, Gyr, fertilidad

ABSTRACT

The present study aimed to determine the conception rate at first service and the birth rate, as well as the percentage of female calves born using Gyr sexed semen in Holstein cows. Artificial insemination (AI) was performed on 1174 second and third calving cows during December 2011 to October 2012 in small-scale farms of the Majes Irrigation, Arequipa, Peru. The AI was carried out 12 hours after the visual detection of heat and the pregnancy diagnosis was done by rectal palpation 45-60 days after the service. The conception rate in 2nd calving animals was in a range of 37 to 77%, while for 3rd calving animals it was in the range of 39 to 88%. The birth rate was in the range of 32 to 71% and 38 to 85% for cows of 2nd and 3rd calving, respectively, without evidence of an effect of seasonality on the conception rate or birth rate. The overall conception rate was 56% and the birth rate was 54%. The percentage of female calves was 82% and male calves 18%. It is concluded that the number of births and seasonality do not influence conception and birth rates when using Gyr sexed semen; likewise, the use of Gyr sexed semen in Holstein cows would be a good reproductive option.

Keywords: Holstein, sexed semen, Gyr, fertility

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Distribución de las pajillas utilizadas en el estudio 35

Cuadro 2. Tasas de concepción, natalidad, mortalidad y sexo de terneros 43

Cuadro 3. Tabla de contingencia de la preñez y número de parto……...……..47

Cuadro 4. Tabla de contingencia de diagnóstico de preñez y toros usados…….50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vacas de 2º parto inseminadas con semen sexado Gyr, porcentaje de concepción (Conc., rojo) y porcentaje de natalidad (Nat., verde) durante los meses de diciembre a octubre en la irrigación de Majes-Arequipa. No se encontraron diferencias de la concepción ni natalidad mes por mes. 40

Figura 2. Vacas de 3er parto inseminadas con semen sexado Gyr, porcentaje de concepción (Conc., rojo) y porcentaje de natalidad (Nat., verde) durante los meses de diciembre a octubre en la irrigación de Majes-Arequipa. No se encontraron diferencias de la concepción ni natalidad mes por mes ……..…..……..41

Figura 3. Total de vacas inseminadas con semen sexado Gyr, porcentaje de concepción (Conc., rojo) y porcentaje de natalidad (Nat., verde) durante los meses de diciembre a octubre en la irrigación de Majes-Arequipa. No se encontraron diferencias significativas por efecto de la estacionalidad ……42

Figura 4. Tasas de concepción y natalidad en vacas de 2º y 3er partos inseminadas con semen sexado Gyr……42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 . Resumen de inseminaciones, preñez, nacimientos de hembras y machos, abortos y mortalidad.....71

Anexo 2. Número de inseminadores, vacas inseminadas por partos y tasa de preñez....72

Anexo 3. Evaluación estadística mediante t-student entre el 2do y 3er parto para determinar diferencias entre la tasa de concepción…….73

Anexo 4. Evaluación estadística mediante t-student entre el 2do y 3er parto para determinar diferencias entre la tasa de natalidad……..74

Anexo 5. Evaluación estadística mediante ANOVA, entre meses para determinar diferencias entre la tasa de concepción……75

Anexo 6. Evaluación estadística mediante ANOVA, entre meses para determinar diferencias entre la tasa de natalidad……77

LISTA DE ABREVIATURAS

ADN Acido desoxirribonucleico

IA Inseminación artificial

PPS: Porcentaje de preñez al primer servicio

ANOVA Análisis de varianza

CASA Comuter assisted semen Analisys

rGH Somatotropina bovina recombinante

I (IGF-I) Factor insulínico de crecimiento

CC Condición corporal

IA Inseminación artificial

FSH Hormona folículo estimulante

LH Hormona Luteinizante

IBR Rinotraqueitis infecciosa bovina

GnNRH Factor de liberación de gonadotropinas

IC Intervalo de confianza

PTA Habilidad Transmisora predicha

TC Tasa de concepción

TN Tasa de natalidad

PPS Preñez al primer servicio

SPC Servicios por concepción

TCPS Tasa de Concepción al primer servicio

I. INTRODUCCIÓN

La producción de ganado vacuno lechero a nivel del trópico amazónico nacional, constituye una de las principales fuentes de ingreso para las familias rurales y actualmente está recibiendo impulso por parte de los gobiernos regionales y locales, quienes están promoviendo el consumo de leche y subproductos en la población mediante los programas de alimentación (Migone, 2001). Sin embargo, esta crianza no ha alcanzado los niveles esperados de producción lechera, debido a la calidad genética de los animales existentes (producto de cruzamientos poco controlados entre razas cebuínas por europeas), a la dificultad de explotar razas europeas por problemas de aclimatación y adaptación, a las condiciones ambientales del trópico y al escaso conocimiento de tecnologías reproductivas, entre otros factores (Cantaro, 2017). Actualmente, existen alternativas que permiten contribuir al incremento en la población de animales con mayor aptitud productora y de esta forma, elevar los niveles de producción a mediano plazo, mediante el uso de herramientas de mejoramiento genético.

La industria lechera en los entornos tropicales y en la Amazonía peruana ha sido un continuo desafío técnico debido a las dificultades del medio ambiente, las condiciones sanitarias y la poca rusticidad de las razas lecheras especializadas, como la raza Holstein que no tiene un buen desempeño productivo y reproductivo y no alcanza los niveles esperados, debido a la influencia de factores ambientales, como el calor excesivo, nutricionales y de manejo (Cerón-Muñoz *et al*., 2004). Una alternativa para obtener vacunos que se adapten a este ecosistema y produzcan leche es el cruzamiento de razas lecheras *Bos taurus* con razas como *Bos indicus*, lo cual es corroborado por Córdova-

Izquierdo *et al*. (2005), quienes señalan que el cruce de vacunos de alta producción que provienen de climas templados como el Holstein, con vacunos resistentes a ambientes cálidos tropicales como la raza Gyr, constituyen alternativas para producir vacunos resistentes al estrés calórico en los trópicos (Freitas, 2003). La generación de vacunos cruzados en forma intensiva mejorará la producción, la actividad reproductiva y la cría de la raza Girolando, que en una fase inicial tuvo como objetivo la creación de una raza lechera con aptitud para producir leche en un sistema productivo económicamente viable en entornos tropicales y subtropicales.

Una de las aplicaciones de la biotecnología reproductiva, es el uso de semen sexado que se ha usado en el trópico brasileño para obtener animales productores de leche adaptados al trópico, donde existen gran cantidad de cruces de *Bos taurus* x *Bos indicus*, que han desplazado al ganado criollo original y han tenido mayor aceptación por parte de los ganaderos (Madalena, 1997).

Si bien es factible la mejora genética del ganado bovino en el trópico orientándolo a la producción de leche mediante la Inseminación Artificial (IA), se requiere un largo período de tiempo para la disponibilidad de terneros F1, *Bos taurus* x *Bos indicus*, especialmente si se trabaja con semen convencional, para producir leche; por lo que una alternativa es la utilización de semen sexado de toros Gyr para inseminar vacas Holstein, bajo condiciones de explotación intensiva con buen número de vacas y con buen manejo de las crías, que reduce el intervalo de reemplazo, con una mayor disponibilidad de terneras producidas en el hato.

Existe la necesidad de generar información relacionada a los parámetros reproductivos como trabajos de inseminación artificial usando semen sexado de toros de raza Gyr (*Bos indicus*) en vacas lecheras de raza Holstein (*Bos taurus*), para la obtención de animales resistentes al trópico húmedo de nuestro país. Por ello, la IA con semen sexado se convierte en una herramienta de gran utilidad para producir un mayor número de hembras F1 producto de cruces Gyr x Holstein en menor tiempo, ganado que se trasladaría al trópico peruano con el fin de mejorar los niveles productivos. Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar los parámetros reproductivos y la generación de

mayor número de terneras, utilizando semen sexado de toros de raza Gyr en vacas de raza Holstein.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Razas

2.1.1 Gyr lechero

Se estima que al menos un 70% de la población vacuna mundial es producto del cruzamiento con *Bos indicus*, ya que estos soportan el estrés calórico y la menor disponibilidad de nutrientes, lo que significa que el *Bos indicus* puede prosperar donde los *Bos taurus* no pueden (Quiroz y Barrón, 2014). Este bovino es clave a nivel mundial, ya que el grueso de los sistemas de producción de vacunos está distribuido en climas cálidos, y estos se adaptan muy bien al medio donde se crían (Delgado, *et al*, 2012).

El costo de producción en los sistemas extensivos tropicales es bajo, mejorando la eficiencia productiva, sin embargo, es necesario utilizar al *Bos indicus* al menos con un 50% de grado de sangre, ya que se adaptan muy bien a estas condiciones. El *Bos indicus* se adapta bien a sistemas de cría y manejo extensivo en trópico, ya que tienen la capacidad de disipar el calor por medio de la grasa acumulada en la giba y por el mayor tejido tegumentario que poseen, esta adaptación les ayuda a soportar altas temperaturas y humedad (Green y Cundiff 1991).

La raza Gyr es originaria de la península de Katiawar en la India, que se caracteriza por suelos secos y pobres, con una temperatura máxima promedio de 36° y 37°C. El Gyr lechero se naturalizó en Brasil, donde por selección masal y niveles independientes

de rechazo se llegó a la raza actual, además, hoy en día se realizan pruebas de progenie que permiten conocer y validar su capacidad productiva, diferenciándolas de otras líneas y razas. Muchas empresas y el estado de Brasil, se han dedicado los últimos 60 años a realizar el servicio de evaluaciones genéticas en la raza Gyr para establecer valores genéticos de los toros, a través de su habilidad transmisora predicha (PTA). Los parámetros de la raza Gyr son: peso vivo de vacas entre 450 a 500 kg, toros 800 kg y terneros de 23 a 26 kg, producción diaria de leche entre 9 y 12 litros, edad al primer parto entre 36 y 40 meses y longevidad de vaca hasta 10 años de vida productiva (Mellado *et al*., 2010).

2.1.2 Holstein Friesian

Es originaria de Alemania, llegando a los Países Bajos donde se definió el estándar racial, de allí se expandió por el mundo, llegando a Estados Unidos. Actualmente es una de las principales razas vacunas por su alta producción. El Holstein es el mayor productor de leche, ya que sus características genéticas mejoradas manifiestan una alta producción por volumen, por lo que su crianza es altamente rentable (Múnera, 2012).

La vaca Holstein es de gran fortaleza, con un peso promedio de 650 kilos, y una alzada de aproximadamente 1,50 metros. Se caracteriza por su pelaje blanco y negro o blanco y rojo. El intervalo entre partos es 416 días con una producción promedio diaria del hato de 16,3 kg, producción promedio por vaca 20 kg, 110 días abiertos, edad promedio del primer parto de 32 meses, servicios por concepción de 2.3, pico de producción 27.9 kg (Arboleda, 2020).

Los animales Holstein son grandes y presentan patrones de color de blanco y negro o rojo y blanco. Al nacer pesan alrededor de 40 kg, una vaca adulta puede llegar a pesar alrededor de 680 kg y su alzada es de 1,47 m hasta la cruz. Las vaquillas de 13 meses de edad pesan alrededor de 362 kg. Es deseable el primer parto entre los 23 y 26 meses de edad. La gestación es de 271 a 305 días. Si bien, algunas vacas son longevas, su vida productiva promedio es de aproximadamente cuatro años. La producción real de los rebaños de EE. UU. E-n el 2017, dentro de los programas de pruebas de producción y seleccionados para evaluaciones genéticas fue de 11 601.078 kg de leche, 436 kg de grasa

de mantequilla y 353 kg de proteína por año. Se conoce que una vaca con 3 ordeños diarios puede llegar a producir 32 658.651 kg de leche en 365 días. La razón de dominar el mercado y la producción es su alta producción, buenos ingresos, mérito genético y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales (Holstein Association USA, (2021). En Perú, esta raza lechera a nivel de establos en la costa puede llegar a producir en su pico de producción 31.16 kg de leche (Vasquez *et al*., 2021).

2.2 Características del cruce *Bos taurus* por *Bos indicus*

La base de la lechería en trópico lo constituye el ganado de origen *Bos indicus*, que tiene dentro de sus características una elevada adaptación, buena rusticidad y baja producción de leche. La baja condición lechera se puede manejar con los cruces con razas lecheras como la Holstein (*Bos taurus)*; la ganadería que tiene sangre de Holstein y Cebú, tiene buena capacidad lechera y se adapta con mucha facilidad al medio ambiente siempre que se realice una selección (Múnera, 2012).

La tasa de concepción es una característica reproductiva que se ve afectada por la capacidad fértil del ganado, la aparición o susceptibilidad a la cetosis, el Balance Energético Negativo (BEN), la aparición de problemas infecciosos, la hipocalcemia posparto, la urea en leche, el confort, el estrés por calor y la metritis; también influye la fertilidad del semen, el momento exacto de la inseminación y la calidad del semen usado en la fertilización (Zambrano, *et al*, 2014).

El ganado Gyr es una raza muy adaptada al trópico por lo que al cruzarlo con la raza Holstein en la Selva Alta del Perú se obtuvo una producción de leche de 4031.15 y 1031.10 kg por campaña, con una duración del parto-pico de producción de 85 y 55 días y su pico en 17.22 y 4.28 kg/día para las vacas cruzadas en la primera generación filial y Gyr lechero respectivamente; por otro lado, se tuvo una persistencia de 8.4% post pico de producción en el cruce y Gyr puro (Huamán, *et al.*, 2018).

En el páramo colombiano sobre los 2000 msnm se cría como ganado lechero al vacuno Holstein, con una producción diaria entre 12 y 14 litros bajo un sistema mixto, a su vez la carga animal es de 1-2 unidades animal por hectárea. Mientras que por debajo de los

1200 msnm se usa mucho el cruce *Bos taurus* x *Bos indicus*, en un sistema extensivo y con ordeño de ternero al pie, la producción es entre 3 y 5 litros diarios; sin embargo, presenta costos de producción muy bajos ($ 0.27), también, se reporta mayor contenido de grasa, que las que tiene el ganado especializado. Cabe resaltar que los costos asociados a la recolección de la leche son altos por la lejanía de los productores (Carulla y Ortega, 2016).

La producción de leche en departamentos de la Selva Alta se sostiene en el ganado cruzado *(Bos taurus* por *Bos inducus*); sin embargo, debido a las características fisiológicas de las pasturas (fotosíntesis C4) se tiene una baja disponibilidad de nutrientes en el forraje. Por lo tanto, es recomendable usar bloques nutricionales que si bien no mejoran la producción si mejoran la calidad de la leche, posiblemente también mejoren las características reproductivas de las vacas, obteniendo 4.1 kg de leche con 4.3% de grasa total, 3.6% de proteína, 4.7% de lactosa, 12.8% de sólidos totales y 12.9 mg/ml urea en leche (Godoy *et. al.*, 2020).

La producción de leche de cruces de Gyr x Hosltein en la primera generación filial tuvo un promedio de 4264.8 kg, con un pico de 15.07 kg, en tanto la duración de la lactancia fue de alrededor de 290 días (Arboleda, 2020).

2.3 Semen sexado

2.3.1 Tecnología de sexaje del semen bovino

A través de diferentes estudios varios científicos han intentado establecer una técnica que permitiera preseleccionar el sexo de la progenie de animales domésticos. Sin embargo, ningún método ha sido tan exitoso como la citometría de flujo desarrollada por Johnson, método que fue patentado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en el año 1992 (Urbina, 2012).

El sexo de los terneros nacidos en programas de IA puede ser predeterminado separando los espermatozoides X de los Y con la técnica de citometría, que emplea un citómetro de flujo/clasificador de células en función de la cantidad de cromatina heteróloga. Esta técnica desarrollada por Johnson y basada en que los espermatozoides

X, que producen hembras, contienen algo más del 3,8% ADN que los espermatozoides Y, que producen machos (Johnson, *et al*, 1987; Palma, 2001).

La técnica de sexado ha sido usada en diferentes razas de vacunos de leche, debido a la importancia de obtener crías hembras. Posteriormente, los criadores de ganado de carne también se interesaron para obtener machos de reemplazo, ya que se podía obtener semen de reproductores de alto valor genético en menos tiempo. Razas lecheras como la Jersey tiene un mayor porcentaje de ADN 4.2, mientras Angus 4.7, Hereford 3.98, Holstein 4.01 y el más bajo reportado es en Brahman 3.7 (Genetics, 2017).

2.3.2 Uso de semen sexado en vacunos

El cebú (*Bos indicus*) es muy utilizado en zonas tropicales, tanto para la producción de carne como de leche. Los cebús se adaptan muy bien a los trópicos, por su tolerancia al estrés calórico, tienen mejor desempeño reproductivo en los trópicos que los *Bos taurus.* En la actualidad existen muy pocos estudios de fertilización *in vitro* y respuesta al semen sexado en *Bos indicus* (Camargo *et al.*, 2007). Por otro lado, las vacas *Bos indicus* producen frecuentemente más folículos ováricos y más ovocitos recuperados por OPU en comparación con el ganado *Bos taurus* (Pontes *et al.*, 2009). No existe un comportamiento fisiológico para esta diferencia biológica intrigante (Pontes *et al.*, 2011). Por estas características fisiológicas se sugiere el uso de vientres cebú para la inseminación artificial con semen sexado.

La combinación del uso de semen sexado y la fecundación in vitro hoy en día es viable, tanto técnica como económicamente, ya que al conocer de antemano el sexo del embrión se logrará una mayor eficiencia, especialmente en ganadería de leche (Barceló-Fimbres *et al.*, 2011). Además, frecuentemente al segundo parto el promedio de producción de leche es mayor, cuando las vacas están preñadas de una cría hembra (Hinde *et al.*, 2014).

2.3.3 Inseminación con semen sexado en vacas y vaquillas

En los hatos de lechería muy pocos machos son utilizados como reproductores, así mismo el mantenimiento de los mismos requieren de costos que solo pueden ser obtenidos mediante la valoración genética e inseminación artificial; es por eso que diversos estudios de reproducción asistida han logrado separar espermatozoides X e Y con una precisión de 85-95% mediante la citometría de flujo. Sin embargo, hoy en día la principal limitante del uso de semen-sexado es la baja tasa de concepción que varía de 40 a 60 %, así mismo la recuperación del semen luego de ser sexado es alrededor de 20 a 40 %, por este motivo es que su uso se recomienda en vaquillas más que en vacas (Hernández, 2015).

En vaquillas Holstein Friesian x Aberdeen Angus donde se utilizó semen sexado de reproductores de la misma raza, se encontró una tasa de concepción a los 30 días de 77% en semen convencional, mientras que en semen sexado fue 66%; También se encontró una proporción de hembras del 50-60% en el semen convencional, mientras que en el sexado fue 100% (Caballero *et al.*, 2006).

El uso de semen sexado y convencional, son tecnologías que han sido implementadas para mejorar la producción lechera, a través de la inseminación artificial, es por lo que se busca información del comportamiento productivo de las vaquillas en diferentes hatos lecheros de acuerdo a la zona climática de trópico.

El impacto de la utilización de semen-sexado en la disminución de la tasa de concepción es menos severo en vaquillas que en vacas lactantes, por lo que en el estudio técnico se recomienda el uso en vaquillas, más también se recomienda su uso en vacas aun cuando estas son sometidas a transferencia de embriones (Eslava, 2014).

El semen-sexado incrementa el número de crías hembras en el rebaño lechero, sin embargo, su elevado costo y baja tasa de concepción hace que solo su uso se recomiende en vaquillas, debido a que su tasa de concepción es superior a las de las vacas adultas. El porcentaje de concepción determina el número de vaquillas preñadas y abiertas luego de cada servicio, proporción de crías hembras y la eliminación de vaquillas con potenciales fallas reproductivas. Todos estos factores tienen un impacto en la economía y toma de decisión del productor. Al someter a vaquillas a diferentes números de servicios con semen sexado, con las vaquillas se puede lograr hasta $28.23 de ganancia adicional por

animal, cuando se emplea semen sexado en los dos primeros servicios, con un 65.91 por ciento de terneras hembras nacidas por vaquilla (Cabrera, 2010).

En vacas Nelore del trópico, el uso de semen sexado para producir terneros machos incrementó el ingreso en $ 1163.43 al evaluar 3 reproductores donde el índice de concepción fue de 38.76% y 57.85% para semen sexado y convencional respectivamente, por otro lado, los riesgos de parto fueron mayor con el uso de semen sexado (Domínguez *et al.*, 2012).

2.3.4 Ventajas y desventajas del uso de semen-sexado

a) Ventajas

La utilización de semen-sexado tiene ventajas con respecto al semen no sexado, como el aumento de nacimientos de terneros hembra, de un 50% a un 90%. Esto lleva a una reducción del costo de reposición, el cual es de alta incidencia en la rentabilidad de las empresas, sumado a la posibilidad de crecimiento de la explotación con reemplazos propios, reduciendo la posibilidad de introducir enfermedades graves y costosas. A su vez, la venta de vaquillonas excedentes tras la reposición del rodeo, mejoraría los ingresos de la empresa (Velasco Molina, 2002).

En cuanto al manejo reproductivo, pueden disminuirse los partos distócicos, sobre todo en vaquillonas, debido a que el peso de las crías hembras es menor que el de machos. Los toros jóvenes podrían ser probados de manera eficaz por la predominancia del número de hijas en sus progenies, siendo más eficiente el mejoramiento genético, al poder seleccionar reemplazos entre un mayor número de hembras, pudiendo elegir las mejores vaquillonas para inseminar con semen sexado obteniendo terneros hembras de vacas con mayor potencial genético (Velasco Molina, 2002).

El semen sexado mejora su eficacia en tasas de concepción si se utiliza la sincronización de celo, así mismo, facilita la detección de celo de rebaños de vaquillonas jóvenes (Mac Kenna *et al.*, 2018). Las vaquillonas inseminadas con semen sexado tienen bajos porcentajes de preñez, pero al sincronizar con un dispositivo de progesterona (P4), se obtuvo porcentajes de preñez superiores al 70 %, así mismo, se disminuyó los costos

operativos en la detección de celo y el costo por vaca inseminada con semen sexado (Alvarado *et al.*, 2017). Por otro lado, la fertilidad al primer servicio fue mayor ya que se inseminan a tiempo fijo y por las noches (Galarza *et al.*, 2017).

La implementación de técnicas *in vitro* en vacunos de leche exige una adecuada valoración espermática tanto en calidad genética y sexado, para el uso eficiente del semen en los rebaños de vacas y vaquillonas (González, 2018).

b) Desventajas

La disminución de la tasa de concepción, debido a la baja concentración de espermatozoides en las pajillas, y la secuela que genera el proceso de sexado sobre los espermatozoides (Urbina, 2012). Por otro lado, el costo de la pajilla es mayor que el semen convencional como consecuencia del valor asociado a los equipos, permisos, producción, personal altamente calificado, comercialización, repartición y entrega de semen sexado. Estos costos serán trasladados a la empresa láctea a través del incremento del precio del semen sexado (De Vries, 2010).

La utilización de semen sexado implica un perfecto manejo del semen, la inseminación artificial, condiciones y técnica de descongelado para obtener buenos resultados. También se debe tener en cuenta que la presión de selección intensa puede disminuir la variabilidad genética de la población, hecho que podría aumentar la consanguinidad (Urbina, 2012). El semen sexado se utiliza en vaquillas, ya que éstas presentan mayores tasas de concepción que las vacas adultas, ocasionando un desmedro de los índices reproductivos en este grupo etario (Bruno, 2012).

Debemos recordar que la dosis de semen sexado posee una reducida cantidad de espermatozoides (2-3 millones por pajilla) en comparación con las dosis de semen no sexado (20-30 millones por pajilla) (Bejar, 2021). Durante el proceso de sexaje del semen, los espermatozoides son sometidos a varios procesos de manipulación previa a la congelación lo que asume un deterioro de su integridad y potencial de fertilidad. En Argentina, con más de 150.000 dosis comercializadas de semen sexado, los resultados en vaquillas de carne a la primera inseminación promedian el 50 % de preñez y una certeza

del sexo elegida superior al 90% sobre animales nacidos (Arroyo. 2008). Los resultados de De Jarnette *et al.* (2008), indicaron un efecto superior de las tasas de concepción mediante el uso de dosis de 5.0 millones de espermatozoides en vaquillas Holstein.

De un cruce de *Bos taurus* con *Bos indicus*, las vacas con fenotipo F1 tuvieron mayor porcentaje de preñez (58%) en relación a los 3/4 europeo (42%) y cebú (35%), sobre todo en las vacas de segundo parto con un valor superior a 50% en relación a las de primer parto con 20%. Otra característica que influyo en la preñez fue la condición corporal siendo superior al 50% en vacas con condición corporal 6 (escala 1 a 10) en comparación de las de condición 4 que llegaron a 40% de preñez (Aban, *et al.*, 2008)

Las mejores receptoras de transferencia de embriones, fueron de cruces Brabon y Girolando con 39,58% y 39,56% tasas de preñez respectivamente; así mismo, se mostró que el cruce Girolando tuvo mejores tasas de preñez con embriones de estadios más tempranos (Ariza, *et al.*, 2006). Por lo mencionado líneas arriba posiblemente las vacas cebú mejora los índices reproductivos.

2.4 Parámetros reproductivos

2.4.1 Tasa de concepción al primer servicio

La fertilidad de la vaca lechera comúnmente es medida calculando el porcentaje de vacas que conciben luego de una única inseminación (IA), también conocida como tasa de concepción (Fricke, 2003).

La tasa concepción (TC) se expresa como porcentaje de vacas que quedaron gestantes después de una o más cubriciones o inseminaciones y se obtiene de la relación entre el número total de vacas gestantes dividiendo para el número total de vacas inseminadas gestantes y no gestantes en un determinado período (Acosta y Rodríguez, 2011). La TC también puede ser considerada como la velocidad con la que se preñan las vacas y es el índice más objetivo para monitorear la reproducción en primera estancia. Es el primer indicador que refleja la eficiencia del sistema reproductivo en forma global e integral (Capitaine, 2011). La TC en establos de vacas lecheras ha disminuido del 66% en 1951,

al 50% en 1975 y al 40% en 1997, debido a la mejora genética y la reproducción asistida (Fricke, 2003; Fricke y Shaver, 1999).

Los factores que determinan la TC son: la fertilidad de la vaca, la fertilidad del toro, la exactitud en la detección de los celos y la eficiencia en la IA (Fricke, 2003). Otro factor a considerar al calcular las tasas de concepción es la condición corporal (CC) a la cual los animales llegan al primer servicio post parto (Ortiz, 2006). Ferguson y Thomsen (1994) calculó que la pérdida excesiva de la CC a la parición se asocia con 15% de fertilidad reducida.

La tasa de concepción se calcula de la siguiente formula:

$$TC = \frac{N° \, Vacas \, preñadas}{N° \, Vacas \, inseminadas} \times 100$$

La TC (tasa de concepción) refleja la proporción de vacas que han sido servidas en un ciclo y que por ende están preñadas. Este es uno de los problemas más serios hoy en día en el ganado lechero de alta producción, ya que, debido principalmente a pérdidas embrionarias tempranas, los porcentajes de concepción son bajos (ABS México, 2016).

Según Ferguson y Thomsen (1994), el reflejo de una TC baja se manifiesta en el impacto económico por concepto de:

- ✓ Menor producción de leche en su vida productiva
- ✓ Menor número de terneros para venta o reemplazo
- ✓ Costos extras por concepto de semen
- ✓ Incremento en costos por servicios veterinarios
- ✓ Mayores costos por descarte o reemplazos

La TC al primer servicio o porcentaje de preñez al primer servicio (PPS), relaciona el número de vacas gestantes en el primer servicio con el número total de vacas del primer servicio durante el mismo periodo (Acosta y Rodríguez, 2011). La TC a primer servicio se basa en un diagnóstico rectal de la preñez realizado 40 días después de la inseminación

(Sánchez, 2010). También la tasa de concepción (TC) tiene relación inversa con los servicios por concepción (SPC), y su cálculo es el siguiente:

$$TC = \frac{1}{SPC} \times 100$$

La tasa de concepción se asocia a la tasa de preñez mediante la siguiente ecuación: [(Tasa de preñez= Tasa de Concepción x Tasa de Servicios)]. En los EE.UU., la tasa de preñez promedio es de alrededor del 16%, y hay muchos establos que tienen de 20% o más. En los Países Bajos, la tasa de preñez es del 26% en las explotaciones lecheras. Este índice reproductivo clave es afectado por la fertilidad y la tasa de detección de celo. (Alta, 2012).

Existen desventajas en el uso de semen sexado que son criticadas y condicionantes para su uso por los ganaderos, pero si hay 20 puntos de disminución en la tasa de concepción frente al semen convencional, no se generan grandes pérdidas económicas, por lo cual se recomienda un adecuado manejo en la detección del celo y la inseminación junto al uso de vaquillas, mejoran enormemente este indicador (Echeverry, 2015)

2.4.2 Tasa de concepción con semen sexado

Es importante considerar que la gran mayoría de estudios realizados mediante el uso de semen sexado utilizan principalmente vaquillas, debido a que presentan mejores tasas de concepción que vacas multíparas. Esto se debe al posible efecto del método de sexaje de semen sobre la tasa de fertilidad. Resultados obtenidos por la compañía XY con vaquillas de raza Holstein en el Estado de Colorado, señalaron que la tasa promedio de concepción con semen no sexado (control) fue de 74% a los 33 días posterior a la inseminación, y 69% posterior a una reevaluación a los 67 días después de inseminadas. Por otra parte, las tasas de concepción con semen sexado variaron de 55% a 48%, respectivamente (Weigel, 2004).

Weigel (2004) determinó que los efectos por concentración de espermatozoides de semen sexado (número de espermatozoides por pajilla: 1.5 contra 3.0 millones) y el lugar donde se colocó el semen (cuerpo uterino versus cuerno uterino) no fueron significativos. Resulta lógico pensar (de acuerdo a los investigadores) en menores tasas de concepción con semen sexado, debido principalmente a la menor concentración de semen en la

pajuela (Arroyo, 2008). El Heiferplus (composición: aceite 20%, proteína 26%, fibra 0%, ceniza 7%, Vitamina A 40 000iu/kg, vitamina D_3 5000iu/kg, vitamina E 300iu/kg y selenio 0.3mg/kg), es un agente sexador que estimula la motilidad de espermatozoides X y ralentiza la motilidad de espermatozoide Y, aumentando su fertilidad en 25% (Curry *et al*., 2006); cuando se adiciona al semen sexado como estimulante de la motilidad, mejora la tasa de concepción en vaquillas al primer servicio de 65% a 85%, por lo que se mejoró la proporción de hembras en el rebaño de 46% a 85% (Díaz, 2016).

Respecto a la tasa de concepción con programas de IA empleando semen sexado; un estudio realizado por Quintero y Grajaldes (2014), en la cuenca lechera de Chiriquí, Panamá, para determinar parámetros como la tasa de concepción, número de servicios por concepción y la edad al primer servicio en vaquillas de raza Holstein (N 781), Jersey (90) y Pardo Suizo (N 30), bajo el sistema am – pm y diagnóstico de preñez, mediante evaluación rectal a los 45 días posterior a la inseminación obtuvieron una tasa de concepción global de 45% (404/901) con rangos entre 33 y 50%. Con relación al número de servicios por concepción, el resultado fue de 1.25 servicios por concepción, siendo la edad promedio de las vaquillas evaluadas de 20.6 meses con un rango entre 19 y 24 meses.

2.4.3 Tasa de natalidad

Este parámetro indica la capacidad del animal de llevar a término su etapa de gestación. Factores como el manejo y el nivel nutricional tienen efecto respecto a que el porcentaje de terneros nacidos vivos varíe en las distintas zonas del mundo y en una misma localidad, así como dentro de las diferentes razas. Se considera conveniente si es superior al 90% (Moreira, 1992; Vargas, 2004).

La tasa de natalidad se estima dividiendo el número de terneros nacidos vivos entre las vacas en producción, este parámetro está influenciada por aspectos sanitarios, días abiertos y el sistema de manejo pudiendo variar en los establos de 68.8 a 47.7 % (Orjuela *et al.*, 1991). La estimación de este parámetro depende mucho de la calidad de información que se logre obtener cuando se realiza el control pudiendo muchas veces llevar al sesgo en la toma de decisiones en el manejo de establos.

Los elementos más representativos en un sistema de producción lechero, indican al índice de natalidad como un parámetro clave en la toma de decisiones del manejo reproductivo. No hubo coincidencias de la producción con el número de nacimientos, índice de partos y saca (Bertot *et al*., 2008). Si bien muchos indicadores técnicos se relacionan de manera directa el manejo de los establos tiene influencia en la presencia de sus picos máximos.

El uso de semen sexado en animales de una misma raza presenta ciertas limitaciones, posiblemente debido a diversos factores entre los que destacan las maniobras de inseminación artificial, lugar donde se deposita el semen, concentración de espermatozoides hasta la diferencia de fertilidad de los toros utilizados. Resultados obtenidos por Tubman *et al.* (2004), mediante inseminación artificial con semen sexado, indicaron 87.8% de hembras nacidas mediante el uso del cromosoma X, mientras que el porcentaje de machos fue 92.1% cuando se utilizó el cromosoma Y.. Asimismo, Norman *et al.* (2010) demostraron el efecto del sexo de terneros de 90% para hembras y 10% para machos mediante el uso de semen sexado.

Andersson *et al*. (2006), evaluaron los resultados de preñez después de la IA de vacas lecheras con 305 días en producción, de las cuales 157 fueron inseminadas con semen sexado y 149 con semen no sexado. El promedio de preñez y de las tasas de parto fueron de 21% y el 20% de la IA con semen sexado y el 46% y 45% para el semen no sexado. La proporción de terneras procedentes de la IA con semen sexado fue del 82% en comparación con el 49% para el control con semen no sexado. Estos resultados indican que la IA con dosis de semen sexado bajo condiciones de campo en hatos lecheros comerciales, tiene significativamente menores tasas de concepción en comparación con la IA usando semen no sexado. Por lo tanto, la práctica de IA con semen sexado involucra además un nivel de procedimiento adecuado, con un monitoreo eficaz con la finalidad de maximizar su implementación.

2.5 Factores que afectan la reproducción

2.5.1 Nutricional

La producción de leche es la actividad fundamental de todos los establos, estando en función a variables como el estado reproductivo, suplementación energética y

disponibilidad de forraje (Sheen y Riesco, 2002; Godoy *et al.*, 2020). El fósforo como mineral clave en la producción de leche, es de manifiesto por la presencia en el suero en cantidades que van de 5.08-5.46 mg/dl, esta alta secreción de fosforo por las glándulas mamarias ocasionan bajos índices reproductivos (Vásquez, 2018). Es de manifiesto que dentro de los requerimientos nutricionales la energía y la fibra juegan un rol fundamental en la reproducción y producción lechera.

La condición corporal es un indicador visual que permite identificar el grado nutricional de las vacas luego del puerperio, que está influenciado fuertemente por la producción lechera que moviliza nutrientes de las reservas corporales, es por eso que en sistemas silvopastoriles con componente arbóreo como banco forrajero mejora la condición corporal luego del puerperio (Reinoso y Simon, 2000).

Una condición corporal inapropiada, es decir por debajo de 2.5 y por encima de 4.0 provoca aciclicidad, disminuyendo los indicadores reproductivos como la tasa de concepción, aumento del intervalo de partos, menor peso al nacimiento de la cría. A esto una sobre condición implica un elevado costo de mantenimiento de la vaca (Granja *et al.*, 2012).

Un desequilibrio energético en dietas de vacas al pastoreo se observa principalmente en la gestación y la lactancia, haciendo que se presenten celos silenciosos o irregulares, repetición de celo, mayor número de servicios por concepción, y en el peor de los casos infertilidad (Calderón *et al.*, 2017).

En vacas con lacto inducción, la somatotropina bovina recombinante (rGH) aumenta la población de pequeños folículos ováricos; esto se asocia a concentraciones circulantes de insulina y con el factor de crecimiento insulínico I (IGF-I) alto. Se evidencia la importancia de la acción conjunta del IGF-I o la insulina sobre la FSH y la LH a través de la GnNRH del eje hipotálamo hipófisis; como se evidenció al alimentar vaquillas con el 200% de las necesidades de mantenimiento durante un corto período, se aumentan las concentraciones circulantes de insulina y la población de pequeños folículos ováricos. Por ende, tanto el tratamiento previo con rGH como el aumento de la ingesta alimentaria mejoran la viabilidad embrionaria. Al formular dietas destinadas a aumentar la concentración de insulina durante la lactancia temprana, se nota un leve incremento del

consumo voluntario, llegando más rápidamente a la primera ovulación posparto, mostrando un aumento de la tasa de concepción al primer servicio (Lopez *et al.*, 2011).

2.5.2 Sanitario

Los parásitos internos como externos controlados en un 95%, son los que ocasiona una disminución en la producción lechera, sin embargo, las enfermedades infecciosas como la brucelosis y leptospirosis son las que ocasionan una mayor pérdida económica y muchas veces no son controladas de manera apropiada sobre todo por los pequeños y medianos productores (Basurto, 2015).

El manejo sanitario que se cumple en un establo lechero comúnmente son vacunaciones de brucelosis a los 2-8 meses de edad solo hembras, carbunco sintomático, rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR), leptospirosis y campilobacterosis de los bovinos de todo el rebaño anualmente; también se realiza desparasitaciones internas externas, golpes vitamínicos y tratamiento de miasis y diarreas (Montaño *et al.*, 2009).

La brucelosis, leptospirosis y tuberculosis, no son enfermedades de transmisión sexual, pero tienen bastante repercusión en el aspecto reproductivo. Las dos primeras causan abortos y, la tercera, disminución de la condición corporal que afecta a la preñez de la hembra. Son de naturaleza endémica en los sistemas extensivos y además se las considera enfermedades zoonoticas. Con respecto a la sanidad reproductiva es fundamental su control, lo que actualmente se alcanza gracias al perfeccionamiento de su diagnóstico y prevención (Alberio, 1985).

La mosca de los cuernos del ganado vacuno *Haematobia irritans,* es indicado por muchos ganaderos lecheros que afecta la productividad y reproducción. En la actualidad no se ha determinado cuando este ectoparásito rompe el umbral que afecta económicamente a la vaca lechera, por lo pronto solo existen alternativas para su control a nivel químico y biológico (Ripani, 2010).

2.5.3 Fisiológicos

Los parámetros reproductivos, intervalo entre partos, días abiertos y servicio/concepción pueden estar asociados a aspectos fisiológicos de la producción de

leche, debido a que se observó que cuando esta sube, el desempeño reproductivo baja; en los últimos 50 años debido a la mejora genética la fisiología productiva y reproductiva se vinculan de manera indirecta y se manifiesto en bajos índices reproductivos (Córdova y Pérez, 2005).

La edad al primer parto no afecta la producción lechera, así como el intervalo de partos, por lo que vaquillas servidas con un buen peso tienen una buena producción láctea, sin comprometer las sucesivas campañas. Sin embargo, los factores ambientales como rebaño, época y año de parto y grupo racial son los factores que afectan la producción lechera (Rodríguez *et al.*, 2010).

La baja fertilidad de las vacas Holstein en zonas tropicales y subtropicales ha sido atribuida al estrés de calor en los meses de verano. En vacas secas y en vaquillas se ha observado siempre niveles elevados de progesterona en el verano; pero son más fértiles que las vacas en lactación. La tasa de secreción de progesterona elevada en los meses calurosos se produjo al día 17 y 18, siendo contraproducente para el desarrollo folicular del próximo celo (Fernández *et al.*, 1986).

2.6 Uso del semen sexado en el trópico

La implementación de reproducción asistida es clave para establecer programas de manejo reproductivo, con el fin de manejar eficientemente el semen de los toros probados genéticamente. El semen sexado, haciendo uso de técnicas como citometría de flujo, Computer Assisted Semen Analisys (CASA), Reacción Acrosómica in vitro con heparina, y test de host, son de fácil manejo y acceso rápido, igualmente por el alto porcentaje en efectividad de evaluación espermática de ganado en trópico (González, 2018).

La vitaminas antioxidantes A y E, son disponibles en forma activa como α tocopherol y β caroteno; estas vitaminas suplementadas en vacas causan impactos positivos en la reproducción y la actividad inmunológica, al reducir el estrés oxidativo de los tiempos de escasez de nutrientes; estas vitaminas reducen problemas de la producción lechera, como la mastitis, problemas pre y post parto, incremento en la duración del estro, retrasos en la ovulación, aumento en la incidencia de abortos, mortalidades embrionarias, disminución de los signos de estro, riesgo de presencia de quistes ováricos, retenciones de placenta y

metritis y en la ganancia de peso en terneros debido a los problemas patológicos a causa de factores de inmunodeficiencia. Las vitaminas A y E, están asociados a las condiciones de hábitat y deficiencias de vitamina A y vitamina E en forrajes (Gabanzo, 2018). Las vacas tienen una sostenida alimentación de forraje verde, posiblemente esto influye en cubrir sostenidamente los requerimientos de vitaminas A y E.

La causa más frecuente del problema reproductivo en la vaca lechera es la temprana mortalidad embrionaria con un 30%, y en la mayoría de las ocasiones es asociada a deficiencias nutricionales; incluso las metritis, que es netamente infecciosa, puede deberse a una mala nutrición. La motilidad uterina se reduce por falta de minerales como el calcio o magnesio; también un exceso de proteína que aumenta la concentración de amoníaco en sangre, deprime la actividad de los linfocitos y pueden ser causas de metritis (Bach, 2002). En nuestro estudio pese al uso de semen sexado la presencia de problemas nutricionales y sus posibles efectos fueron mínimos no teniendo influencia en las tasas de fertilidad y natalidad.

El Zinc es un micro elemento que tiene acción en las vías metabólicas y de las hormonas reproductivas. La Cinquemia está fuertemente asociado a las deficiencias reproductivas en vacas Holstein, a su vez está relacionado con el suelo-planta-animal (García *et al*., 2020). En la Irrigación Majes-Arequipa, donde su suelo tiene una textura arenosa con ausencia casi total de arcilla, sin embargo, la presencia de restos volcánicos disminuye la deficiencia del Zinc en los pastos cultivados, por ende, los índices reproductivos son mejores en comparación a evaluar semen sexado en otros valles costeros.

La edad al primer parto con condiciones adecuadas de manejo no influye en las características productivas y reproductivas de las vacas, aun cuando la edad varió de 25 a 42 meses de acuerdo a las categorías (Marini, 2004); por otro lado el porcentaje de preñez es dependiente del toro en la raza Holstein, al utilizar semen sexado en vaquillas, este varia de 38-55% (Marini y Gaiassi, 2015). La independencia del número de parto con que la preñez de la vaca, quizá se deba al toro, la sanidad y alimentación por lo que no se encontraron dependencias de número de partos con la presencia de preñez, los resultados diferentes en porcentajes de preñez quizá también se deban a la proporción de número de partos en el hato.

2.7 Producción lechera en el trópico

Estudios realizados por Mellado *et al.* (2011) sobre el desempeño de la lactación en vacas Holstein (H) y cruces de Holstein x Gyr: ¾ Holstein ¼ Gyr (¾H ¼G) y ½ Holstein ½ Gyr (½H ½G) en una crianza intensiva en una región subtropical del noroeste de México se analizaron las variables producción de leche a 305 días (P305), producción de leche total por lactancia, duración de la lactancia, producción diaria de leche, pico de lactancia y días al pico de lactancia. Ellos encontraron mayores promedios en las vacas Holstein puras (5417 ± 96 kg) que las ¾H ¼G (4807 ± 131kg) y ½H ½G (4541 ± 92 kg). Las lactancias más bajas se observaron en las vacas ½H ½G (288 ± 2.0 d), mientras que las más duraderas se observaron en las vacas Holstein (303 ± 2.1d). La mayor producción de leche a 305 días se presentó en vacas que parieron en enero (5283 ± 1090 kg), mientras que las producciones de leche más cortas se observaron en las vacas que parieron en junio (3989 ± 896 kg).

Estos resultados evidencian que, en ganaderías dedicadas a la producción de leche de manera intensiva en zonas subtropicales, las vacas de raza Holstein producen niveles superiores de leche en relación a las vacas cruzadas. Sin Embargo, en este entorno subtropical el desempeño reproductivo de las vacas Holstein es muy bajo; por consiguiente, este estudio destaca la importancia de disponer de vacas Holstein x Gyr, animales que presentan una mejor adaptación a las condiciones de intenso calor y humedad de esta zona. Estos resultados muestran el impacto negativo causado por la temperatura elevada y el calor del verano sobre la producción lechera de las vacas (Mellado *et al.* 2011).

Una de las aplicaciones para el uso de semen sexado se viene realizando en el trópico brasileño para obtener animales productores de leche y adaptados al trópico, donde existen gran cantidad de animales eminentemente mestizos de *Bos taurus* x *Bos indicus*, cruce que ha desplazado al ganado criollo original y ha demostrado mayor aceptación por parte de los ganaderos (Madalena, 1997).

Al evaluar el comportamiento reproductivo de cruces de Holstein x Cebú genotipos Siboney (5/8H x 3/8S), Mambí (¾ H x ¼ C) y Siboney mestizo (5/8 H x 3/8 C), evidenciaron mejores indicadores reproductivos en los cruces con intervalos de partos de 397 días, servicios por preñez de 1.7 y 127 días parto gestación y manifiestos en una mejor condición corporal (Simon *et al*., 2010). En otros estudios también con cruces de Sibomey y Mambi con el Holstein (3/4H 1/4 M y 5/8H 3/8S), se observó que ambos cruces contribuyeron a la mayor longevidad de las vacas promoviendo una mayor productividad de las mismas (Hernández y De León, 2018).

Si bien es cierto que los cruces de Holstein x Cebú mejoran los indicadores reproductivos en trópico, la fertilidad se ve fuertemente comprometida por la acción del inseminador por lo que se recomienda una revisión periódica de las prácticas de inseminación artificial, detección correcta del estro y técnicas de descongelación del semen, cuando se quiere incrementar la fertilidad del hato (Camberos *et al.*, 1997).

En un estudio de Holstein cruzados con Cebú (HS= ½ Holstein x ½ Sahiwal HC= ¾ Holstein x ¼ Cebú) en su período de lactancia mantuvieron su peso vivo en comparación al Holstein puro, siendo más consistente esta característica conforme las vacas entran a su siguiente parto (Osorio-Arce y Segura-Correa, 2007). Los períodos de gestación, intervalos parto- primer servicio, intervalos parto concepción y intervalos entre servicios fueron 278.9±7.8, 83.0±35.8, 131.6±76.7 y 51.0±37.9 días, respectivamente en cruce de Holstein criadas en sistemas de tropicales, afectados por el año y época en las que se criaron (Gómez y Correa, 1992). El uso de Cruces en Sistemas de producción lechera tropical es importante a nivel productivo y reproductivo.

La obtención de embriones sexados es importante en la cría de ganado cruzado en el trópico (*Bos taurus* x *Bos indicus*), por lo que al someter a razas puras y cruzadas se obtuvo una disminución de la viabilidad de los embriones cruzados y de *Bos taurus* que el del *Bos indicus* puro, esto debido principalmente a que los espermas sexados tuvieron mayor resistencia al estrés oxidativo (presencia de radicales libres) y presentaron menor mortalidad espermática durante el sexado (López *et al.* 2015).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar y período de estudio

El presente estudio se realizó en la irrigación Majes, Distrito de Majes, Provincia de Caylloma, Región de Arequipa, esto fue realizado entre diciembre y octubre, período que comprende desde la selección e IA de las vacas hasta el nacimiento de los terneros. La irrigación Majes se encuentra a 1410 msnm, con una temperatura media anual de 19.1 ºC. Los datos fueron obtenidos en el lugar donde se realizó el trabajo experimental y fueron analizados en el Laboratorio de Zootecnia y Producción Agropecuaria del departamento de Producción Animal y la Clínica de Animales Mayores de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3.2 Descripción del material experimental

3.2.1 Animales

Se utilizaron un total de 1174 vacas de raza Holstein de segundo (434 animales) y tercer (740 animales) parto, provenientes de ganaderos a pequeña escala, quienes participaron en el estudio de forma voluntaria. Las vacas fueron seleccionadas en base a un período de descanso voluntario entre 80 y 100 días posparto con buena condición corporal e historial de no haber sufrido problemas al parto, ni infecciones a nivel del tracto reproductivo. Las vacas seleccionadas fueron inseminadas con semen sexado de tres toros de raza Gyr. Todas las vacas inseminadas fueron evaluadas por examen de palpación rectal antes de la IA.

3.2.2 Semen

Se utilizó 1180 pajillas (0.25 ml) de semen sexado de tres toros de raza Gyr procedentes de Brasil (CRV Lagoa) de las cuales 1174 fueron utilizadas en la IA de vacas Holstein en la proporción que se muestra en el Cuadro 1. Además, fueron tomadas al azar dos pajillas por cada toro, en los que se evaluó la calidad espermática en función al porcentaje de motilidad por valoración subjetiva obteniendo un porcentaje de 55% para los tres toros (Comunicación personal, 20 de noviembre de 2011) y una concentración de 4 millones de espermatozoides por pajilla (CRV, 2022).

Cuadro 1. Distribución de las pajillas utilizadas en el estudio

Mes	I	R	P	TC (%)	H	M	Mu	Na	Ab	Delegado **(A)**	Foliao **(B)**	Peralta **(C)**
1	138	63	75	54.3	51	15	6	72	3	70	29	39
2	231	119	112	48.5	84	20	4	108	4	73	72	86
3	192	94	98	51.0	93	4	0	97	1	91	43	58
4	200	109	91	45.5	72	12	5	89	2	63	63	74
5	106	42	64	60.4	51	11	0	62	2	29	38	39
6	62	11	51	82.3	36	10	3	49	2	25	20	17
7	91	22	69	75.8	55	10	2	67	2	18	31	42
8	49	11	38	77.6	30	6	2	38	0	14	20	15
9	65	28	37	56.9	18	11	4	33	4	11	28	26
10	20	8	12	60.0	6	5	1	12	0	0	8	12
11	20	10	10	50.0	6	3	1	10	0	0	20	0

I: Inseminadas, R: Retorno, P: Preñadas, H: Hembras, M: Machos, Mu: nacidos muertos Na: Nacimientos, Ab: Abortos.
Fuente. Elaboración Propia

3.3 Metodología de estudio

3.3.1 Detección de celo

La detección de celo para el estudio se realizó de manera visual teniendo en consideración los siguientes indicadores de comportamiento y fisiológicos:

- ✓ Monta a otras vacas
- ✓ Descargas mucosas claras
- ✓ Descanso de la barbilla y caricias con esta parte del cuerpo
- ✓ Vulva hinchada y roja, frecuencia al orinar
- ✓ Flancos fangosos y cola fruncida, lacerada o raspada en su base
- ✓ Mugidos frecuentes, gestos ansiosos, comportamiento de olfateo
- ✓ Baja en producción de leche y falta de apetito

3.3.2 Inseminación

La inseminación fue previa detección de celo natural, considerando un período de 12 horas al inicio probable de celo para realizar la inseminación (Olds *et al*., 1954 y Smith y Faichild, 1980). Las pajillas fueron transportadas en el tanque de almacenamiento sumergido en nitrógeno líquido a -196 °C, con la finalidad de asegurar la calidad y evitar posibles alteraciones en el semen. El personal técnico tuvo vasta experiencia en labores de inseminación para las 1174 vacas, siendo 7 los inseminadores que hicieron el trabajo de manera aleatoria para los toros usados (Anexo 2). El semen fue depositado a nivel intra-uterino (McPershon, J.W., 1968). Los pasos fueron:

- ✓ Inmovilización de la vaca
- ✓ Limpieza del área de la vulva
- ✓ Descongelar la pajuela
- ✓ Preparación de la pistola de inseminación
- ✓ Introducción y aplicación del semen en el útero
- ✓ Desecho de materiales
- ✓ Registro de la vaca y el toro usados

3.3.3 Diagnóstico de preñez

El diagnóstico se hizo manualmente a través de palpación rectal a los 45 a 60 días después de la inseminación artificial. La información de todas las vacas se registró

diariamente hasta el término de la gestación. La información adicional registrada fue: posible aborto u otros problemas reproductivos.

3.4 Preparación de la información

Los resultados obtenidos del estudio fueron ingresados a una base de datos (MS Excel, 2010). Los animales del estudio fueron identificados y organizados de la siguiente manera: Arete de la vaca, fecha del servicio, fecha del diagnóstico de preñez y observaciones. Luego se calcularon los índices reproductivos de tasa de concepción, tasa de preñez y la natalidad vaca y de rebaño.

3.5 Variable respuesta

Tres variables son consideradas como variables respuesta en el estudio: (1) tasa de concepción al primer servicio, (2) tasa de natalidad del rebaño y (3) sexo de los terneros. La tasa de concepción al primer servicio (TCPS) fue obtenida a partir de la siguiente formula:

$$TCPS = \frac{N° \ vacas \ preñadas \ (+)}{N° \ vacas \ inseminadas} \times 100$$

Mientras que la tasa de natalidad (TN) fue obtenida a partir de:

$$TN = \frac{N° \ crías \ nacidas}{N° \ de \ población \ de \ vacas \ del \ estudio} \times 100$$

Para la obtención de estos resultados, la variable diagnóstica fue codificada como una variable categórica (1=vacía; 2=preñada). Por otro lado, el sexo de los terneros fue codificado como variable binaria (0=hembra; 1=macho). Cada una de las tasas obtenidas en el estudio son presentados con sus respectivos intervalos de confianza del 95%, el cual queda definido mediante la siguiente expresión:

$$IC_{95\%} = p \pm z(95\%)\sqrt{pq/n}$$

Dónde:

p = proporción obtenida

q = 1 – p

z = valor tabular al 95% (1.96)

n = tamaño muestral

3.6 Variable de asociación

Como variables de asociación en nuestro estudio se incluyó: Número de partos de las vacas, donde únicamente se utilizaron vacas con 2 o 3 partos, por lo que dicha variable quedó definida como variable binaria (0=2 partos; 1=3 partos); tipo de toro utilizado: en el estudio se utilizaron pajillas de 3 toros de raza Gyr (Toro A: 394; Toro B: 408; Toro C: 372 pajillas, respectivamente).

3.7 Análisis estadístico

Las tasas de concepción, natalidad, y sexo de los terneros son presentadas como proporciones, con intervalos de confianza del 95%. Para comparar la dependencia de diagnóstico de preñez con número de parto y toros usados se usó la prueba no paramétrica de Chi cuadrado (p-valor<0.05). Las diferencias en cuanto al semen utilizado (procedente de los tres toros) en relación con la tasa de concepción, natalidad, y sexo de los terneros fueron analizadas mediante la prueba no paramétrica de Chi cuadrado (nivel de significancia de 0.05). Los resultados fueron presentados como cuadros de contingencia. El efecto del número de partos de las vacas (2 ó 3 partos) sobre las tasas de concepción, natalidad y sexo de los terneros fue analizado mediante la prueba de Chi cuadrado (nivel de significancia de 0.05). El programa que se utilizó fue SPSS Versión 22.0 (IBM SPSS Inc.)

$$x^2 = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c}\frac{\left(O_{ij} - E_{ij}\right)^2}{E_{ij}}$$

O_{ij}= Frecuencias observadas

E_{ij}= Frecuencias esperadas

Siendo la hipótesis nula: los dos criterios de clasificación son independientes, y la hipótesis de investigación: los dos criterios de clasificación están relacionados (si el $X^2_{calculado} > X^2_{(\alpha,gl1,gl2)}$).

Los datos de porcentajes de concepción y natalidad durante los diferentes meses del estudio fueron analizados por ANOVA de una vía con un $P<0.05$. La comparación de las tasas de concepción y natalidad de vacas de 2º y 3 parto fueron realizadas con la prueba de T-student ($P<0.05$). El programa que se utilizó fue GraphPad prism 6.0

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Concepción y natalidad por meses y números de partos

La frecuencia de inseminaciones por mes en vacas de segundo parto se muestra en la Figura 1. El diagnóstico de preñez (concepción) según el mes del servicio varió entre 37 y 77%, en tanto que la frecuencia de partos (natalidad) varió entre 32 y 71%. En forma similar, la frecuencia de inseminaciones por mes en vacas de tercer parto se muestra en la Figura 2. El diagnóstico de preñez (concepción) según el mes del servicio varió entre 39 y 88%, en tanto que la frecuencia de partos (natalidad) varió entre 38 y 85%. En ningún caso se observaron diferencias estadísticas por efecto del mes de servicio. Tampoco se observaron diferencias significativas por efecto de las épocas del año.

	Dic.		Ene.		Feb.		Mar.		Abr.		May.		Jun.		Jul.		Ago.		Sep.		Oct.	
	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.
%	57	57	49	47	58	58	58	57	71	69	64	57	77	71	67	67	37	32	60	60	44	44

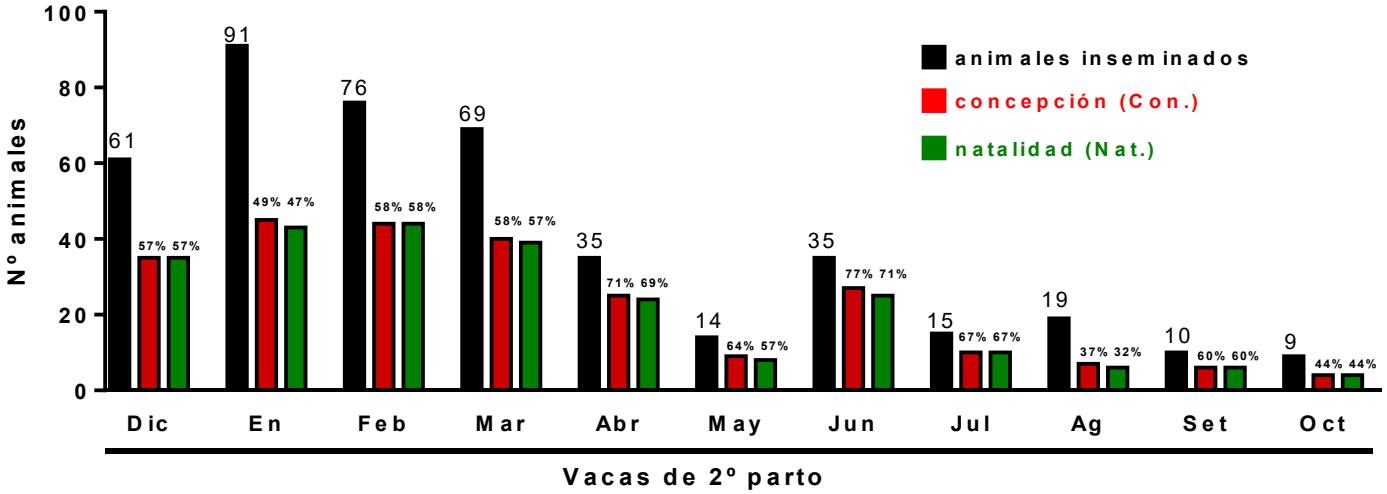


Figura 1. Tasa de concepción al primer servicio (%) y de natalidad (%) de 434 vacas Holstein de segundo parto inseminadas con semen sexado Gyr entre diciembre de 2011 a octubre de 2012 en la irrigación de Majes-Arequipa.

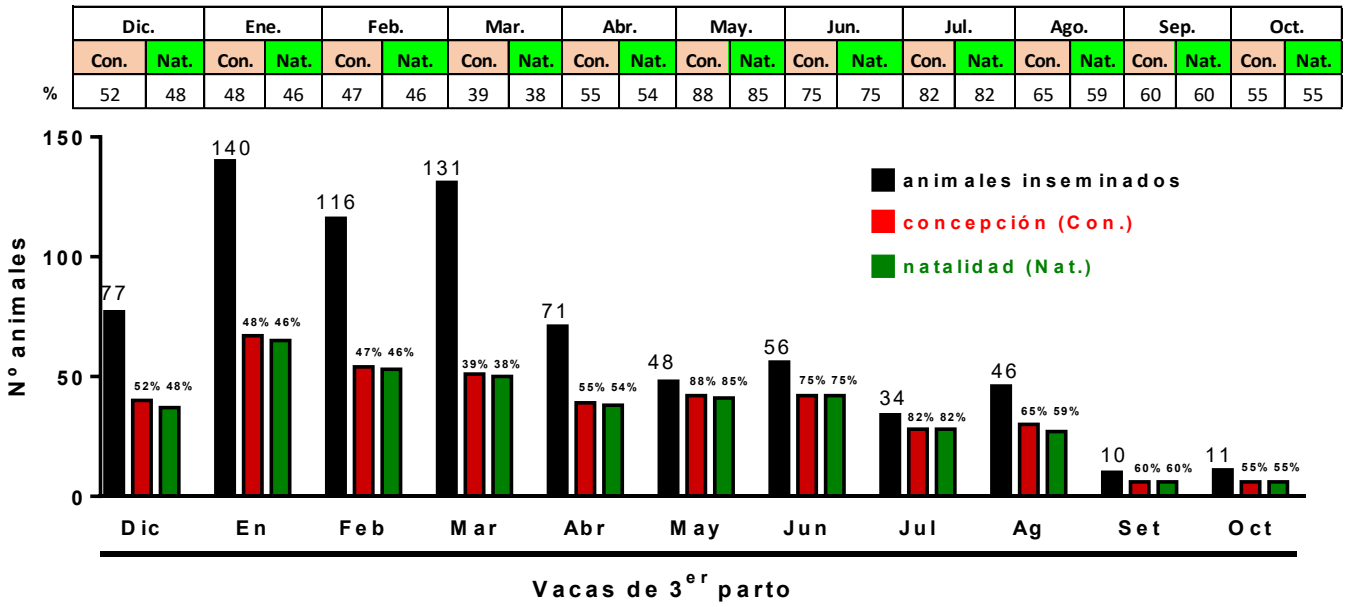


Figura 2. Tasa de concepción al primer servicio (%) y de natalidad (%) de 740 vacas Holstein de tercer parto inseminadas con semen sexado Gyr entre diciembre de 2011 a octubre de 2012 en la irrigación de Majes-Arequipa

Tampoco se observaron diferencias significativas en las tasas de concepción al primer servicio y natalidad por efecto de la estacionalidad, habiéndose obtenido tasas de concepción entre 46 y 82% y de natalidad entre 45 y 79% (Figura 3).

El número de parto (segundo o tercero) no fue un factor que influenció la tasa de concepción o la natalidad (Figura 4). La tasa de concepción promedio fue de 56% y la tasa de natalidad de 54%. Por otro lado, el porcentaje de terneras fue de 82% y de terneros de 18 %.

	Dic.		Ene.		Feb.		Mar.		Abr.		May.		Jun.		Jul.		Ago.		Sep.		Oct.	
	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.	Con.	Nat.
%	54	52	48	47	51	51	46	45	60	58	82	79	76	74	78	78	57	51	60	60	50	50

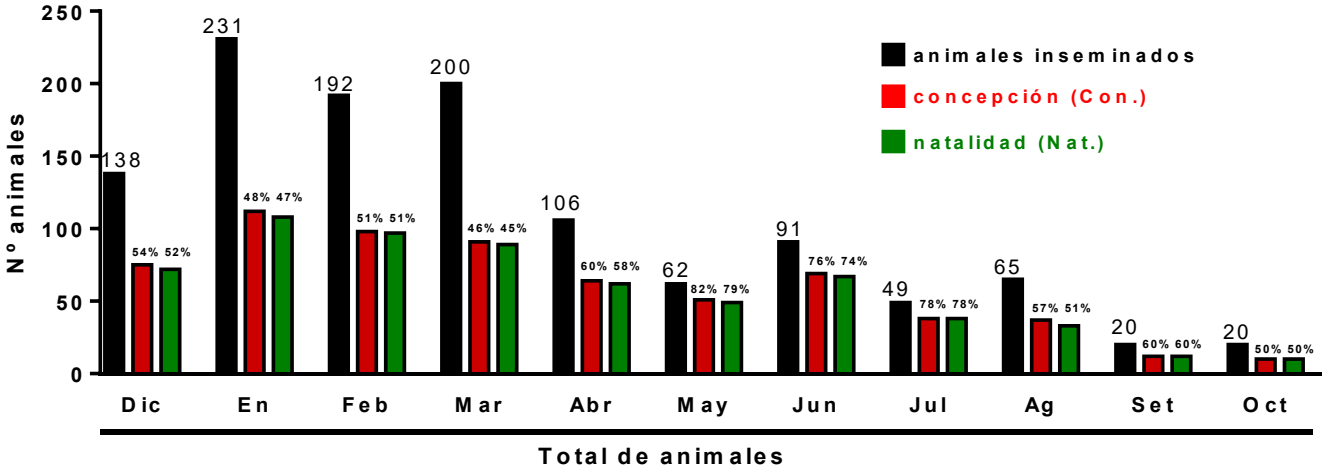


Figura 3. Tasa de concepción al primer servicio (%) y de natalidad (%) de 1174 vacas Holstein de segundo y tercer parto inseminadas con semen sexado Gyr entre diciembre de 2011 a octubre de 2012 en la irrigación de Majes-Arequipa

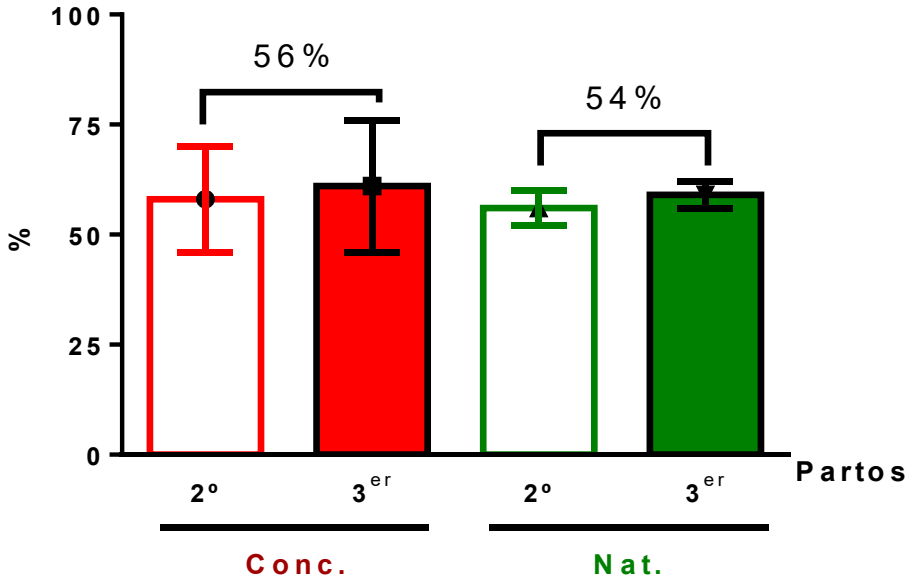


Figura 4. Tasas de concepción (Conc.) al primer servicio y natalidad (Nat.) en vacas Holstein de segundo y tercer parto inseminadas con semen sexado Gyr en la irrigación de Majes-Arequipa

El uso de semen sexado es una técnica prometedora para la industria lechera porque proporciona un mayor número de terneras en el establo (De Vries *et al*., 2008), mayor posibilidad de reemplazos (Roy 2007) y disminución de distocias (Garner y Seidel 2008).

Los resultados del presente estudio indican que el número de partos no influye en la tasa de concepción y natalidad tras usar semen sexado Gyr, siendo dichas tasas similares. Sin embargo, del total de vacas inseminadas con semen sexado Gyr, durante los meses de diciembre hasta octubre, se pudo observar una menor natalidad en el mes de agosto frente a los meses de julio, setiembre y octubre, lo cual estadísticamente no fue significativo. Se ha demostrado que la fertilidad en vacas lecheras lactantes es muy sensible al estrés por calor o la estación en climas cálidos (Huang *et al*., 2008; Avendaño-Reyes *et al*., 2010) lo que no sucede en nuestro estudio, pues la irrigación Majes mantiene una temperatura media similar en todos los meses del año, por lo que esa diferencia estadística en la natalidad estaría supeditada a una respuesta individual de los animales. La falta del efecto de las condiciones climatológicas sobre la tasa de gestación se atribuye al clima templado durante la inseminación (McManus *et al*., 2009; Gaughan *et al*., 2010).

4.2 Tasas de concepción y natalidad, y sexo de terneros

Durante la campaña de evaluación la tasa de concepción promedio fue de 55.96%, la natalidad promedio 54.26%, el porcentaje de hembras 82.43% y el porcentaje de machos 17.57% (Cuadro 2). Como se evidencian los indicadores reproductivos no están por debajo de los óptimos para un establo lechero, especialmente si tomamos el promedio de TC del año, esto puede ser atribuible al cruce de razas, sin embargo, la proporción de hembras se elevó en más del 80%.

Cuadro 2. Tasas de concepción y natalidad y sexo de terneros

Tasa	Prom	Nivel de confianza inferior	Nivel de confianza superior
Concepción	55.96%	52.64%	59.30%
Natalidad	54.26%	50.92%	57.60%
Hembras	82.43%	79.12%	85.32%
Machos	17.57%	14.68%	20.88%

En 48 vaquillas Holstein inseminadas con semen con Heiferplus (mejora la fertilidad de los espermas X) como agente sexador se obtuvo una tasa de concepción de 65%, mientras con semen convencional fue 85%, encontrándose diferencias estadísticas, pese a que se obtuvo un 80% de terneros hembras, la adición del agente sexador tuvo diferencias con el semen convencional en cuanto a la tasa de concepción (Díaz, 2016). Los resultados obtenidos en el presente estudio son superiores en cuanto a la proporción de hembras e inferiores en cuanto a la tasa de concepción, debido a que se inseminaron vacas en donde la tasa de concepción siempre es menor.

Por otra parte, en el presente estudio se ha podido determinar en el total de vacas inseminadas, una tasa de concepción promedio de 56 %, lo que es superior a la tasa de concepción encontrada en otros estudios donde se obtuvieron como promedio máximo una concepción de 51.1% en vacas el año 2010 y 75% en vaquillas el 2009 con un promedio general de 45.1% para vacas y 73% para vaquillas de la zona de Santa Rita de Siguas Arequipa (Málaga 2017) y un 23% de concepción (Andersson *et al*., 2006; Mellado et al., 2010), y entre 31-57% (Seidel *et al*., 1999; Cerchiaro *et al*., 2007); sin embargo, en la mayoría de estos ensayos se utilizaron vaquillas a diferencia de nuestro estudio donde se utilizaron vacas de 2º y 3er parto, lo cual amerita los resultados hallados en el presente estudio. A pesar de haber obtenido en el presente trabajo mayores tasas de concepción que otros estudios, se puede afirmar que son parecidos a los hallados con IA usando semen convencional, lo que reafirma que las tasas de concepción pueden estar comprometidas por la clasificación del semen. Por lo tanto, parece que la aplicación comercial de esta tecnología que proporciona un uso rentable de semen sexado es utilizar esta tecnología en vacas y en vaquillas (Seidel y Schenk 2008), debido a las bajas tasas de concepción obtenidas en vaquillas reportadas en otros estudios (Seidel y Garner 2002).

El semen sexado tuvo sus limitaciones en su uso, ya que disminuye fuertemente la fertilidad por los daños causados al semen sexado, de los que destaca la fragmentación de ADN, por lo que en un rebaño con una tasa de concepción de 60% con semen convencional, se esperaría una disminución en el mismo parámetro hasta alrededor de 40-50%; por lo que en Argentina se observó en vacas Holstein inseminadas con semen sexado una tasa de concepción de 39-41%, el porcentaje de terneros hembras fue 93,2% y la mortalidad de terneros 17,4%; influyendo en la disminución de los días de gestación

y tasa de concepción, mas no los partos distócicos y las mortalidades (Franchini *et al.*, 2016). La tasa de concepción en el presente estudio fue superior, mientras la tasa de terneros fue menor en el presente estudio, lo que justifica el uso de semen sexado en vacas, empleando adecuadas medidas de cuidado en la inseminación de las mismas.

El uso de semen sexado en la fertilización *in vitro* comparando *Bos taurus* y *Bos indicus* tuvo como tasa de concepción 44.4% para el semen sexado, mientras el semen convencional fue 46%, no encontrándose diferencias entre las especies. Por otro lado el semen convencional tuvo mayor eficacia en la implantación embrionaria (Bonilla *et al.*, 2018). En nuestro estudio la tasa de concepción fue superior a lo reportado líneas arriba, cabe mencionar que se ha utilizado inseminación artificial, por lo que se confirma que la inseminación artificial en comparación con la transferencia de embriones aun muestra mejores indicadores reproductivos.

Los *Bos indicus* tienen menor proporción de diferencia de concentración de ADN del X con el Y siendo aproximadamente un 3.7%, mientras en el *Bos taurus* puede llegar a 4.1%. Las características post sexado del semen como el 45% de motilidad, 50% de acrosomas intactos a 3 horas de incubación, menos de 25 colonias por análisis y mínimo 87% de espermatozoides XX, serán los que influyan en la menor tasa de concepción que un semen convencional (Mora, 2018). Estas características posiblemente han sido puestas de manifiesto en el presente estudio, por lo que las tasas de concepción y natalidad son menores a cuando se usa semen convencional y el porcentaje de terneros sexados estuvo por debajo del mínimo de estándar de semen sexado en *Bos indicus* (Mora, 2018).

Al hacer un análisis longitudinal, el pico de mayor cantidad de vacas inseminadas fue en el mes de enero (2) con 231 cabezas y el más bajo fue en los meses de setiembre (11) y octubre (12) con 20 cabezas, posiblemente este comportamiento se deba al reinicio de la actividad ovárica, mayor disposición de vacas, nivel de producción de leche y al clima de la Irrigación Majes (temperatura media anual de 19°C) que no tuvo impacto en el estrés por calor en enero. A su vez posiblemente la inclusión de sombra en los corrales hizo que las vacas estén menos expuestas a sol disminuyendo la degradación de la vitamina A que a su vez incrementa los radicales libre que provoca la disminución la actividad reproductiva en las vacas (Quintela *et al.*, 2008); pese a las fluctuaciones de vacas

inseminadas los índices de concepción y natalidad se mantuvieron de acuerdo a la época del año (Figura 1), no incidiendo en número de vacas inseminadas en dichos indicadores. En los meses de abril a setiembre se evidenciaron los picos de las tasas de fertilidad y natalidad (Fig. 3).

La tasa de concepción (56%) obtenida en el presente trabajo es atribuible a la IA a celo visto, la que siempre brinda mejores resultados en términos de inseminaciones exitosas, comparado con la IA a tiempo fijo, empleando protocolos de sincronización de la ovulación, atribuible también al mejor desempeño del ganadero en referente a la detección del celo y aviso para la inseminación de sus vacas. No se descarta que los niveles de rendimiento lechero no son tan altos en el ganado lechero de Majes.

El mejoramiento genético en el vacuno lechero genera nuevas exigencias nutricionales, por lo que al evaluar los días post parto hasta la primera ovulación se identificó que vacas con 22.9 kg de leche tienen entre 9 a 14 días, mientras que vacas de 27.2 kg de leche tienen entre 15 a 20 días y por último vacas de 29.4 kg de leche tienen entre 21 a 34 días (Hazard, 2000). En nuestro estudio el promedio de producción está cercano a los 22.9 kg de leche en vacas de segundo parto, por lo que posiblemente este comportamiento fisiológico este ocasionando mayor presencia de celos en verano que en invierno y otoño, cabe mencionar que esto no indica obtener buenas tasas de fertilidad y natalidad.

En el presente estudio una tasa de natalidad promedio fue de 54 %, y de esos nacimientos 82 % corresponden a terneras y el porcentaje de terneros fue de 18 %. Respecto al porcentaje de terneras es menor que la postulada en otros estudios donde encontraron un 91% (142/156) de descendencia de hembras (Mellado *et al*., 2010) y del 90% de terneras (Seidel y Garner, 2002; DeJarnette *et al*., 2008), siendo esta diferencia poco significativa, nos indica que el uso de semen sexado Gyr es un método aun fiable para incrementar el número de terneras en el hato de ganado.

En un estudio realizado en vacas Holstein en trópico con semen sexado se obtuvo un porcentaje de crías hembras de 73%, con un mayor número de reposiciones de hembras en el hato, en cuanto a la presencia de crías macho bajan la eficiencia productiva en un

5%, y también el costo de las terneras hembras es mayor en un establo leche; con un 84 % de preñez y una mejora de 50 al 73% de porcentaje de terneras, se mejora la rentabilidad lechera en la sierra ecuatoriana (Valdez, 2013). En nuestro estudio el porcentaje de crías hembras es superior posiblemente debido a que nosotros evaluamos este índice en clima templado y no en trópico, también puede deberse al uso de toros de la raza Gyr (*Bos indicus*).

4.3 Diagnóstico de preñez con la campaña de parto

La mayor proporción de vacas preñadas fueron de segundo parto con 58.06%, frente a un 54.73% en vacas de tercer parto (Cuadro 3), a su vez las de tercer parto tuvieron una mayor detección de retorno de celo con 45.27%. No encontraron evidencias estadísticas de dependencia entre la tasa de concepción y número de parto (p> 0.05) como se muestra en el Cuadro 3. Se puede decir entonces que la tasa de concepción es independiente de número de parto en que se encuentra la vaca.

Cuadro 3. Tabla de contingencia de la concepción y número de parto

Parámetro	Parto		Total
	2º	3er	
Concepción (%)	**58.06** (252/434)	**54.73** (405/740)	**55.96** (657/1174)
Retorno de celo (%)	**41.94** (182/434)	**45.27** (335/740)	**44.04** (517/1174)

X-cuadrado:2.43; p-valor=0.30
Total:1174 animales; concepción 2º parto: 252 animales; concepción 3er parto: 405animales

En un trabajo realizado en Brasil por Ribeiro Peres *et al.* (2016), para comparar la tasa de concepción de vacas y novillas cruzadas Holstein x Gyr inseminadas con semen sexado y semen convencional con el uso de un protocolo de sincronización de celo e inseminadas después de 18 y 24 horas de observado el celo, encontraron que no hubo diferencia significativa en la tasa de concepción de acuerdo con la categoría animal, vacas (52%) y novillas (44%), pero si encontraron diferencias en la tasa de concepción del uso de semen convencional (70%) respecto al semen sexado (48%). Los resultados del

presente estudio coinciden ligeramente en la tasa de concepción, por lo que una selección de vacas con buena aptitud reproductiva garantiza la concepción cuando se usa semen sexado.

Anderson *et al.* (2006), evaluaron los resultados de preñez en vacas Holstein después de la IA de vacas lecheras con 305 días en producción, de las cuales 157 fueron inseminadas con semen sexado y 149 con semen no sexado. El promedio de concepción y de las tasas de natalidad fueron de 21% y el 20% de la IA con semen sexado y el 46% y 45% para el semen no sexado. Nuestros resultados están por encima de las reportadas líneas arriba para semen sexado, teniendo en cuenta que ambos estudios se evaluaron vacas y no vaquillas.

La acción sobre la integridad de la espermática ocasionada en el proceso del sexaje disminuye la capacidad fecundante. El índice de concepción es alto, con una tasa de concepción de 39-53% cuando el semen sexado es puesto en el cuerno del útero durante la IA (Duque, 2017). Si bien nosotros no estimamos el índice de concepción, pero sabemos que este está asociado con la tasa de preñez y el semen fue depositado en el cuerpo del útero, sin embargo, coinciden con los resultados líneas arriba.

En vacas Brahman cruzadas con toros *Bos taurus*, las de primer parto tardaron más en preñarse que las de segundo o más partos, por otro lado las condiciones ambientales homogéneas no permiten que algunos cruces sobresalgan sobre otros (Osorio y Segura, 2010). La condición corporal y la involución uterina determinan la recuperación de la vaca para el siguiente servicio, en cuanto a la condición corporal se asocia a disponibilidad de receptores de leptina y el flujo sanguíneo de la misma en vacas adultas; por otro lado, se conoce que la leptina tiene actividad sobre la formación del cuerpo lúteo a nivel reproductivo a través del eje hipotalámico (Domínguez *et al.*, 2008; Lopez, 2006). Los resultados obtenidos en el presente estudio indican el comportamiento de que vacas de segundo parto, tengan mejores tasas de concepción que las de tercer parto, posiblemente se deba a la condición corporal y los receptores de leptina.

Cuando graficamos las frecuencias notamos que las vacas de tercer parto muestran los más altos indicadores de preñez, aunque también muestra mayor actividad de celo en este

grupo etario (Figura 2). En vacas la leptina está vinculada a la modulación del ciclo estral y posiblemente en el control de la reproducción. Hay una asociación positiva entre los niveles de leptina en el suero y los del fluido folicular. Además, hay una asociación negativa entre el incremento de los niveles de leptina y la concentración de estrógenos. En vacas y vaquillas, la leptina circulante disminuye durante la fase luteal y folicular del ciclo estral. Por otro lado, durante la pubertad en machos y hembras, las concentraciones sistémicas de leptina se incrementan, en humanos, como en muchas especies animales como cerdos, ratones y vacunos; manteniéndose solo en las hembras, ya que en los machos disminuyen después de la pubertad, esto se atribuye al efecto inhibidor de la testosterona sobre la leptina (Quinteros y Cortés, 2008). La leptina en animales jóvenes es mucho mayor por lo que esto posiblemente esté afectando los indicadores reproductivos como la preñez identificados en este estudio, probablemente los celos son más cortos y no identificados.

Los porcentajes de concepción fueron distintos, siendo al primer servicio 64.4 y 54.4%, al segundo servicio 54.4 y 70.4% y al tercer servicio 80 y 62.5% con semen convencional y sexado respectivamente. En servicios por concepción no hubo diferencias y se observaron 1.66 y 1.52 pajillas por concepción en semen convencional y sexado respectivamente. Mientras la proporción de machos fue de 54.5 y 94.3% en semen convencional y sexado respectivamente (Antônio y Briceño, 2013). Si bien nosotros no reportamos estos indicadores, pero posiblemente estos indicadores son mayores en las vacas de segundo parto; por otro lado, la proporción de hembras en nuestro estudio fue menor a la proporción de machos reportados en este estudio.

Las pajillas sexadas tiene menor concentración de espermatozoides (2×10^6) que el semen convencional, por lo que es necesario su uso en vaquillas primerizas o en vacas con buenas características reproductivas, por otro lado, se requiere de personal calificado para obtener indicadores reproductivos apropiados para una rentabilidad del establo (Bonilla y Sanchez, 2019). En el presente estudio se tuvo cuidado a elegir las vacas para ser inseminadas con semen sexado obteniendo resultados esperados a nivel técnico y posiblemente económico.

4.4 Preñez con los toros usados

El semen sexado Gyr utilizado provino de 3 toros (A, B, C). La proporción de natalidad encontrada fue de 52.8%, 56.5% y 53.4 para los toros A, B y C, respectivamente. Se evidencia estadísticamente (p> 0.05) que la procedencia del semen (toros A, B y C) influye de forma similar sobre las tasas de concepción y natalidad (Cuadro 4), esto nos indica que todos los toros posiblemente tuvieron similares calidades seminales.

Los resultados obtenidos con semen sexado en vaquillas en Chile, que alcanza satisfactorias tasas de preñez con un alto porcentaje en el sexo de las crías. Su utilidad en la actualidad en el área pecuaria contribuye al mejoramiento genético de los establos satisfaciendo los requerimientos del criador (Caballero *et al.*, 2013). Como se evidencia en el presente estudio la uniformidad de las tasas de preñez en los toros usados, nos indica la comprobada calidad seminal post sexado.

La tasa de concepción de 44.8% y el porcentaje de crías hembras del 89% son variables reproductivas comprobadas en vaquillas Holstein, junto al factor de incidencia de partos distócicos hace que el semen sexado tenga una creciente preferencia por los productores, siempre y cuando se haga un correcto análisis de los costos adicionales y reducidos (Cabrera, 2010). Si bien se llegó a una tasa de concepción aceptable en el estudio no se estimaron los costos adicionales y reducidos de la implementación de esta tecnología. Las frecuencias de preñez y toros usados muestran claramente la independencia de ambas variables en cuanto a las proporciones presentadas.

Cuadro 4. Tabla de contingencia de diagnóstico de preñez y toros usados

Parámetro	Toros			Total
	A	B	C	
Natalidad (%)	52.8%	56.5%	53.4%	54.26%
Retorno de celo	14.65%	13.71%	15.67%	44.03%

X-cuadrado: 5.17; p-valor: 0.27

El semen sexado de toros de la raza Gyr usados en vacas de segundo y tercer parto presentaron aceptables porcentajes de natalidad como se muestra en el Cuadro 4, El daño al estrés oxidativo a las moléculas de ADN que son regulados en el plasma seminal por antioxidantes como la superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión reductasa regulados por el cobre, manganeso, selenio y zinc (no enzimáticos), mientras los antioxidantes como glutatión, ácido ascórbico y ácido úrico como compuestos hidrosolubles, y la vitamina E y los carotenos como liposolubles (enzimáticos), es menor en *Bos indicus* (Izquierdo *et al.*, 2017.).

V. CONCLUSIONES

- La tasa de concepción alcanzo 56% y la tasa de natalidad llego al 54% siendo ambos valores, superiores a otros estudios.
- El porcentaje de terneras hembras de nuestro estudio es 82%, resultado inferior a otros estudios
- El uso de semen sexado Gyr es un método fiable para incrementar el número de terneras en los hatos lecheros.
- El número de partos no influye sobre la tasa de concepción y natalidad.
- Durante los meses evaluados el ambiente clima no afectó la tasa de concepción ni la natalidad, debido a que en la irrigación Majes la temperatura y humedad son muy estables en los diferentes meses del año.

VI. RECOMENDACIONES

- El uso de semen sexado en vacas de segundo o tercer parto debe seguir siendo estudiado con el fin de establecer estrategias para la mejora de la concepción.
- Iniciar estudios de los animales F1 en el trópico peruano para determinar parámetros productivos y reproductivos

VII. LITERATURA CITADA

1. **ABS México. 2016.** Plan para Mantener Niveles de Eficiencia Reproductiva Adecuada en las Lecherías. (En línea). Accesado el 28 de julio 2019. http://bmeditores.mx/plan-para-mantener-niveles-eficiencia-reproductiva-adecuados-en-las-lecherias/

2. **Aban JA, Delgado R, Magaña JG, Segura JC. 2008.** Factores que afectan el porcentaje de gestación a 120 días posparto en vacas cebú y cruzas con europeo en el sureste de México. Avances en Investigación Agropecuaria, 12(1), 45-56.

3. **Acosta MPL y Rodríguez SRJ. 2011**. Porcentaje de preñez en vacas lecheras sometidas a sincronización del celo y la aplicación de progesterona el día 13 pos-servicio. (En línea). Accesado el 30 mayo del 2018. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/118/1/T3062.pdf

4. **Alberio R. 1985.** Manejo reproductivo del ganado bovino en sistemas extensivos. ITEA Vol. Extra, 5, 267-296.

5. **Alta. 2012.** ¿Cómo se constituye la tasa de preñez y que significa esto? (En línea). Accesado el 15 de mayo del 2019. http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/302_%C2%BFComo-se-construye-la-tasa-de-pre%C3%B1ez-y-que-significa-esto.html

6. **Alvarado J, Galarza L, Garzón J, Batallas C, Perea F, Marini P. 2017.** Inseminación profunda y re-sincronización de vaquillas, como herramienta para incrementar la tasa de preñez con el uso de semen sexado. Maskana, 8, 53-56

7. **Andersson M, Taponen J, Kommeri M, Dahlbom M. 2006.** Reproduction in Domestic Animals. Editorial, año …. completar

8. **Antônio C, Briceño, R. 2013.** Evaluación del uso de semen sexado contra semen convencional en vaquillas de leche en la finca de Ingeniería Agrícola y Ganadera S.A. (IAGSA), Comayagua, Honduras. Incompleto

.

9. **Arboleda Correa MP. 2020.** Comparación de algunos parámetros productivos y reproductivos de vacas Holstein y sus cruces con Jersey y Gyr en un hato lechero en trópico alto colombiano. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Corporación Universitaria Lasallista- Antioquía-Colombia.

10. **Arroyo J. 2008.** Sexado de semen, una nueva herramienta para la producción de carne. Revista Angus, Bs. As., 241:37-39

11. **Ariza, LE, Camacho W, Serrano-Novoa C. 2006.** Evaluación retrospectiva de la tasa de preñez obtenida por transferencia de embriones en diferentes cruces bovinos en el municipio de Puerto Araujo, Santander, Colombia. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 7(4), 1-7.

12. **Asocebu. (2020).** Asocebu Colombia. Obtenido de Gyr. Revisado 20 de dic del 2020. Disponible en https://www.asocebu.com/index.php/el-cebu/razas/gyr

13. **Avendaño-Reyes L, Fuquay JW, Moore RB, Liu Z, Clark BL, Vierhout C. 2010.** Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score, and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. Tropical Animal Health and Production, 42: 265–273. doi: 10.1007/s11250-009-9415-7.

14. **Bach, A. 2002.** La reproducción del vacuno lechero: Nutrición y fisiología. XVII Curso de Especialización FEDNA. Purina, España. Esto es revista', busca la fecha y debes regirte po las citas de la RIVEP.

15. **Barceló-Fimbres M, Campos-Chillón LF, Seidel GE. 2011.** In vitro fertilization using non-sexed and sexed bovine sperm: sperm concentration, sorter pressure, and bull effects. Reprod Domest Anim 46: 495-502. doi: 10.1111/j.1439-0531.2010.01696.x

16. **Basurto DL. 2015.** Caracterización Del Sistema De Producción De Vacunos De Leche En El Distrito De Vitis - Provincia De Yauyos – Lima - 2014. In Facultad de Zootecnia. http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1841

17. **Bejar T. 2021.** Factores que afectan la tasa de preñez en vacas receptoras transferidas con embriones producidos in vitro en condiciones de altura. Tesis MV, Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Peru. Disponible: http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15594/Bejar_Huaylla_Teofilo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

18. **Bertot JA, Vázquez R, De Armas R, Ga-Ray M, Avilés R, Tejeda E, Loyola C, Maidiar Y, Junco H. 2008.** Determinación de las variables más representativas para la organización y el control de la reproducción en sistemas vacunos lecheros. Finding out the Most Representative Variables in Organizing and Managing Dairy Cattle Reproduction. Rev. Prod. Anim, 20(1), 65–71

19. **Bonilla L, Mejía A, Gómez R, Torres M, Uribe F. 2018.** Viabilidad y tasa de preñez de embriones producidos in vitro a partir de semen sexado comparado con semen convencional en Bos taurus y Bos indicus. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, 29(4), 1377. https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.14297

20. **Bonilla L, Sanchez H. 2019.** Semen sexado en ganado bovino. Programa de Medicina Veterinariay Zootecnia. Universidad Cooperativa de Colombia. Consultado el 12 dic. 2020. Disponible en

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/20411/1/2020_PuertoRodriguez_semen_sexado_ganado_bovino.pdf

21. **Bruno R. 2012.** Evaluando **se**men sexado en vaquillonas lecheras. Texas Agrilife Extension Service.. Consultado 20 de mayo de 2020. Disponible en: http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/259_Evaluandoel-semen-sexado-para-vaquillas-lecheras.html

22. **Caballero M, Recabal M, Montenegro V, Castillo M, Marmolejo L, Pacheco C, Barrientos S, Calvi M, Malcolm V, Loguercio J, Medina M, Panarace M, Hermida, F. 2013.** Porcentajes de preñez y eficiencia del sexaje en vaquilla inseminadas con semen sexado en Chile. Primeros resultados nacionales. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

23. **Cabrera E. 2010.** Valor del Semen Sexado para la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. CRI International Horizons 10–13. http://www.reproduccionanimal.com.mx/AISS_Valor%20%20Semen%20sexado%20Ind%20Lechera.pdf

24. **Camargo LSA, Viana JHM, Serapiao RV, Guimaraes MFM, Sa WF, Ferreira AM. 2007.** Assessment of HSP70-1 transcription levels in immature oocytes from Bos taurus and Bos indicus cows raised in a tropical climate. Reprod Fertil Dev 19: 262

25. **Caballero M, Recabal M, Montenegro V, Castillo M, Marmolejo L, Pacheco C, Medina M. 2006.** Porcentajes de preñez y eficiencia del sexaje en vaquillas inseminadas con semen sexado en chile. primeros resultados nacionales. In Congreso anual de la sociedad chilena de producción animal ag (Sochipa), Temuco, Chile (p. 2). Disponible en https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc89f9ce8105.pdf

26. **Cabrera, VE. 2010.** Valor del semen sexado para la industria lechera. CRI International Horizons. Pág, 10-13.

27. **Calderón MFP, Bosa LFP, Yasnó JDC, Saldaña LYM. 2017.** Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(9), 1-19.

28. **Camberos HB, Aburto AM, Vivanco IG. 1997.** Factores que alteran la fertilidad de los servicios de inseminación artificial en vacas F1 (Holstein x Cebú) en el trópico húmedo. Veterinaria México, 28(2), 109-116.

29. **Cantaro JL. 2017.** Caracterización de los sistemas de Producción ganadera de los distritos Nueve de Julio (Junín) y Titay Puncu (Huancavelica) en la Sierra Central. Tesis de ingeniero Zootencista. Universidad Nacional Agraria La Molina. 84 Pags.

30. **Capitaine FA. 2001.** Factores que afectan la tasa de preñez en rodeos lecheros en Argentina. (En línea). Accesado 25 abril del 2018. http://www.syntexar.com/descargas/1CapitaineFunes.pdf FUENTE

31. **Carulla JE, Ortega E. 2016.** Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. Arch. Latinoam. Prod. Anim, 24(2), 83-87.

32. **Cerchiaro I, Cassandro M, Dal Zotto R, Carnier P, Gallo L. 2007.** A field study on fertility and purity of sex-sorted cattle sperm. Journal of Dairy Science 90: 2538–2542. doi: 10.3168/jds.2006-694

33. **Cerón-Muñoz MF, Tonhati H, Costa CN, Maldonado-Estrada J, Rojas-Sarmiento D. 2004.** Genotype × Environment Interaction for Age at First Calving in Brazilian and Colombian Holsteins. J. Dairy Sci. 87:2455–2458

34. **Córdova A, Pérez J. 2005.** Relación reproducción-producción en vacas Holstein. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, VI(2). http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020205.html

35. **Córdova-Izquierdo A, Saltijeral-Oaxaca J, Rodríguez–Ariza G, Córdova-Jiménez M, Córdova-Jiménez C, Pérez-Gutiérrez J, Guerra–Liera J. 2005**.

Reproductive behavior of european bovine races of meat under conditions of tropic humid Mexican. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET ISSN 1695-7504

36. **CRV. 2022.** Catálogo leite zebú. Grafica Idealiza.

37. **Curry E, Ellis S, Lapin D, Gibbons J. 2006.** Efficacy Determination of HEIFERPlus TM Semen Sexing Kit in Superovulated Cows. Soc Study Reprod.

38. **Delgado PA, Calderón LG, Aldana AM 2012.** Desempeño productivo y reproductivo de vacas F1 Gyr x Holstein. Archivos zootecnia universidad del Amazonas 6 (1), 17-23.

39. **De Vries A, Overton M, Fetrow J, Leslie K, Eicker S, Rogers G. 2008.** Exploring the impact of sexed semen on the structure of the dairy industry. Journal of Dairy Science, 91: 847-856. doi: 10.3168/jds.2007-0536

40. **De Vries A. 2010.** The economics of using sexed semen. Adv in dairy technology 22, 357-370

41. **De Jarnette JM, Nebel RL, and Marshall CE. 2008**. An update on the commercial application of sex-sorted semen in Holstein heifers. Journal of Animal Science 86 (E-Suppl 2): Journal of Dairy Science 91 (E-Suppl 1):459

42. **Díaz MDL. 2016.** Efecto de la adición del Hiperplus al semen del ganado vacuno sobre la tasa de concepción y la proporción de nacimientos de terneras-Chiclayo (Issue None). Universidad Nacional de Trujillo

43. **Dominguez JHE, Costa DS, Centurion VJ, Brumatti, RC. 2012.** Análise marginal dos custos da utilização de sêmen sexado macho para produção de touros Nelore. Archivos de zootecnia, 61(233), 111-118.

44. **Domínguez C, Ruiz AZ, Pérez R, Martínez N, Drescher K, Pinto L, Araneda R. 2008.** Efecto de la condición corporal al parto y del nivel de alimentación sobre la

involución uterina, actividad ovárica, preñez y la expresión hipotalámica y ovárica de los receptores de leptina en vacas doble propósito. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV, 49(1), 23-36.

45. **Duque NV.2017.** Relacion entre preñez y ubicación del semen sexado en novillas inseminadas a tiempo fijo. Revista CITECSA, 9(14), 5.

46. **Echeverry JDE. 2015.** Uso de semen sexado en bovino. Tesis MVZ. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias de la Salud. Medicina Veterinaria y Zootecnia)-Colombia. 80 pg.

47. **Eslava Parra,P. 2014.** Impacto económico y social del uso de semen sexado nacional en la ganadería bovina del Perú. 41 pg.

48. **Fernández O, Faure R, García L. 1986.** Valores de progesterona durante el ciclo estral postparto en vacas Holstein en período seco y de lluvias. Nuclear and related techniques in animal production and health, Departamento de Reproducción, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, La Habana, Cuba pg. 672.

49. **Ferguson JD, Galligan DT y Thomsen N. 1994.** Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. J Dairy Sci. 77(1): 2695-2703

50. **Franchini M, Gens M, Catena M. 2016.** Evaluación del semen sexado y su efecto en índices reproductivos [UNCPBA]. https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1181/Franchini%2C María Belén.PDF?sequence=1&isAllowed=y

51. **Freitas, M.S. 2003.** Utilização de modelos de regressão aleatória na avaliação genética de animais da raça Girolando. Viçosa, Brasil. Tesis Doctoral en Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, 2003. 89p

52. **Fricke PM. 2003.** La ecuación de la reproducción en los rodeos lecheros. Taurus, Bs. AS. 5(20): 8-14

53. **Fricke PM y Shaver RD. 1999.** Managig Reproductive Disorders in Dairy Cows. (En línea). Accesado el 22 de julio 2019. https://www.researchgate.net/profile/Paul_Fricke/publication/251762927_Managing_Reproductive_Disorders_in_Dairy_Cows/links/54ad3bfe0cf2213c5fe2f1e9/Managing-Reproductive-Disorders-in-Dairy-Cows.pdf

54. **Gabanzo JJ. 2018.** Vitaminas esenciales en la reproducción y el sistema inmune en el ganado bovino: una revisión. Tesis MVZ. Universidad Cooperativa de Colombia. Medellin-Colombia. Disponible http://hdl.handle.net/20.500.12494/6116

55. **Galarza L, Perea F, Guevara R, Alvarado, J, Argudo D. 2017.** Caracterización de la fertilidad en un rebaño Holstein Neozelandés de la sierra Sur del Ecuador. Maskana, 8, 113-116

56. **García-Díaz JR., Dungula-Sapalalo GH, Noval-Artíles E, Hernández-Barreto MA, Mollineda-Trujillo A, Garzón-Jarrin R. 2020.** Relación entre cinquemia y fertilidad en vacas lecheras mestizas Holstein x Cebú. Archivos de zootecnia, 69(265), 96-101.

57. **Garner DL, Seidel Jr GE. 2008.** History of commercializing sexed semen for cattle. Theriogenology 69: 886–895. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.01.006.

58. **Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Sullivan ML, Hahn GL. 2010.** Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. International Journal of Biometeorology 54(6): 617-627. doi: 10.1007/s00484-009-0233-4

59. **Gómez RR, Correa JCS. 1992.** Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de Mexico. Livestock Research for Rural Development, 4(2).

60. **González Clavijo DF. 2018.** Técnicas in vitro para la valoración espermática en bovinos. Tesis MvZ. Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Cooperativa de Colombia. Pg 78. ¿cuántas páginas?

61. **Godoy D, Puémape F, Roque R, Fernádez M, Vargas R, Gamarra S, Gomez C. 2020.** Efecto de la suplementación de bloques multinutricionales con residuos agroindustriales en la producción y calidad de leche de vacas criollas al pastoreo en San Martín, Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31(4), e19029-e19029.

62. **Granja YT, Cerquera J, Fernández O. 2012.** Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. Revista Colombiana de Ciencia Animal, 4(2), 458-472.

63. **Green RD, Cundiff LV, EDG. 1991.** Life-cycle biological efficiency of Bos indicus × Bos taurus and Bos taurus crossbred cow-calf production to weaning. Journal of Animal Science, 69(9), 3544–3563.

64. **Hazard S. 2000.** Importancia de la nutrición en la reproducción de las vacas lecheras. INIA Carillanca; Uruguay.

65. **Hernández FJ. 2015.** Parámetros reproductivos en vacas de alta fertilidad, usando semen sexado. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Zamorano-Honduras. … pags.

66. **Hernández A, De León, RP. 2018.** Performance of dairy production, reproduction and longevity in Holstein and its crosses with Cebu. Cuban Journal of Agricultural Science, 52(3) 235-247.

67. **Hinde K, Carpenter AJ, Clay JS, Bradford BJ. 2014.** Holsteins favor heifers, not bulls: biased milk production programmed during pregnancy as a function of fetal sex. Plos One 9: e86169. doi: 10.1371/journal.pone.0086169

68. **Holstein Association USA, 2021.** Holstein Breed Characteristics. Revisado el 02 de ene del 2021. Disponible en https://www.holsteinusa.com/holstein_breed/breedhistory.html

69. **Huaman P, Matias JA, Huaroma JI. 2018.** Modelación de la curva de lactación de vacas gir y cruces gir por holstein (f-1) en el trópico peruano. In Anales Científicos (Vol. 79, No. 2, pp. 511-518). Universidad Nacional Agraria La Molina.

70. **Huang C, Tsuruta S, Bertrand JK, Misztal I, Lawlor TJ, Clay JS. 2008.** Environmental effects on conception rates of Holsteins in New York and Georgia. Journal of Dairy Science, 91: 818–825. doi: 10.3168/jds.2007-0306

71. **Izquierdo AC, Espinosa-Cervantes R, guerra Liera JE, Iglesias-Reyes AE, Crispín, R. H, Villa-Mancera AE, Denis BER. 2017.** Importancia del estrés oxidativo en los espermatozoides. INTA- Argentina. Revisado el 16 dic. 2020. Disponible en https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net

72. **Johnson LA, Flook JP, Look MV. 1987.** Flow cytometry of X and Y chromosomebearing sperm for DNA using an improved preparation method and staining with Hoeschst 33342. Gamete Res. 17:203-212

73. **Lopez FJ. 2006.** Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 4(1), 77-86.

74. **López PCR, Londoño ÁAS, Cardona ER. 2011.** Influencia de las hormonas metabólicas y la nutrición en el desarrollo folicular en el ganado bovino: implicaciones prácticas. Revista de Medicina Veterinaria, (21), 155-173.

75. **Lopez WOC, Alvis-Miranda HR, Gamarra AF, Rendon B, Borda DAV, Albicker U, Martinez-Diaz M. 2015.** Effects of sexed semen and interactive effects on commercial in vitro embryo production when oocytes are collected from cows of Bos indicus, and Bos taurus breeding and crossbred cows of these subspecies. Animal reproduction science, 156, 58-63.

76. **Mac Kenna A, Bergonzelli P, Dick A. 2018.** Sincronización con doble dosis de prostaglandinas y utilización de semen sexado hembra en vaquillonas Holando Argentino.

77. **Macpherson JW. 1968.** Semen placement effects on fertility in bovines. J. Dairy Sci. 51:807-808

78. **Madalena FE. 1997**. Publicado en Anais do 5^0 Encontro de Produtores de Gado Leiteiro F1, Belo Horizonte, MG

79. **Málaga Nuñez, A. P. 2017**. Caracterización de la ganadería lechera de Santa Rita de Siguas – Arequipa. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina.

80. **Marini PR. 2004.** Coportamiento de vacas de diferentes edades al primer parto. Revistas Cientificas de America Latina, El Caribe, España y Portugal, 53, 205–208

81. **Marini PR, Galassi I. 2015.** Relación entre celo–inseminación con semen sexado y porcentaje de preñez en vaquillonas Holstein. Revista veterinaria, 22(1), 52-54.

82. **McManus C, Prescott E, Paludo GR, Bianchini E, Louvandini H, Mariante AS. 2009.** Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. Livestock Science 120: 256–264. doi: 10.1016/j.livsci.2008.07.014

83. **Mellado M, Coronel F, Estrada A, Ríos FG. 2010.** Fertility in Holstein × Gyr cows in a subtropical environment after insemination with Gyr sex-sorted semen. Tropical animal health and production, 42(7): 1493-1496. doi: 10.1007/s11250-010-9585-3

84. **Mellado M, Coronel F, Estrada A, F. Ríos. 2011.** Lactation performance of Holstein and Holstein x Gyr cattle under intensive condition in a subtropical environment. Trop. subtrop. agroecosyt vol.14 no.3 Mérida sep/dic

85. **Migone H. 2001.** Producción lechera en la Amazonía. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, 12(2): 27–28

86. **Montaño A, Ortiz T, Kunstek A. 2009.** Experiencias en el Mmanejo, sanidad, producción y reproducción. In Universidad Autónoma Gariel Rene Moreno. http://190.186.110.75/sistemabibliotecario/doc_trabajodirigidos/MONTAÑO ALI-20110513-153552.pdf

87. **Mora VA. 2018.** Uso Del Semen Sexado en bovinos. In Universidad Cooperativa De Colombia Villavicencio

88. **Moreira Pereira LFR. 1992.** Evaluación de la tasa de natalidad e intervalo entre partos en hatos bovinos de doble propósito bajo diferentes planes de alimentación, Escuintla. Tesis Med. Vet. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 4-11

89. **Múnera JR. 2012.** Holstein: la nodriza de los antioqueños. 1(18), 9-22. https://doi.org/10.7440/histcrit48.2012.05,

90. **Norman HD, Hutchison JL and Miller LH. 2010**. Effectiveness of genetic predictions of Holstein gestation length and relationship to lactation yield for the subsequent lactation. Journal of Dairy Science. Volume 93, Issue 8, Pages 3880-3890

91. **Olds, D.; Seath,D.M., 1954.** Factors affecting reproductive efficiency in dary cows. Kentucky Agr. Exp. Sta. Bull. 605 – 613

92. **Orjuela J, Navarrete M, Betancourt A, Roqueme L, Cortez E, Morrison RB. 1991.** Salud y productividad en bovinos de la costa norte de Colombia. World Animal Revue, 69, 7–14. http://www.fao.org/DOCREP/U5700T/U5700T07.HTM

93. **Ortiz ADF. 2006.** Índices reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. Tesis Med. Vet. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria. Perú. p. 4-18

94. **Osorio-Arce MM, Segura-Correa JC. 2007.** Cambio de peso corporal durante la lactancia en vacas de doble propósito Holstein x Cebú y Holstein x Sahiwal en México. Livest. Res. Rur. Dev, 19(3), 1-8.

95. **Osorio M M, Segura JC. 2010.** Efectos raciales y ambientales sobre edad al primer parto e intervalo entre partos de vacas Brahman y sus cruces en el trópico-húmedo de México. Livestock Research for Rural Development, 22(8)

96. **Palma GA. 2001.** Biotecnología de la reproducción. 1ª Edición. Capitulo XVI

97. **Pontes JHF, Nonato-Junior I, Sanches BV, Ereno-Junior JC, Uvo S, Barreiros, TRR, Oliveira JA, Hasler JF, Seneda MM. 2009.** Comparison of embryo yield and pregnancy rate between in vivo and in vitro methods in the same Nelore (*Bos indicus*) donor cows. Theriogenology 71: 690-697.

98. **Pontes JHF, Melo Sterza FA, Basso AC, Ferreira CR, Sanches BV, Rubin KCP, Seneda MM. 2011.** Ovum pick up, in vitro embryo production, and pregnancy rates from a large-scale commercial program using Nelore cattle (Bos indicus) donors. Theriogenology 75: 1640–1646.

99. **Quintela L, Díaz C, Becerra J, Alonso G, Gracia S, Herradón P. 2008.** Papel del β-caroteno y la vitamina A en la reproducción en el ganado vacuno: revisión. ITEA, 3, 399-410.

100. **Quintero E, Grajales J. 2014.** Determinación de la efectividad del uso de semen sexado para programas de inseminación artificial en novillas de raza Holstein, Jersey y Pardo Suizo en la cuenca lechera de Chiriquí – Panamá. Departamento de ediciones Universidad Tecnológica Oteima No. 3. Genética—Biotecnología Primera Edición

101. **Quintero JC, Cortés ZTR. 2008.** Efectos de la leptina en el inicio de la pubertad en animales machos. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 21(1), 8.

102. **Quiroz L, Barron M. 2014.** Produtividad de la raza gyr en un sistema de lecheria en Mexico. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal, 4(14), 250-251.

103. **Reinoso M, Simon L. 2000.** Condicion corporal y desempeno productivo y reproductivo de vacas Siboney en un contexto silvopastoril. Pastos y Forrajes, 23(1), 47–55.

104. **Ribeiro Peres A, Aderson MI, Ragagnin de Lima M, Fazan Rossi G, Rodrigues Corrêa R, Mansano García J, 2016.** Conception rate of lactating cows and heifers (Bos taurus X Bos indicus) for sexed and conventional semen in artificial insemination. http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2016.054

105. **Ripani INC. 2010.** Importancia económica y productiva de la Haematobia irritans en el ganado bovino, incidencia en reproducción y control sustentable. Título de especialización en Reproducción. Universidad Nacional de Córdoba-Argentina

106. **Rodríguez Y, Martínez G, Rodríguez Y, Martínez G. 2010.** Efecto de la edad al primer parto, grupo racial y algunos factores ambientales sobre la producción de leche y el primer intervalo entre partos en vacas doble propósito. Revista de La Facultad de Ciencias Veterinarias, 51(2), 79–91

107. **Roy JHB. 1978.** Rearing dairy herd replacements. International Journal of Dairy Technology 31 (2): 73–79. doi: 10.1111/j.1471-0307.1978.tb01384.x

108. **Sánchez SA. 2010.** Parámetros reproductivos de bovinos en regiones tropicales de México. Monografía. Universidad Veracruzana Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. p. 6

109. **Seidel Jr G, Garner DL. 2002**. Current status of sexing mammaliam spermatozoa. Reproduction 124: 733-743. doi: 10.1530/rep.0.1240733

110. **Sheen S, Riesco A. 2002.** Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito en trópico húmedo (pucallpa). Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru, 13(1), 25–31

111. **Simón L, López O, Álvarez D. 2010.** Evaluación de vacas de doble propósito de genotipos Holstein x Cebú en sistemas de pastoreo arborizado: I. Primíparas. Pastos y Forrajes, 33(1), 1-1.

112. **Smith RD, Faichild TP. 1980.** Improving reproductive efficiency in dairy cattle. Animal Sciences, Animal Sciences 6. Cornell University. Information Bulletin. 162. 36 pp

113. **ST Genetics, 2017. Sexed Ultr.** La revolución del semen Sexado. [En línea]. https://www.stgen.com/default.aspx?language=english&type=Genera. Accesado el 20 octubre del 2019.

114. **Tubman LM, Brink Z, Suh TK y Seidel GE. 2004**. Characteristics of calves produced with sperm sexed by flow cytometry/cell sorting. J. Anim. Sci. 82:1029-1036

115. **Urbina C E. 2012.** Utilización del semen bovino en IA, transferencia embrionaria y fertilización in vitro. Monografía de grado. Escuela de medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Ecuador

116. **Valdez Münchmeyer EX. 2013.** Inseminación con pajuelas de semen sexado en vaconas Bostaurus de raza Holstein Friesian en Machachi, Pichincha Tesis Ing. en Agroempresas. Colegio de Ciencias e Ingenería. Universidad San Fransisco de quito. P. 10-15.

117. **Vargas JE. 2004.** Evaluación del destete temprano (cuatro meses), versus destete normal (ocho meses) sobre el comportamiento reproductivo en un hato de ganado de carne, en el municipio de La Libertad, Petén. Tesis Med. Vet. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p. 4-15.

118. **Vásquez K. 2018.** Niveles de fósforo en suero y su relacion con la producción lechera en vacas del caserio “El Gallito”, Distrito de Sanjose, Provincia de Lambayeque. http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3424/BC-TES-TMP-2247.pdf?sequence=1&isAllowed=y

119. **Vásquez A, García MEC, Sessarego E, Chagray N.** 2021. Modelación de la curva de lactación en vacas Holstein de un establo en el valle de Huaura, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *32*(1).

120. **Velasco Molina JH. 2002.** El sexaje de semen de toro: ¿sueño o realidad? Producción animal

121. **Weigel KA. 2004.** Exploring the role of sexed semen in Dairy production systems. J. Dairy Sci. 87(E. Suppl.): E120-E130

122. **Zambrano J, Rincón J, Echeverri J. 2014.** Parámetros genéticos para caracteres productivos y reproductivos en Holstein y Jersey colombiano. Archivos de Zootecnia Universidad de Cordoba 63(243) , 495-506.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resumen de inseminaciones, preñez, nacimientos de hembras y machos, abortos y mortalidad

	MES DE I.A.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**TOTAL**	
PAJILLAS USADA X TORO/MES	Toro Delegado	70	73	91	63	29	25	18	14	11			394	
	Toro Peralta	39	86	58	74	39	17	42	15	26	12		408	
	Toro Foliao	29	72	43	63	38	20	31	20	28	8	20	372	1174
	TOTAL VACAS I.A. Y PAJILLAS USADAS	**138**	231	192	200	106	62	91	49	65	20	20	1174	
Vacas con retorno de celo		63	119	94	109	42	11	22	11	28	8	10	517	
Diagnost. Preñez 2 meses		75	112	98	91	64	51	69	38	37	12	10	657	1174
Nacimientos hembras		51	84	93	72	51	36	55	30	18	6	6	502	
Toro Delegado		21	23	44	23	18	6	8	9	4			156	
Toro Peralta		14	32	29	27	14	16	14	10	9	4		169	
Toro Foliao		16	29	20	22	19	14	16	11	5	2	6	160	
Nacimientos machos		15	20	4	12	11	10	9	6	11	5	3	106	
Toro Delegado		7	6	3	6	3	4	3	1	2			35	
Toro Peralta		5	8	1	2	4	3	5	2	4	3		37	
Toro Foliao		3	6		4	4	3	1	3	5	2	3	34	
Neonatos muertos al nacimiento		6	4	0	5	0	3	2	2	4	1	1	28	
Toro Delegado		3	2		1		1		1	1			9	
Toro Peralta		2	1		3		1	2		1			10	

Toro Foliao		1	1		1		1		1	2	1	1	9	
TOTAL NACIMIENTOS POR MES I.A.		87	128	101	101	73	59	77	44	44	17	13	744	
Abortos		**3**	**4**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**0**	**4**	**0**	**0**	**20**	

Anexo 2. Tabla donde se describen los inseminadores, vacas inseminadas por partos y tasa de preñez en cada caso. La estadística indica que no hubo diferencias en la tasa de preñez por efecto del inseminador.

INSEMINADOR	NOMBRE	N° VACAS INSEMINADAS 2DO PARTO	PREÑADAS 2DO PARTO	TASA DE PREÑEZ	N° VACAS INSEMINADAS 3ER PARTO	PREÑADAS 3ER PARTO	TASA DE PREÑEZ
INSEMINADOR 1	ARENAS	90	52	57,8	145	79	54,5
INSEMINADOR 2	BOMBILLA	78	46	59,0	92	50	54,3
INSEMINADOR 3	CAYRO	50	29	58,0	108	59	54,6
INSEMINADOR 4	ESTRADA	62	36	58,1	115	64	55,7
INSEMINADOR 5	LAROTA	55	32	58,2	106	57	53,8
INSEMINADOR 6	OLAZABAL	49	28	57,1	86	48	55,8
INSEMINADOR 7	VALENCIA	50	29	58,0	88	48	54,5
	TOTAL	**434**	**252**	**58,0**	**740**	**405**	**54,7**

Anexo 3: Evaluación estadística mediante t-student entre el 2do y 3er parto para determinar diferencias entre la tasa de concepción

	t test	
1	Table Analyzed	CONCEPCION
2		
3	Column B	3er concep
4	vs.	vs.
5	Column A	2° concep
6		
7	Unpaired t test	
8	P value	0.6550
9	P value summary	ns
10	Significantly different? (P < 0.05)	No
11	One- or two-tailed P value?	Two-tailed
12	t, df	t=0.4536 df=20
13		
14	How big is the difference?	
15	Mean ± SEM of column A	55.03 ± 3.618 N=11
16	Mean ± SEM of column B	57.65 ± 4.523 N=11
17	Difference between means	2.627 ± 5.792
18	95% confidence interval	-9.455 to 14.71
19	R square	0.01018
20		
21	F test to compare variances	
22	F, DFn, Dfd	1.563, 10, 10
23	P value	0.4930
24	P value summary	ns
25	Significantly different? (P < 0.05)	No

Anexo 4: Evaluación estadística mediante t-student entre el 2do y 3er parto para determinar diferencias entre la tasa de natalidad.

	t test	
1	Table Analyzed	NATALIDAD
2		
3	Column D	3er natal
4	vs.	vs.
5	Column C	2º natal
6		
7	Unpaired t test	
8	P value	0.2158
9	P value summary	ns
10	Significantly different? (P < 0.05)	No
11	One- or two-tailed P value?	Two-tailed
12	t, df	t=1.278 df=20
13		
14	How big is the difference?	
15	Mean ± SEM of column C	53.13 ± 1.206 N=11
16	Mean ± SEM of column D	55.05 ± 0.9045 N=11
17	Difference between means	1.927 ± 1.508
18	95% confidence interval	-1.218 to 5.072
19	R square	0.07552
20		
21	F test to compare variances	
22	F,DFn, Dfd	1.778, 10, 10
23	P value	0.3781
24	P value summary	ns
25	Significantly different? (P < 0.05)	No

Anexo 5. Evaluación estadística mediante ANOVA, entre meses para determinar diferencias entre la tasa de concepción.

10	Brown-Forsythe test					
11	F (DFn, DFd)					
12	P value					
13	P value summary					
14	Significantly different standard deviations? (P < 0.05)					
15						
16	Bartlett's test					
17	Bartlett's statistic (corrected)					
18	P value					
19	P value summary					
20	Significantly different standard deviations? (P < 0.05)					
21						
22	ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
23	Treatment (between columns)	3259	10	325.9	F (10, 11) = 4.154	P = 0.0139
24	Residual (within columns)	863.0	11	78.46		
25	Total	4122	21			
26						
27	Data summary					
28	Number of treatments (columns)	11				
29	Number of values (total)	22				

Test details	Mean 1	Mean 2	Mean Diff,	SE of diff,	n1	n2	q	DF
dicvs. en	54,00	48,00	6,000	8,858	2	2	0,9580	11
dicvs. feb	54,00	51,00	3,000	8,858	2	2	0,4790	11
dicvs. mar	54,00	46,00	8,000	8,858	2	2	1,277	11
dicvs. abr	54,00	60,00	-6,000	8,858	2	2	0,9580	11
dicvs. may	54,00	82,00	-28,00	8,858	2	2	4,471	11
dicvs. jun	54,00	76,00	-22,00	8,858	2	2	3,513	11
dicvs. jul	54,00	78,00	-24,00	8,858	2	2	3,832	11
dicvs. ago	54,00	57,00	-3,000	8,858	2	2	0,4790	11
dicvs. set	54,00	60,00	-6,000	8,858	2	2	0,9580	11
dicvs. oct	54,00	50,00	4,000	8,858	2	2	0,6387	11
en vs. feb	48,00	51,00	-3,000	8,858	2	2	0,4790	11
en vs. mar	48,00	46,00	2,000	8,858	2	2	0,3193	11
en vs. abr	48,00	60,00	-12,00	8,858	2	2	1,916	11
en vs. may	48,00	82,00	-34,00	8,858	2	2	5,429	11
en vs. jun	48,00	76,00	-28,00	8,858	2	2	4,471	11
en vs. jul	48,00	78,00	-30,00	8,858	2	2	4,790	11
en vs. ago	48,00	57,00	-9,000	8,858	2	2	1,437	11
en vs. set	48,00	60,00	-12,00	8,858	2	2	1,916	11
en vs. oct	48,00	50,00	-2,000	8,858	2	2	0,3193	11
feb vs. mar	51,00	46,00	5,000	8,858	2	2	0,7983	11
feb vs. abr	51,00	60,00	-9,000	8,858	2	2	1,437	11
feb vs. may	51,00	82,00	-31,00	8,858	2	2	4,950	11
feb vs. jun	51,00	76,00	-25,00	8,858	2	2	3,992	11
feb vs. jul	51,00	78,00	-27,00	8,858	2	2	4,311	11
feb vs. ago	51,00	57,00	-6,000	8,858	2	2	0,9580	11
feb vs. set	51,00	60,00	-9,000	8,858	2	2	1,437	11
feb vs. oct	51,00	50,00	1,000	8,858	2	2	0,1597	11
mar vs. abr	46,00	60,00	-14,00	8,858	2	2	2,235	11
mar vs. may	46,00	82,00	-36,00	8,858	2	2	5,748	11
mar vs. jun	46,00	76,00	-30,00	8,858	2	2	4,790	11
mar vs. jul	46,00	78,00	-32,00	8,858	2	2	5,109	11
mar vs. ago	46,00	57,00	-11,00	8,858	2	2	1,756	11
mar vs. set	46,00	60,00	-14,00	8,858	2	2	2,235	11
mar vs. oct	46,00	50,00	-4,000	8,858	2	2	0,6387	11
abr vs. may	60,00	82,00	-22,00	8,858	2	2	3,513	11
abr vs. jun	60,00	76,00	-16,00	8,858	2	2	2,555	11
abr vs. jul	60,00	78,00	-18,00	8,858	2	2	2,874	11
abr vs. ago	60,00	57,00	3,000	8,858	2	2	0,4790	11
abr vs. set	60,00	60,00	0,0	8,858	2	2	0,0	11
abr vs. oct	60,00	50,00	10,00	8,858	2	2	1,597	11
may vs. jun	82,00	76,00	6,000	8,858	2	2	0,9580	11
may vs. jul	82,00	78,00	4,000	8,858	2	2	0,6387	11
may vs. ago	82,00	57,00	25,00	8,858	2	2	3,992	11
may vs. set	82,00	60,00	22,00	8,858	2	2	3,513	11
may vs. oct	82,00	50,00	32,00	8,858	2	2	5,109	11
jun vs. jul	76,00	78,00	-2,000	8,858	2	2	0,3193	11
jun vs. ago	76,00	57,00	19,00	8,858	2	2	3,034	11
jun vs. set	76,00	60,00	16,00	8,858	2	2	2,555	11
jun vs. oct	76,00	50,00	26,00	8,858	2	2	4,151	11
jul vs. ago	78,00	57,00	21,00	8,858	2	2	3,353	11
jul vs. set	78,00	60,00	18,00	8,858	2	2	2,874	11
jul vs. oct	78,00	50,00	28,00	8,858	2	2	4,471	11
ago vs. set	57,00	60,00	-3,000	8,858	2	2	0,4790	11
ago vs. oct	57,00	50,00	7,000	8,858	2	2	1,118	11
set vs. oct	60,00	50,00	10,00	8,858	2	2	1,597	11

Anexo 6: Evaluación estadística mediante ANOVA, entre meses para determinar diferencias entre la tasa de natalidad.

10	Brown-Forsythe test					
11	F (DFn, DFd)					
12	P value					
13	P value summary					
14	Significantly different standard deviations? (P < 0.05)					
15						
16	Bartlett's test					
17	Bartlett's statistic (corrected)					
18	P value					
19	P value summary					
20	Significantly different standard deviations? (P < 0.05)					
21						
22	ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
23	Treatment (between columns)	3169	10	316.9	F (10, 11) = 4.039	P = 0.0154
24	Residual (within columns)	863.0	11	78.46		
25	Total	4032	21			
26						
27	Data summary					
28	Number of treatments (columns)	11				
29	Number of values (total)	22				

Test details	Mean 1	Mean 2	Mean Diff.	SE of diff.	n1	n2	q	DF
dic vs. en	52,00	47,00	5,000	8,858	2	2	0,7983	11
dic vs. feb	52,00	51,00	1,000	8,858	2	2	0,1597	11
dic vs. mar	52,00	45,00	7,000	8,858	2	2	1,118	11
dic vs. abr	52,00	58,00	-6,000	8,858	2	2	0,9580	11
dic vs. may	52,00	79,00	-27,00	8,858	2	2	4,311	11
dic vs. jun	52,00	74,00	-22,00	8,858	2	2	3,513	11
dic vs. jul	52,00	78,00	-26,00	8,858	2	2	4,151	11
dic vs. ago	52,00	51,00	1,000	8,858	2	2	0,1597	11
dic vs. set	52,00	60,00	-8,000	8,858	2	2	1,277	11
dic vs. oct	52,00	50,00	2,000	8,858	2	2	0,3193	11
en vs. feb	47,00	51,00	-4,000	8,858	2	2	0,6387	11
en vs. mar	47,00	45,00	2,000	8,858	2	2	0,3193	11
en vs. abr	47,00	58,00	-11,00	8,858	2	2	1,756	11
en vs. may	47,00	79,00	-32,00	8,858	2	2	5,109	11
en vs. jun	47,00	74,00	-27,00	8,858	2	2	4,311	11
en vs. jul	47,00	78,00	-31,00	8,858	2	2	4,950	11
en vs. ago	47,00	51,00	-4,000	8,858	2	2	0,6387	11
en vs. set	47,00	60,00	-13,00	8,858	2	2	2,076	11
en vs. oct	47,00	50,00	-3,000	8,858	2	2	0,4790	11
feb vs. mar	51,00	45,00	6,000	8,858	2	2	0,9580	11
feb vs. abr	51,00	58,00	-7,000	8,858	2	2	1,118	11
feb vs. may	51,00	79,00	-28,00	8,858	2	2	4,471	11
feb vs. jun	51,00	74,00	-23,00	8,858	2	2	3,672	11
feb vs. jul	51,00	78,00	-27,00	8,858	2	2	4,311	11
feb vs. ago	51,00	51,00	0,0	8,858	2	2	0,0	11
feb vs. set	51,00	60,00	-9,000	8,858	2	2	1,437	11
feb vs. oct	51,00	50,00	1,000	8,858	2	2	0,1597	11
mar vs. abr	45,00	58,00	-13,00	8,858	2	2	2,076	11
mar vs. may	45,00	79,00	-34,00	8,858	2	2	5,429	11
mar vs. jun	45,00	74,00	-29,00	8,858	2	2	4,630	11
mar vs. jul	45,00	78,00	-33,00	8,858	2	2	5,269	11
mar vs. ago	45,00	51,00	-6,000	8,858	2	2	0,9580	11
mar vs. set	45,00	60,00	-15,00	8,858	2	2	2,395	11
mar vs. oct	45,00	50,00	-5,000	8,858	2	2	0,7983	11
abr vs. may	58,00	79,00	-21,00	8,858	2	2	3,353	11
abr vs. jun	58,00	74,00	-16,00	8,858	2	2	2,555	11
abr vs. jul	58,00	78,00	-20,00	8,858	2	2	3,193	11
abr vs. ago	58,00	51,00	7,000	8,858	2	2	1,118	11
abr vs. set	58,00	60,00	-2,000	8,858	2	2	0,3193	11
abr vs. oct	58,00	50,00	8,000	8,858	2	2	1,277	11
may vs. jun	79,00	74,00	5,000	8,858	2	2	0,7983	11
may vs. jul	79,00	78,00	1,000	8,858	2	2	0,1597	11
may vs. ago	79,00	51,00	28,00	8,858	2	2	4,471	11
may vs. set	79,00	60,00	19,00	8,858	2	2	3,034	11
may vs. oct	79,00	50,00	29,00	8,858	2	2	4,630	11
jun vs. jul	74,00	78,00	-4,000	8,858	2	2	0,6387	11
jun vs. ago	74,00	51,00	23,00	8,858	2	2	3,672	11
jun vs. set	74,00	60,00	14,00	8,858	2	2	2,235	11
jun vs. oct	74,00	50,00	24,00	8,858	2	2	3,832	11
jul vs. ago	78,00	51,00	27,00	8,858	2	2	4,311	11
jul vs. set	78,00	60,00	18,00	8,858	2	2	2,874	11
jul vs. oct	78,00	50,00	28,00	8,858	2	2	4,471	11
ago vs. set	51,00	60,00	-9,000	8,858	2	2	1,437	11
ago vs. oct	51,00	50,00	1,000	8,858	2	2	0,1597	11
set vs. oct	60,00	50,00	10,00	8,858	2	2	1,597	11