

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL AGUA DE COCO (*Cocos nucifera*) COMO DILUYENTE DEL SEMEN BOVINO Y SU EFECTO EN EL PORCENTAJE DE PREÑEZ DE VACAS INSEMINADAS A TIEMPO FIJO**

**PRESENTADO POR:**

**LILIANA MELGAR MONTALVAN**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2022**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL AGUA DE COCO (*Cocos nucifera*) COMO DILUYENTE DEL SEMEN BOVINO Y SU EFECTO EN EL PORCENTAJE DE PREÑEZ DE VACAS INSEMINADAS A TIEMPO FIJO**

*Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia*

**LILIANA MELGAR MONTALVAN**

**ASESORES:**

Ing. M.Sc. Rubén Tallacagua Terrazas .....

MVZ. M.Sc. Martha Gutiérrez Vásquez .....

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

MVZ Rodrigo Juan Aliaga Álvarez .....

Ing. Eloy Hernán Huacani Rivera .....

MVZ M.Sc. Carlos Alejandro Palma Dávila .....

**Aprobado**

Presidente Tribunal Examinador .....

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Limberg y Matilde, que a pesar de la distancia siempre estuvieron conmigo con su amor incondicional, sus enseñanzas y consejos para llegar a cumplir un sueño más.*

*A mis hijos Gabriel, Nicolás y mi esposo Luis, por brindarme su apoyo, cariño y amor, que me dieron la fuerza para seguir adelante.*

## AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por darme la vida, salud, fuerza, voluntad y poder permitirme terminar la carrera con mucho esmero.

Mis padres Limberg Melgar Añez y Matilde Montalvan Barboza por todo su apoyo, amor y dedicación, inculcándome buenos valores para seguir adelante.

Mis hijos Gabriel, Nicolás y esposo Luis Rosso por el apoyo incondicional que me dieron a lo largo de mi carrera.

Los docentes de la Facultad de Agronomía especialmente a los del Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por compartir sus conocimientos y así poder formar profesionales.

Mi tutor de Tesis MVZ. Rodrigo Juan Aliaga Álvarez, quien con sus conocimientos, tiempo y equipos me apoyo, me guio a través en todas las etapas de la investigación para alcanzar los resultados.

La Sra. Jenny Guiteras Deniz y su esposo Gral. Oscar Guilarte Luján por permitir que este trabajo se haya realizado en su Estancia Ganadera “El Chaparral” y poner a disposición su ganado para la investigación y por brindarme la hospitalidad y hacerme sentir como en casa.

Sr. Víctor Guardia, administrador de la hacienda “El Chaparral” y a todos los trabajadores por colaborar en las tareas para la realización de este trabajo.

Mis asesores el Ing. Rubén Tallacagua Terrazas y a la MVZ. Martha Gutiérrez Vásquez por sus aportes en la realización del trabajo.

Mi tribunal revisor, MVZ Rodrigo Juan Aliaga Álvarez, Ing. Eloy Hernán Huacani Rivera y MVZ Carlos Alejandro Palma Dávila por sus importantes contribuciones en la realización del trabajo de tesis.

Mi amiga Viviana Mendoza por haberme brindado en todo momento su apoyo sincero e incondicional.

Muchas Gracias a todos

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.    Antecedentes.....	2
1.2.    Justificación.....	3
1.3.    Objetivos.....	4
1.3.1.    Objetivo general.....	4
1.3.2.    Objetivos específicos.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1.    La ganadería bovina en Bolivia.....	5
2.1.1.    Razas de ganado bovino para carne.....	5
2.1.2.    Razas de ganado bovino lechero.....	6
2.2.    Alimentación de toros reproductores.....	7
2.2.1.    Manejo de la nutrición en toros reproductores.....	7
2.2.2.    Requerimientos nutricionales de los toros reproductores.....	8
2.2.3.    La Importancia de la Alimentación en el Ganado Vacuno.....	9
2.2.4.    Factores nutricionales que afectan la producción de semen.....	10
2.3.    Evaluación de la aptitud reproductiva, potencial y funcional (EARPF).....	11
2.3.1.    Examen individual.....	12
2.3.2.    Condición corporal (CC).....	13
2.4.    Aparato reproductor del toro.....	14

2.4.1.	Testículos.....	15
2.4.2.	Epidídimo.....	15
2.4.3.	Uretra.....	15
2.4.4.	Conducto deferente.....	16
2.4.5.	Próstata.....	16
2.4.6.	Glándulas bulbo uretrales o Cowper.....	16
2.4.7.	Vesículas seminales.....	16
2.4.8.	Pene.....	16
2.4.9.	Prepucio.....	17
2.5.	Fisiología reproductiva del toro.....	17
2.5.1.	Espermatogénesis .....	17
2.5.2.	Espermatozoide .....	18
2.5.3.	El semen .....	19
2.5.4.	Evaluación del semen.....	19
2.5.4.1.	Evaluación macroscópica.....	19
2.5.4.1.1.	Volumen.....	20
2.5.4.1.2.	Color.....	20
2.5.4.1.3.	Aspecto.....	20
2.5.4.1.4.	Densidad.....	20
2.5.4.1.5.	Olor y cuerpos extraños.....	21

2.5.4.2.	Evaluación microscópica.....	21
2.5.4.2.1.	Motilidad masal (MM).....	21
2.5.4.2.2.	Motilidad individual (MI) .....	22
2.5.5.	Inseminación artificial (IA) .....	23
2.5.6.	Colecta de semen bovino .....	23
2.5.7.	Métodos de recolección de semen.....	23
2.5.7.1.	Vagina artificial.....	23
2.5.7.2.	Electro-eyaculador.....	24
2.6.	Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....	24
2.7.	Diluyentes.....	25
2.7.1.	Características de los diluyentes.....	25
2.7.2.	Componentes de los diluyentes.....	26
2.8.	El coco.....	27
2.8.1.	Agua de coco.....	27
2.8.2.	Características nutricionales del agua de coco.....	27
2.8.3.	Contenido nutricional del agua de coco.....	28
3.	LOCALIZACIÓN.....	29
3.1.	Área de investigación.....	29
3.2.	Ubicación geográfica.....	30
3.3.	Características de la región.....	30

3.3.1.	Clima.....	30
3.3.2.	Flora.....	30
3.3.3.	Fauna.....	30
4.	MATERIALES Y MÉTODO.....	31
4.1.	Material biológico.....	31
4.1.1.	Material de trabajo de campo.....	31
4.1.2.	Material de gabinete.....	31
4.1.3.	Insumos.....	32
4.1.4.	Equipos.....	32
4.2.	Métodos .....	32
4.2.1.	Selección del grupo experimental.....	33
4.2.2.	Sincronización de celo.....	34
4.2.3.	Recolección de semen.....	34
4.2.4.	Evaluación macroscópica del semen.....	35
4.2.5.	Evaluación microscópica del semen.....	35
4.2.6.	Dilución del semen.....	35
4.2.7.	Inseminación artificial.....	35
4.2.8.	Diagnóstico de preñez:.....	36
4.3.	Método estadístico.....	36
4.3.1.	Variables.....	37



5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
5.1.	Resultados del análisis macroscópico del semen.....	38
5.2.	Resultados del análisis microscópico del semen.....	38
5.3.	Efecto sobre diluyentes naturales y sintéticos en relacion a la viabilidad espermática del semen fresco de bovino.....	40
5.4.	Tasa de preñez.....	41
5.4.1.	Relación diluyente natural (agua de coco) sobre tasa de preñez.....	41
5.4.2.	Efecto de la CC en vacas inseminadas a tiempo fijo.....	43
6.	CONCLUSIONES.....	45
7.	RECOMENDACIONES.....	46
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	47
	ANEXOS.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Razas por región y departamentos en Bolivia.....	6
Tabla 2.	Evaluación físico funcional del semental .....	12
Tabla 3.	Clasificación de la motilidad masal.....	22
Tabla 4.	Clasificación de la motilidad Individual (%) .....	22
Tabla 5.	Valor nutricional del agua de coco .....	28
Tabla 6.	Condición corporal del bovino .....	33
Tabla 7.	Sincronización del celo .....	34
Tabla 8.	Análisis macroscópico del semen.....	38
Tabla 9.	Análisis microscópico del semen.....	39
Tabla 10.	Dilución del semen hora-motilidad individual .....	39
Tabla 11.	Bibliografía comparada del diluyente agua de coco y sintético.....	41
Tabla 12.	Porcentaje de vacas preñadas respecto a su condición corporal .....	44
Tabla 13.	Probabilidad de preñez en IATF/dilutor agua de coco/CC .....	44

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N°1.	Dilución del semen hora – MI & MM.....	40
Grafico N°2.	Tasa de preñez de la hacienda el Chaparral .....	42
Grafico N°3.	Vacas preñadas bajo CC-2 y CC-2.5 .....	43

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.	Aparato reproductor del toro.....	14
Imagen 2.	Proceso del espermatogénesis .....	18
Imagen 3.	Localización de San Borja .....	29

## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Estancia Ganadera “El Chaparral” ubicada a 42 km del municipio de San Borja en la 3ra sección de la provincia Gral. José Ballivián en el departamento del Beni. El objetivo general es evaluar el agua de coco (*Cocos nucifera*) como diluyente del semen bovino y su efecto en el porcentaje de preñez de vacas inseminadas a tiempo fijo (IATF); Para ello se evaluó al toro donante cebú mestizo con una condición corporal de 3,5 (escala 1-5), la evaluación de la libido, pene, prepucio, escroto, testículos, epidídimo, estuvo dentro de los parámetros normales. La colecta de semen se realizó mediante el uso del electro eyaculador (e Porvac). Se evaluó los parámetros macroscópicos: volumen 5 ml; color amarillo cremoso y un olor sui-generis. También se hizo un análisis microscópico: con una motilidad masal del 90 % y una motilidad individual del 85 %. El semen colectado se diluyó con agua de coco en una proporción de 1:4 (5 ml de semen con 20 ml de agua de coco), el semen diluido fue llevado a baño maría a 36°C, para evitar un shock térmico. Las 34 vacas cebú mestizas fueron evaluadas con una condición corporal entre 2,0 - 2,5 (escala 1-5) y luego se sincronizaron con el siguiente protocolo: se aplicó el día 0 el DIB P4 0,5 mg + 2 mg (BE); el día 8 se retiró el DIB + 2 ml PGF2 $\alpha$  + 400 UI eCG + 1 mg (ECP), el día 10 se realizó la inseminación a tiempo fijo (IATF) a las 52 - 56 horas post retiro del dispositivo y se administró 8,4  $\mu$ g GnRH. Las pajuelas utilizadas fueron de 0,5 ml que se envasaron manualmente con semen diluido en agua de coco. El diagnóstico de gestación se realizó el día 35 post IATF, mediante la ultrasonografía (ecógrafo Mindray DP10 Vet) trans-rectal. Las vacas que fueron inseminadas a tiempo fijo con el semen fresco diluido en agua de coco se obtuvo un porcentaje de preñez de 53%.

Palabras clave: Agua de coco, dilución, sincronización, IATF, preñez.

## ABSTRACT

The research was carried out in the livestock ranch "El Chaparral" located 42 km from the municipality of San Borja in the 3rd section of the province Gral. José Ballivián in the department of Beni. The general objective is to evaluate coconut water (*cocos nucifera*) as a diluent of bovine semen and its effect on the percentage of pregnancy of inseminated cows at a fixed time (IATF); For this, the mixed-breed zebu donor bull was evaluated with a body condition of 3.5 (scale 1-5), the evaluation of libido, penis, foreskin, scrotum, testicles, epididymis, was within normal parameters. The collection of semen was carried out through the use of the electro ejaculator (e Porvac). Macroscopic parameters were evaluated: volume 5 ml; creamy yellow color and a sui-generis smell. A microscopic analysis was also performed: with a mass motility of 90% and an individual motility of 85%. The collected semen was diluted with coconut water in a ratio of 1:4 (5 ml of semen with 20 ml of coconut water); the diluted sample was taken to a water bath at 36°C, to avoid thermal shock. The 34 mixed zebu cows were evaluated with a body condition between 2.0 - 2.5 (scale 1-5) and then synchronized with the following protocol: the DIB P4 0.5 mg + 2 mg (BE) was applied on day 0; on day 8 the DIB + 2 ml PGF2 $\alpha$  + 400 IU eCG + 1 mg (ECP) was withdrawn, on day 10 fixed-time insemination (IATF) was performed at 52 - 56 hours after removal of the device and 8.4  $\mu$ g GnRH was administered. The straws used were 0.5 ml that were manually packaged with semen diluted in coconut water. The diagnosis of pregnancy was made on day 35 post IATF, using ultrasonography (Mindray DP10 Vet ultrasound) trans-rectal. Cows that were inseminated at a fixed time with fresh semen diluted in coconut water obtained a pregnancy percentage of 53%.

Keywords: Coconut water, dilution, synchronization, IATF, pregnancy.

## 1. INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera hoy exige una máxima eficiencia de los recursos empleados para garantizar el mayor retorno económico a los productores de ganado. Tener elevados índices de producción y reproducción son metas integradas al trabajo de los técnicos inseminadores y criadores pecuarios (Trigoso M. , 2017).

La inseminación artificial (IA) es una biotecnología reproductiva con mucha demanda por los ganaderos en el mundo. Sin embargo, la refrigeración de semen fresco sin uso de diluyentes tiene bajas tasas de conservación, motivo por el que se busca una fuente fácil y barata como el agua de coco que puede dar condiciones adecuadas que permitan mantener una viabilidad espermática alta por más tiempo (Restrepo, 2008).

Entre los mayores problemas que encuentran los ganaderos para adoptar esta biotecnología reproductiva es el costo de su implementación (mano de obra y manejo) y la detección de celo. Una alternativa para aumentar el número de animales inseminados es la utilización de protocolos hormonales (Cordova A., 2015).

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) permite mediante la aplicación de tratamientos hormonales, manipular la función ovárica de manera tal que el 90% de las vacas ovulen en un lapso de 24 horas. De esta forma es posible realizar las inseminaciones a un gran grupo de animales sin detección de celo, utilizando semen fresco o descongelado (Averanga & Aliaga, 2019).

El semen bovino también puede ser conservado por periodos cortos, manteniéndolo a temperatura ambiente o refrigerado a 4°C durante 48 a 72 horas, sin que se afecte su poder fecundante. El producto así conservado se denomina semen “fresco” cuya conservación a temperatura ambiente es posible únicamente utilizando un “diluyente” de origen animal o vegetal no sufre la agresión del proceso de congelado, debiera esperarse un aumento de la tasa de concepción debido a un mayor tiempo de vida media del semen en el oviducto (Tribulo & Brogliatti, 2005).

El agua de coco como diluyente posee diversos beneficios como: en la movilidad y viabilidad de los espermatozoides en relación con otros diluyentes naturales como es la leche descremada (Gutierrez, Cosme, & Jiménez, 2006); conservar las células espermáticas por su alto valor nutritivo y proporciona un medio adecuado para su

supervivencia y mantenimiento de su poder fecundativo (Cordova A., 2015); además de bajo costo y su facilidad de preparación (Nunes, 1993).

### **1.1. Antecedentes**

El uso de la inseminación artificial (IA) con semen fresco ha sido utilizada con gran éxito en ovinos, porcinos y camélidos (Morton, Billah, & Skidmore, 2011). Sin embargo, en bovinos existen muchos dilutores y se están haciendo estudios sobre diferentes diluyentes que pueda mantener buenos niveles de viabilidad espermática (color, olor, pH, volumen, motilidad masal, motilidad individual y espermatozoides vivos y muertos) por un tiempo considerable.

Muchos diluyentes para el semen bovino han sido utilizados en programas de inseminación artificial en muchas especies domésticas; en un ensayo con semen de alpacas se utilizó como dilutor la leche descremada dando como resultado un 68% de espermatozoides vivos luego de dos horas de reposo. Los medios para la dilución de semen han tenido una evolución continua, mientras que durante muchos años se recurrió a diluyentes que contenían leche o yema de huevo, la tendencia se orienta a diluyentes basados en fosfolípidos. Esta novedosa generación de diluyentes está libre de componentes de origen animal y no presentan peligro de contaminaciones bacterianas (Brogliatti, 2012).

Maxwell (1990) manifestó que el empleo de leche de vaca descremada como diluyente de semen, no siempre dio buenos resultados uniformes por la viabilidad espermática. En la incorporación de diluyentes existen varias fórmulas de preparación con diferentes tipos de estudios, el agua de coco como diluyente se presenta como un método alternativo en la conservación del semen bovino, dentro de las alternativas de los diluyentes pobres en fosfolípidos y en el cual se identificaron factores estabilizadores de calor entre ellos, se encuentran sustancias termolábiles, auxinas y niveles elevados de citosinas que coadyuvan en la sobrevivencia espermática verificada en estudios en otro tipo de mamíferos (Agular, 2018).

El agua de coco fue considerada un diluyente beneficioso en la viabilidad espermática (motilidad masal, vigor, % vivos, % muertos) con un grado de relación  $R=0.89$  alta entre el diluyente de agua de coco y la viabilidad espermática, lo cual se

concluyó que dio buenos resultados e influyó significativamente ( $p < 0,05$ ) en la viabilidad espermática del semen, con bajo costo y preparación (Nunes, 1993).

La utilización del agua de coco como diluyente favorece la conservación del semen, la movilidad y el porcentaje de espermatozoides vivos en semen refrigerado a 4°C con agua de coco son significativamente superiores a los obtenidos con leche. La supervivencia espermática, está alrededor de las 60 horas en agua de coco frente a las 12 horas en un medio de leche, observándose un aumento de la fertilidad en las hembras inseminadas en dilución de agua de coco frente a las inseminadas con leche así como un mayor número de nacimientos (Nunes, 1993).

## **1.2. Justificación**

La presente investigación se enfoca en el estudio de la inseminación artificial como una práctica de manejo más valiosa para el productor de ganado; porque hace uso eficaz del semen colectado de un toro de alto valor genético de manera que incremente y mejore la eficiencia en la reproducción, como la protección misma del toro a imprevistos en una monta natural en el campo, protegiendo la inversión del productor ganadero.

Este trabajo permitirá mostrar que sí bien existen diluyentes comerciales de muy buena calidad y facilidad de uso, existen también diluyentes naturales como el agua de coco, altamente eficientes para el proceso de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), a los cuales, por su disponibilidad y menor costo permite a los pequeños productores acceder, por su facilidad para prepararlos y altamente económicos a diferencia de los diluyentes sintéticos (autor).

Es importante evaluar el efecto de dilutores de origen vegetal, para alcanzar nuevos conocimientos que puedan ayudarnos a descubrir propuestas de mejora para la inseminación con semen fresco de bovinos y su efecto en el porcentaje de preñez de vacas inseminadas a tiempo fijo. Ya que existen pocas investigaciones con el uso del agua de coco como diluyente, en la actualidad existe a nivel mundial un gran interés por mejorar el volumen del eyaculado y aumentar la supervivencia de los espermatozoides para un uso eficiente en las diversas técnicas de mejoramientos genético (Trigoso M., 2017).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Evaluar el agua de coco (*Cocos nucifera*) como diluyente vegetal del semen bovino cebú mestizo y su efecto en el porcentaje de preñez de vacas inseminadas a tiempo fijo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características macroscópicas en concentración, color, olor, aspecto del semen.
- Valorar las características microscópicas como la motilidad masal y motilidad individual del semen fresco diluido en agua de coco.
- Estimar el porcentaje de preñez obtenida en programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) utilizando semen fresco diluido en agua de coco con la condición corporal.



## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. La ganadería bovina en Bolivia**

La ganadería en Bolivia, es un sector productivo de gran importancia para el desarrollo rural en el país, con una tasa de crecimiento constante de 2,7% anual. En el año 2019 el rodeo fue estimado en 9.752.158 de cabezas, el 84.4% corresponde a la ganadería carne, el 13,6% a ganado lechero y el 2% a bueyes (Instituto Nacional de Estadísticas, 2021).

Estos datos nacionales se comportan de manera diferente en la región del oriente boliviano, donde se concentran las actividades agropecuarias del país: del total del hato bovino de 9.752.158; 4.266.428 (43,75 %) se ubican en el departamento de Santa Cruz y 2.956.508 (30,32 %) en el departamento de Beni, el restante 26 % se distribuye en los otros siete departamentos (Instituto Nacional de Estadísticas, 2021), con un crecimiento anual del 5%.

Estos dos departamentos se ubican en una zona con un gran potencial productivo de carne bovina por sus características ambientales, como tener un clima tropical, provisión de agua de buena calidad, horas luz, y el espacio geográfico que ofrece la posibilidad de duplicar su hato ganadero. Actualmente concentran el 74 % de la población bovina a nivel nacional y son los principales productores de carne y leche para el abastecimiento nacional y de exportación (Instituto Nacional de Estadísticas, 2021).

#### **2.1.1. Razas de ganado bovino para carne**

Según los datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2008, en Bolivia la distribución de bovinos por razas es la siguiente: Criollo (67%), Nelore (14%), Ganado mestizo (7%), Holstein (5%), Pardo suizo (2%), Brahman (1%) y otras razas como Cebú, Gyr, Limusin, Brangus, Jersey, Simmental y Angus (4%) y un consumo per cápita de carne de res es de 21 kilos/hab/año, según el censo agropecuario del 2019.

Las características ecológicas han fomentado el uso de la raza Nelore (78,9% de las razas destinadas para la producción de carne), bastante rústica y muy adaptada a las condiciones naturales del oriente de Bolivia. Durante los últimos años el ganado de carne

fue mejorado para que los nutrientes que consume se conviertan en carne y grasa, logrando obtener animales de muy buena conformación y altos rendimientos productivos.

### 2.1.2. Razas de ganado bovino lechero

El objetivo de la producción lechera es obtener una buena cantidad y calidad de leche. Este es un alimento importante en la alimentación humana porque contiene nutrientes esenciales, como proteínas, vitaminas y minerales, en razón principalmente a que Bolivia tiene el más bajo de consumo per cápita de leche en Latinoamérica. No obstante, en el último decenio se ha incrementado de 42,6 (2011) a 64,5 (2020) litros de leche, de acuerdo a datos del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural de Bolivia (2012 (Silva Quiroz, 1993)).

El Estado y el sector privado, con el tiempo han ido mejorando las características de las razas para producir leche, teniendo en cuenta subir su producción y la calidad de la leche. Para esto se ha utilizado principalmente en las unidades de producción del oriente de Bolivia con políticas de mejora del ganado a través de la inseminación artificial, buscando conseguir mejoras genéticas con los fines ya mencionados. Las principales razas lecheras provienen de Europa y pertenecen al grupo Bos Taurus, bovinos criollos americanos procedentes de España principalmente. En Bolivia, entre las principales razas lecheras, están el Holstein o vaca frisona, el Pardo suizo y el Jersey (Cámara de Industria y Comercio, 2019).

**Tabla 1.** Razas por región y departamentos de Bolivia

REGIÓN	DEPARTAMENTOS	RAZAS
TRÓPICO HÚMEDO	Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija, Beni, Cochabamba, La Paz	Pardo suizo (mestizos), Gyr, Nelore, Brahman, Brangus
TRÓPICO SUBHÚMEDO	Beni, Santa Cruz	Nelore, Brahman, Angus, Gyr Guzerá, Criollo, Yacumeño
TRÓPICO SECO (CHACO)	Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija	Nelore, Brahman, Guzerá, Criollo (Yacumeño, chaqueño)
VALLES	Cochabamba, La Paz, Potosí, Tarija	Criollo, Pardo suizo, Holstein.
ALTIPLANO	Oruro, La Paz, Potosí	Criollo, Pardo suizo, Holstein (mestizo)

Fuente: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2008)

## **2.2. Alimentación en toros reproductores**

Según el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (2012), tomando en cuenta el manejo alimentario es un tema fundamental, al toro en servicio debe alimentarse básicamente con forrajes de gramíneas, leguminosas y alimento suplementario (alimento balanceado y/o concentrado), para mantener su vigor sin que se engorde demasiado. La ración para un reproductor no necesita tantas proteínas como las que requiere una vaca en producción, por eso se le puede suministrar un concentrado tipo vacas secas o novillas en crecimiento; éste será un concentrado con nivel de proteína de 14% al 15%.

La cantidad de concentrado que se suministra a cada reproductor está entre dos y cuatro kilos por día, depende del desgaste físico por la actividad sexual, la calidad de forraje y el peso del animal.

Cuando se tiene un toro especialmente para producción intensa de semen, ya sea por métodos artificiales o por tener que cubrir un número grande de hembras en un determinado momento, se necesitan de 8 a 11% más de principios nutritivos que los que se requieren para el mantenimiento de una vaca lechera. Es decir, se debe aumentar el suministro de concentrados, de lo contrario el toro se verá disminuido física y sexualmente, la calidad de semen desmejorará y todo esto afectará la parte reproductiva de la ganadería con todos los agravantes que eso conlleva.

Uno de los minerales nutricionales es el fósforo para la producción de espermatozoides y el equilibrio nutricional del reproductor.

### **2.2.1. Manejo de la nutrición en toros reproductores**

Según Junqueira Rodrigues (2021), la nutrición de toros reproductores debe ser adecuada desde la etapa de destete para que su desarrollo corporal y el de sus órganos reproductivos. Tanto la desnutrición como la sobre nutrición son perjudiciales.

Obtener buenos índices reproductivos es uno de los objetivos que los ganaderos quieren lograr. Las biotecnologías reproductivas son importantes aliadas para lograr resultados positivos; sin embargo, no podemos olvidar que la nutrición influye directamente en la eficiencia productiva y reproductiva.

Podemos considerar el manejo nutricional como uno de los principales factores que afectan la reproducción del ganado vacuno. La energía, la proteína, las vitaminas y los minerales van a incidir en la reproducción de varias maneras, ya sea por exceso o por deficiencia de nutrientes.

Podríamos suponer que la nutrición animal consiste en proporcionar los nutrientes al animal, de acuerdo a las necesidades establecidas en la teoría, pero combinar el manejo nutricional con el manejo reproductivo en la estancia ganadera, buscando el máximo desempeño, es complejo, principalmente por el componente "PASTO", que es la base nutricional del ganado en el país.

En Bolivia, la influencia del animal reproductor en los índices de productividad es bien importante, pensando que se usan toros para repase en inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y monta natural. Para que el toro tenga buena calidad espermática, buena libido y, en consecuencia, buen rendimiento reproductivo, es fundamental que reciba un buen manejo nutricional durante la época de cría y recría.

Los toros representan alrededor del 1% al 4% del número de animales en una estancia ganadera, en un sistema de cría (relación toro: vaca de 1:25 a 1:80) y por esta razón deben recibir atención especial con respecto a su evaluación reproductiva.

En este sentido, se debe optimizar la nutrición de estos animales, especialmente en períodos de menor disponibilidad de forrajes (época seca) y antes de la estación de monta, cuando serán efectivamente utilizados. Dependiendo de la gravedad de la desnutrición, los efectos varían desde pequeños cambios en las características del semen y/o libido hasta la infertilidad.

### **2.2.2. Requerimientos nutricionales de los toros reproductores**

Para Silva et al. (1993), indican que los requerimientos nutricionales de los toros para reproducción no se discuten por separado de las vacas, sin embargo, los requerimientos nutricionales de los toros para una buena producción de esperma están entre un 5% y un 10% por encima de los requerimientos de su mantenimiento.

Las dietas inadecuadas en la fase de recría pueden conducir a un desarrollo testicular inadecuado y pueden causar una disminución en la producción de esperma

hasta en un 15%. Teniendo en cuenta los animales cebú, deben entrar en servicio (Hafez, 2002) alrededor de los 22 a 24 meses de edad, los taurinos pueden entrar en servicio entre los 14 y los 16 meses. Estos valores varían entre razas y entre individuos, principalmente debido a las condiciones de manejo nutricional que reciben los animales.

Los animales adultos tienen mayores necesidades alimentarias para una buena producción de esperma en comparación con su mantenimiento, aunque estas necesidades son menores que en los animales en crecimiento. El equilibrio entre proteínas, minerales y vitaminas es importante para el correcto desarrollo y rendimiento reproductivo.

### **2.2.3. La importancia de la alimentación en el ganado vacuno**

Según Totalpec (2021), los futuros reproductores deben recibir una nutrición adecuada desde la etapa de destete, para que su desarrollo corporal y de sus órganos reproductores sea adecuado. Los machos bovinos destinados a la reproducción deben recibir una suplementación mineral completa, especialmente con niveles adecuados de calcio, fósforo, zinc, selenio, cobre y manganeso, durante todo el año.

La suplementación de vitamina A, D y E puede ser interesante en situaciones de deficiencia de estos elementos, como sucede durante la época seca. El aporte de complemento alimenticios con lípidos no parece traer beneficios adicionales en el patrón seminal de los toros que están recibiendo dietas balanceadas.

La elección de la estrategia debe tomarse de acuerdo con la condición corporal del grupo a tratar:

- 1) Suplemento mineral con urea: mantenimiento de la condición corporal.
- 2) Suplemento proteico (bajo consumo): mantenimiento de la condición corporal.
- 3) Suplemento proteico-energético (alto consumo): ganancias moderadas en la condición corporal.
- 4) Ración de semi-confinamiento: mayores ganancias en la condición corporal.

Para los animales que tienen condiciones corporales superiores a 3 (escala 1 a 5) durante el destete, las alternativas 1 y 2 pueden ser las más adecuadas, pues tienen un costo menor y son efectivas para mantener el peso de los animales. Para los machos con

una puntuación de 2,5 o menos (escala 1 a 5), el suplemento proteico-energético de alto consumo, es el más indicado ya que permite mayor ganancia de peso

El agua representa desde la mitad hasta las dos terceras partes de la masa corporal en el animal adulto y hasta un 90% en el recién nacido. En concreto el ganado vacuno adulto necesita alrededor de 50 lt/día (10-15 lt/agua por cada 100 kg de peso).

Las proteínas son nutrientes muy importantes, ya que actúan en todas las células del cuerpo animal y están implicadas en su metabolismo. Durante la época seca es cuándo hay mayor deficiencia y por eso, aunque los pastos poseen cantidades importantes de proteína, para solucionar este problema se pueden utilizar fuentes altas en proteína como leguminosas forrajeras.

Los minerales son indispensables y se recomienda tenerlos siempre a disposición de los animales, es decir, que sean de libre consumo y suministrar mezclas minerales balanceadas. Para elaborar un suplemento mineral de buena calidad; por ejemplo, se mezcla 1 parte de pre-mezcla mineral y 2 partes de sal común y esta mezcla se ofrece a libre consumo al ganado. También hay que destacar, que son clave para obtener buenas ganancias de peso.

Las fibras, son la parte de la alimentación más importante, tanto en volumen como en aporte de nutrientes. Una gran fuente de fibra son los forrajes. Son uno de los componentes básicos para que la digestión de los bovinos marche bien; además, provee proteína, energía, vitaminas, agua y minerales.

#### **2.2.4. Factores nutricionales que afectan la producción de semen**

Tanto la subnutrición como la sobrealimentación así como también la deficiencia de nutrientes específicos (vitamina A, manganeso, cobre, proteínas o cambios en la relación  $Ca^{++}/P^{+}$ ) son las causas más comunes de deterioro de la capacidad reproductiva del toro en términos de producción y calidad del semen (Mendoza. & Perez., 2006).

La deficiencia nutricional de moderada a severa, especialmente en animales que se encuentran en campo, debido a la escasez de alimentación y/o a la alimentación de mala calidad, conduce a un retraso en la pubertad en los toros, asociados con pérdida de

la libido, espermatogénesis deprimida y mala calidad del semen (Martinez. & Ricalde., 2015).

Los estándares para el mantenimiento y los requisitos de crecimiento de energía y proteínas utilizados en los toros son generalmente basados en la observación de las hembras por lo que; es posible que subestimen los requisitos del macho (Mendoza. & Perez., 2006).

### **2.3. Evaluación de la aptitud reproductiva, potencial y funcional (EARPF)**

Según Boggio (2014), la evaluación de la aptitud reproductiva, potencial y funcional, es una técnica de manejo poco costosa, rápida y ofrece ventajas como eliminar animales no aptos y permite seleccionar los mejores. La evaluación está dirigida a establecer si el animal es normal o no con respecto a su salud general y condición física, libre de enfermedades reproductivas, si tiene órganos reproductivos normales que funcionan adecuadamente y si hay anomalías en su comportamiento sexual.

El primer paso en la evaluación del toro, está representado por el examen físico general, que involucra la evaluación del estado del animal en general, y en particular de los órganos sexuales externos e internos. Este examen físico contempla la estimación de la condición corporal, la revisión de los ojos, los aplomos y el aparato genital externo e interno (pene, testículos, vesículas seminales), y busca descartar aquellos toros con anomalías que puedan interferir con el deseo o la capacidad de monta, llevando a limitar o impedir su funcionalidad reproductiva (Paez & Corredor, 2014).

Para considerar a un toro apto reproductivo, se asume que es un animal clínicamente sano y este debe cumplir con cuatro requisitos básicos como: buen estado funcional, buen estado clínico reproductivo, buena libido y buena calidad espermática.

**Tabla 2.** Evaluación física y funcional del Toro

<b>EXAMEN FÍSICO</b>	<b>EXAMEN FUNCIONAL</b>
RESEÑA DEL ESTABLECIMIENTO	Evaluación del comportamiento sexual
EXAMEN GENERAL AL CORRAL	Aptitud de monta
EXAMEN INDIVIDUAL DEL ANIMAL	Libido
CABEZA, OJOS, BOCA Y MORRO	Erección
NÓDULOS LINFÁTICOS	Monta
PECHO	EXAMEN SEMINAL
APARATO LOCOMOTOR	Examen de semen
PATAS	Evaluación macroscópica
LESIONES ARTICULARES	Volumen
DEFECTOS DE APLOMOS	Aspecto
AP. CARDIORRESPIRATORIO Y DIGESTIVO	Color
AP. REPRODUCTOR	Motilidad de masa
TESTÍCULO	pH
PENE	Evaluación microscópica
PREPUCIO	Actividad cinética
ESCROTO	Motilidad individual
EPIDÍDIMO	Densidad
CORDÓN ESPERMÁTICO	Concentración
GLÁNDULAS ACCESORIOS	Examen de laboratorio
VESÍCULAS SEMINALES	Espermatozoides vivos/muertos
PRÓSTATA	Anormalidades espermáticas
GLÁNDULAS BULBO URETRALES	Células anormales

Fuente: Evaluación de la Aptitud Reproductiva Potencial y Funcional del Toro (Boggio, 2014)

### **2.3.1. Examen individual**

En el examen individual se evaluarán los ojos, la boca, el morro y los nódulos linfáticos submaxilares, parotídeos y sublinguales. Los problemas de visión (estrabismo o ceguera) y dentadura comprometen el desenvolvimiento del animal en condiciones normales. Tanto en la detección de las vacas en celo, como en el libido y fuerza del animal por no alimentarse correctamente. Es importante tomar en cuenta la apariencia del morro, que debe estar húmeda y sin corrimientos anormales, ni mal olor, también son



frecuente los abscesos de los nódulos linfáticos submaxilares, parotídeos y sublinguales, pueden estar afectados (Boggio, 2014).

De igual forma las alteraciones del aparato locomotor del animal musculoesqueléticas limitan los movimientos y la capacidad de monta del toro y no cumplirá adecuadamente con su función de preñar la mayor cantidad de hembras posible en el menor tiempo mientras estén en celo. Entre los defectos de estructura del tren posterior más comunes podemos mencionar: debilidad de los corvejones, patas rectas y problemas de pezuñas; El crecimiento anormal de las pezuñas es frecuente verlos en campos muy húmedos o en condiciones en que no hay un correcto desgaste de las pezuñas y afectará en mayor o menor medida la locomoción del animal (Boggio, 2014).

Los defectos en los aplomos, que hacen referencia a la dirección correcta y normal de los miembros anteriores y posteriores de un bovino en toda su longitud, no sólo son importantes por interferir en el normal desplazamiento del animal y con la consiguiente disminución de su rendimiento. Es mejor evaluar los aplomos cuando el toro está suelto en el corral y se lo ve caminar (Paez & Corredor, 2014).

El toro debe caminar, trotar, ver, oler y tener la capacidad de detectar y servir hembras en celo. Cualquier factor que afecte una de estas actividades traerá como consecuencia una menor eficiencia reproductiva, muchos de los problemas que se encuentran en los toros, tienen una alta heredabilidad (Boggio, 2014).

### **2.3.2. Condición corporal (CC)**

Una de las principales metas en un rodeo bovino es obtener un ternero por vaca por año. Este resultado es uno de los más importantes para poder maximizar la rentabilidad en un establecimiento ganadero. Si bien son varios los factores que intervienen para el logro de esta meta, el adecuado estado nutricional del bovino siempre surge como uno de los factores principales a tener en cuenta (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria , 2003).

La condición corporal es un método que nos permite evaluar en forma barata y sencilla mediante una apreciación visual de sus reservas corporales (grasa y músculo). La evaluación de los animales se debe realizar antes de iniciar cualquier protocolo, esto

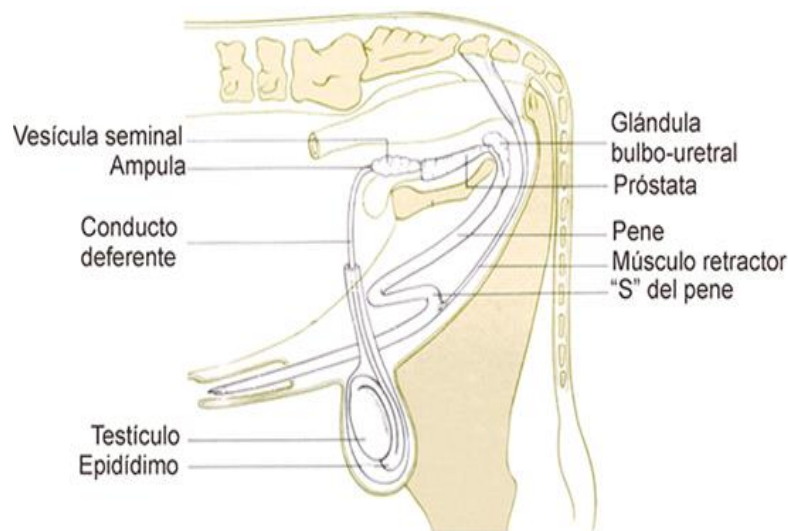
determina el estado nutricional, el peso vivo y tamaño del animal. Verifica que el animal debe estar sano, sin enfermedades contagiosas, ni defectos hereditarios y capaz de tener un comportamiento sexual normal (Paez & Corredor, 2014).

El trabajo de Van Niekerk y Louw (1982) citado por Marchi (1992), fija una escala de cinco puntos y observaciones sobre cuatro áreas del cuerpo y es considerado un sistema apropiado para las condiciones locales de hacer diagnóstico, hacer pronóstico y tomar decisiones tendientes a maximizar la expresión de la fertilidad potencial del rodeo.

#### 2.4. Aparato reproductor del toro

Según Hafez & Hafez (2002), menciona que los órganos del aparato reproductor masculino son los testículos. Los órganos sexuales secundarios son; los conductos deferentes, el epidídimo, los vasos eferentes que comunican los testículos con el exterior y el pene, que se halla atravesado por la uretra, la vía común a la orina, las secreciones sexuales y los espermatozoides. Los órganos sexuales accesorios: son la glándula prostática, las vesículas seminales y las glándulas bulbo uretrales o glándulas de Cowper. Los órganos sexuales principales, secundarios y accesorios forman el aparato reproductor masculino.

**Imagen 1:** Aparato reproductor del toro



Fuente: Hafez y Hafez (2002)

### **2.4.1. Testículos**

Es una glándula mixta par que posee doble función: exocrina (producción de espermatozoides) y endocrina (producción de hormonas sexuales masculinas “andrógenos”), como la hormona testosterona que le da las características al macho.

En el bovino los testículos se encuentran ubicados en la región inguinal, en posición vertical. Presentan una forma oval, bastante alargada, de alrededor de 10 a 15 cm de largo y 5 a 8,5 cm de diámetro. Su peso se estima individualmente en 250 a 300 gr cada uno y están recubiertos por una bolsa de piel suave y vellosa llamada escroto. El tamaño del testículo depende de la edad, la raza y el desarrollo corporal (Hernandez, 2018).

### **2.4.2. Epidídimo**

El epidídimo es un túbulo elongado y tortuoso empaquetado en un saco de tejido conectivo que es una extensión de la túnica albugínea que tiene una longitud 40 mts en el toro, anatómicamente consta de tres partes bien definidas: cabeza, cuerpo y cola. El epidídimo es el tubo que sirve de salida a toda la esperma que se produce en los testículos y cualquier bloqueo que se produzca en él, es un grave problema. Y su función es la de permitir la maduración de los espermatozoides y al mismo tiempo de almacenamiento de los mismos (Hernandez, 2018).

### **2.4.3. Uretra**

Esta estructura hace parte del aparato urinario y a su vez sirve de conducto para el plasma seminal por esta razón incluimos la uretra dentro del tracto reproductivo del macho (Hafez, 2002).

La uretra es un tubo o conducto que va desde el extremo caudal del cuello de la vejiga y llega hasta el orificio uretral externo en la punta del pene. Su función es común para el aparato urinario y el aparato reproductivo, al permitir la salida de la orina y del semen al exterior (Cabrera V. G., 2010).

#### **2.4.4. Conductos deferentes**

Son conductos que inician en la cola del epidídimo hasta la uretra y su función consiste en transportar los espermatozoides desde el epidídimo hasta el exterior (Cabrera V. G., 2010).

#### **2.4.5. Próstata**

Es una glándula accesoria pequeña que está situada transversalmente sobre la cara dorsal del cuello de la vejiga en el origen de la uretra. Segrega un líquido opaco que tiene una reacción neutra, con un olor característico rico en proteínas y sales minerales. Es la única glándula constante en todas las especies de animales machos domésticos y su cuerpo mide 2,5 cm de ancho por 1 a 1,5 cm de grosor, lo que la hace palpable por el recto. La porción diseminada rodeada a la uretra pelviana y está cubierta por el músculo uretral (Hafez, 2002).

#### **2.4.6. Glándulas bulbo uretrales o de Cowper**

Son dos glándulas pequeñas y firmes, situadas a ambos lados de la uretra pelviana, unos centímetros por detrás de la próstata y se hallan parcialmente enteradas en el músculo bulbo cavernoso. La función principal es la secreción de líquido que sirve de vehículo al esperma (Deutscher, 2010).

#### **2.4.7. Las vesículas seminales**

Las vesículas seminales consisten en un par de glándulas genitales ubicadas en el piso de la pelvis a ambos lados del cuello de la vejiga. Se denominan de tal manera porque anteriormente se creía que eran reservorios de semen. Estas glándulas segregan un líquido claro que tiene como función acrecentar el volumen del eyaculado, aportar nutrientes y servir como buffer al semen. Alrededor del 50% del volumen total del semen es aportado por estas estructuras. Son lobuladas y miden de 8 a 10 cm y 2 a 4 cm de diámetro (Hafez, 2002).

#### **2.4.8. Pene**

El toro tiene un pene fibro-elástico, es el órgano copulador del macho. Posee una forma cilíndrica y mide 90 cm de largo y 3 a 4 cm de ancho. Presenta tres porciones:

raíz cuerpo y glande. La raíz que se inserta en la base de la tuberosidad isquiática y dan origen al pene y convergen para formar la porción dorsal del cuerpo de este. En ventral se ubica la uretra, rodeada de tejido eréctil (cuerpo cavernoso) (Hafez, 2002).

#### **2.4.9. Prepucio**

Es un pliegue invaginado de la piel que rodea la extremidad libre del pene cuando éste no está en erección. De esta forma, el exterior de este está constituido por los estratos normales de la piel y su interior se encuentra recubierto de una membrana mucosa (Rutter, 2006).

### **2.5. Fisiología reproductiva del toro**

Mientras la hembra produce un ovulo cada 21 días, el macho produce millones de espermatozoides por día. Los espermatozoides son producidos por los testículos y almacenados en la cola del epidídimo. En el momento del coito o en la extracción del semen mediante la vagina artificial o del electro-eyaculador, los espermatozoides se mezclan con el líquido seminal para formar el eyaculado (Cavestany & Méndez, 1993).

El eyaculado está compuesto en un 90% por líquido seminal que sirve de vehículo a los espermatozoides para llegar al oviducto, además de proporcionarles nutriente. La obtención del semen bovino se hace con la finalidad de tener a disposición semen proveniente de animales en buen estado y valioso para utilizarlos en la inseminación artificial de hembras para mejorar la eficiencia productiva y reproductiva de hatos. Uno de los pasos comprendidos en el procedimiento de obtención del semen bovino es su dilución (Cavestany & Méndez, 1993).

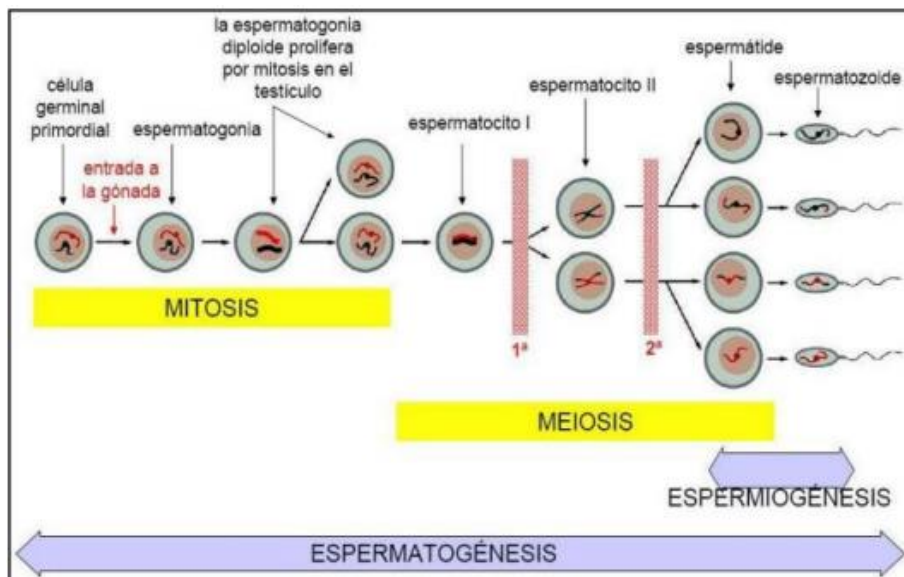
#### **2.5.1. Espermatogénesis**

Se denomina función exocrina del testículo o espermatogénesis al proceso gracias al cual tiene lugar la formación y almacenamiento de los espermatozoides a partir de las espermatogonias en el tubo seminífero bajo el gobierno de gonadotropinas hipofisarias en acción sinérgica con los andrógenos. La duración total del ciclo partiendo de la espermatogonia hasta la formación del espermatozoide tiene una duración aproximada de 65 días en el toro. Comienza en la pubertad y desde entonces se sucede de manera continuada (Galina & Valencia, 2006).

- Espermatocitogénesis: estimulada por FSH. Las espermatogonias ( $2n$ ) se dividen mitóticamente dando origen a 2 espermatocitos primarios ( $2n$ ) cada una, que se dividirán meioticamente dando origen a 2 espermatocitos secundarios, estos posteriormente darán origen a 2 células llamadas espermatides ( $n$ ).
- Espermiogenesis: estimulada por la testosterona. La espermatides sufren una metamorfosis originando los espermatozoides (Galina C. S., 1986).

La espermatogénesis puede ser afectada por diversos factores como: el incremento de la temperatura escrotal, que puede ocurrir por procesos de inflamación, fiebre o temperatura ambiental muy elevada. Por lo tanto, los síntomas de infertilidad del toro se presentarán dos y medio a tres meses luego de que el proceso de formación de espermatozoides ha sido afectado (Galina & Valencia, 2006).

**Imagen 2:** Proceso de la Espermatogénesis



Fuente: Hafez y Hafez (2002)

### 2.5.2. Espermatozoide

Gameto masculino que se forma en los túbulos seminíferos de los testículos. El espermatozoide es considerado la célula más especializada de todas, ha evolucionado hasta llegar a ser diferente a los demás tipos celulares, la particularidad de tener una cabeza la cual contiene la información genómica, una pieza media con mitocondrias que da movilidad al flagelo (Cruz, 2009).

La célula espermática está cubierta en su totalidad por la membrana plasmática. El extremo anterior del núcleo espermático está cubierto por el acrosoma, un delgado saco membranoso de doble capa estrechamente adherido al núcleo durante las últimas etapas de la formación de espermatozoide en el testículo. Esta estructura en forma de casquete, contiene varias enzimas hidrolíticas incluyendo procrastina, hialuronidasa, esterases y ácido hidrolasa, que participan en el proceso de fecundación. Un cuello une la cabeza del espermatozoide con la cola, la cual se subdivide en los segmentos medio, principal y caudal (Muñoz, 2011).

### **2.5.3. El semen**

Los espermatozoides junto con las secreciones de las vesículas seminales, próstata y glándulas bulbo uretrales constituyen el semen. La porción líquida de dicha suspensión se forma durante la eyaculación, se llama plasma seminal (Cruz, 2009).

Su función del semen es actuar como vehículo para los espermatozoides durante la eyaculación; sirve de activador a los espermatozoides; proporciona un medio rico en nutrientes (Peña & Perez, 2008).

### **2.5.4. Evaluación del semen**

La evaluación del semen es un elemento importante para la certificación de la aptitud reproductiva en un toro. Una vez recolectado el semen, debe conservarse en un recipiente con agua a 36°C para evitar los cambios de temperatura que afectan su calidad (Cruz, 2009). La evaluación del semen se divide en dos partes: examen macroscópico y examen microscópico.

#### **2.5.4.1. Evaluación macroscópica**

La evaluación macroscópica consiste en la examinación física del semen que es la primera fase de análisis visual, basado en la experiencia del técnico, que toma en cuenta las siguientes características: apariencia, volumen, color, aspecto, olor (Rosemberger, 1981).

#### **2.5.4.1.1. Volumen**

Se mide directamente en el lugar de recolección y observa del tubo colector graduado, teniendo en cuenta que un toro mayor de 2 años debe tener un eyaculado de no menor a 4 ml. El volumen tiene un rango entre 4 - 12 ml y varía fisiológicamente en función de varios factores como: la edad, la raza, preparación sexual, tamaño testicular, frecuencia de recolección y método de colección (Ruiz, 2007).

#### **2.5.4.1.2. Color**

El color del eyaculado depende del contenido de riboflavina, siendo normalmente desde blanquecino marfil hasta amarillento, el color rojizo indica la mezcla con sangre fresca, si el color es pardo indica la presencia de sangre más vieja (hemolizada), una coloración gris indica contaminación. Los eyaculados sin espermatozoides tienen una coloración amarillo-verdosa y son de apariencia acuosa. El pus en el eyaculado se reconoce frecuentemente por la presencia de flóculos, denominándose piospermia (Olivares & Urdaneta, 1985).

#### **2.5.4.1.3. Aspecto**

Se entiende por aspecto del semen a la presentación luego de su colección, este puede ser: limpio, homogéneo, grumoso, sucio. El aspecto va a depender del número de espermatozoides por mililitros cúbicos, a los componentes de secreción de las glándulas accesorias y eventuales agregados como: sangre, pus, células epiteliales y suciedad. El semen debe tener aspecto opaco y relativamente uniforme, indicativo de alta densidad de células espermáticas (Macias & Montoya, 2003).

#### **2.5.4.1.4. Densidad**

La densidad se ha establecido un criterio basado en intervalos de concentración espermáticos, dependiendo de la opacidad de las muestras, lo cual indica una mayor o menor concentración espermática, esta prueba se observa en forma directa del tubo colector (Olivares & Urdaneta, 1985).



#### **2.5.4.1.5. Olor y cuerpos extraños**

El semen recogido higiénicamente de toros sanos y fértiles tienen un olor catalogado como sui géneris, es decir, un débil olor aromático como a yema de huevo. Son motivo de rechazo un olor pútrido, el cual se produce luego de contaminación o de algún proceso infeccioso (Olivares & Urdaneta, 1985).

Se evalúa observando el fondo del tubo para detectar la presencia de algún cuerpo extraño, se considera como positivo o negativo. La muestra debe estar libre de pelo, suciedad y otros contaminantes (Macias & Montoya, 2003).

#### **2.5.4.2. Evaluación microscópica**

La evaluación microscópica incluye las pruebas de motilidad: la motilidad masal y la motilidad individual de los espermatozoides. Mediante el empleo de colorantes supra vitales se evalúa la viabilidad espermática, mientras que la concentración y morfo-anomalías se determinan mediante una cámara de Neubauer (Ruiz, 2007).

##### **2.5.4.2.1. Motilidad masal (MM)**

La motilidad masal se entiende por el movimiento en onda de todos los espermatozoides, observado en los eyaculados densos. Para su evaluación se toma una gota de semen sin diluir y se coloca en un portaobjeto atemperado y se observa al microscopio con un aumento de 10X o 40X. Se utiliza una escala de 1 a 5 en la que es 1 es “sin movimiento” y 5 es “remolinos intensos”. Se considera como positiva o negativa (Olivares & Urdaneta, 1985).

**Tabla 3.** Clasificación de la Motilidad Masal

Actividad Cinética	Motilidad Masal	Puntuación (1-5)	Porcentual (%)
Excelente (E) ++++	Remolinos intensos con ondas espermáticas apreciables	5	80-100
Muy buena (MB) +++	Remolinos apreciables aunque menos intensos	4	60-79
Buena (B) ++	Pocos remolinos y con menor frecuencia que la anterior	3	40-59
Regulares (R) +	No forma remolinos sino casualmente y con poca intensidad	2	Menor a 40
Mala (M) -	Ausencia de movimiento	1	0

Fuente: Exploración Clínica de Bovinos (Rosemberger, 1981)

#### 2.5.4.2.2. Motilidad Individual (MI)

La motilidad individual de una muestra de semen se expresa como el porcentaje (%) de células móviles bajo un campo microscópico. Un espermatozoide de motilidad progresiva es aquel que se mueve de un punto a otro en una línea más o menos recta. Los espermatozoides que giran en círculo o con movimientos de vibración o de oscilación, se consideran que tienen movimientos anormales en la cola (Bearden & Fuguay, 2012).

Esta valoración es cuanti-cualitativa, ya que se evalúa la tasa de espermatozoides en movimiento de 0 a 100% y la calidad según el tipo de movimiento (progresión lineal, progresión no lineal, no progresivo e inmóviles). Para esta evaluación se debe diluir el semen en agua de coco (Bearden & Fuguay, 2012).

**Tabla 4.** Clasificación de la motilidad Individual MI (%)

Calidad del Semen	Motilidad Individual (%)
Muy bueno	80 – 100
Bueno	60 – 79
Regular	40 – 59
Malo	menor a 40

Fuente: Exploración clínica de bovinos (Rosemberger, 1981)

### **2.5.5. Inseminación artificial (IA)**

La inseminación artificial (IA) es la biotecnología de mayor difusión entre los ganaderos del mundo. La inseminación artificial es un método reproductivo que consiste en la introducción de semen en el aparato genital de la hembra mediante instrumental adecuado, en el lugar indicado y en el momento oportuno para la fecundación. Con esta técnica sustituimos el apareamiento natural entre el macho y la hembra, por un método instrumental (Cavestany & Méndez, 1993).

### **2.5.6. Colecta de semen bovino**

Para el proceso de inseminación artificial, la colecta del semen bovino es prioritario que se haga en las mejores condiciones, porque las técnicas de recogida del semen pueden alterar la calidad del mismo. El procedimiento ideal debe ser seguro para el que lo practica y para el animal, se debe obtener una muestra de semen representativa de una eyaculación normal, no hallarse expuesto a contaminación y estar protegido contra el choque térmico y la luz solar. Esta primera fase es de vital importancia para la obtención de muestras de óptima calidad, así como para la adecuada utilización de los sementales (Vallesillo, 2011).

### **2.5.7. Métodos de recolección de semen**

El proceso de colecta de semen se puede realizar por dos métodos como: la vagina artificial y el electro eyaculador (este último a utilizar en la investigación). Las condiciones de trabajo para colectar semen bovino, el estado de salud del animal y la experiencia del personal especializado que opera, son factores que deben tomarse en cuenta para mejorar la calidad del semen (Muñoz, 2011).

#### **2.5.7.1. Vagina artificial (VA)**

La Vagina artificial es un método útil para recoger semen del macho bovino. El semen recogido se encuentra libre de contaminación y es netamente representativo de la eyaculación normal. La colecta del eyaculado con la vagina artificial requiere la presencia de una vaca o de un falso animal que sirva de estimulante (Macdonald, 1978).

Antes de la monta se deberá lavar con agua y secar perfectamente el vientre y la zona del prepucio; el mechón de pelos del orificio del prepucio debe estar limpio y los pelos se cortaran a una longitud de aproximadamente 2 cm. el método más efectivo para estimular al toro es la monta falsa (Vallesillo, 2011).

#### **2.5.7.2. Electro-eyaculador**

Es un método práctico e inocuo, las características del semen recogido por el electro-eyaculador (e-Porvac) proporciona muestras de mayor volumen y pH más alto, pero muestra concentraciones de células espermáticas inferiores (Galina & Valencia, 2006).

El tambor del electro-eyaculador se lubrica y se introduce por la región rectal. La emisión del semen se logra al estimular los nervios pélvicos (simpáticos y parasimpáticos). Al aplicar el estímulo, este debe ser internamente, rítmico y su intensidad deberá aumentarse paulatinamente hasta que se produzca el eyaculado. El semen se recoge colocando el embudo con el tubo colector en la punta del glande del pene, este método se utiliza en toros que NO son mansos o con problemas de aplomo (Galina & Valencia, 2006).

### **2.6. Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)**

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) es una técnica que, nos permite mediante tratamientos hormonales poder sincronizar la ovulación y dar servicio a varios animales en una explotación ganadera extensiva en un momento determinado y sin la necesidad de la detección de celo. Es por ello que se trata de buscar un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo que obtenga buenos resultados para el productor ganadero (Averanga & Aliaga, 2019).

Entre los beneficios de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) se pueden mencionar: Mejoramiento genético, concentración del período de monta, evitar tener que reconocer el celo, reducción del tiempo de la estación reproductiva, acortamiento del período de anestro post parto, mejora en los índices reproductivos y productivos, aumento de la proporción de vientres que empreñan temprano, incremento en los kilogramos destetados y mejor atención post parto a los vientres y a los terneros (Rojas, 2021).

Ventajas o beneficios:

- La incorporación de animales con valor genético superior para lograr obtener el tipo de animal que el mercado demanda. Es una ventaja para la estancia ganadera que no pueden costear la compra y el mantenimiento de un toro de buena genética.
- Evita la propagación de enfermedades venéreas.
- Elimina el gasto que genera comprar y mantener toros.
- Efectúa un control riguroso y benéfico de reproducción del ganado, al llevar registros de servicios además de identificar y eliminar animales con algún problema.

Desventajas:

- Es imprescindible conocer la sanidad, el poder fecundante y la capacidad de mejorar genéticamente del reproductor. Es por esto que lo ideal es escoger el reproductor en casas de semen autorizadas, según la prueba de progenie.

## **2.7. Diluyentes**

Los diluyentes son compuestos químicos que preservan la viabilidad y fertilidad del semen, a la vez posibilitan el procesamiento de un número previamente establecido de espermatozoides, acondicionados en envases adecuados, de un tamaño conveniente para la inseminación. También es benéfico añadir antibiótico (gentamicina, penicilina, lincomicina, estreptomina) a los diluyentes de semen, puesto que estos son bacteriostático y bactericida para evitar el desarrollo de cualquier microorganismo dentro de la pajueta (Cavestany D. , 1994).

Es una solución acuosa que permite aumentar el volumen del eyaculado hasta conseguir las dosis necesarias, para preservar las características funcionales de las células espermáticas y mantener el nivel de fertilidad adecuado. Dada la gran variedad de diluyentes existentes, cada laboratorio (o cada profesional especializado) debe determinar qué diluyente, bajo sus condiciones, provee un máximo de eficiencia reproductiva. Considerando varios factores, como preparación del diluyente, costo de los materiales y la temperatura ambiente de trabajo (Cavestany D. , 1994).

### **2.7.1. Características de los diluyentes**

- Deben ser isotónico al semen (tener la misma concentración de iones libres).

- Capacidad amortiguadora para evitar cambios de pH y neutralizar los ácidos producidos por metabolismo de los espermatozoides.
- Controlar contaminantes microbianos.
- Proveer de energía necesaria para que los espermatozoides, una vez descongelados, recuperen la viabilidad y vitalidad para fecundar.
- Proporcionar nutrientes (glucosa) para el metabolismo de los espermatozoides.
- Los espermatozoides deben estar protegidos contra daño durante la congelación y descongelación.
- Proteger a los espermatozoides de los cambios de temperatura, especialmente el frío y así alargar la vida en la nevera o un termo de nitrógeno (Carvallo & Canseco, 2009).

### **2.7.2. Componentes de los diluyentes**

- Azúcares: son componentes importantes en los diluyentes, ya que pueden actuar como fuente de energía para los espermatozoides durante su almacenamiento, como es el caso de la glucosa y la fructuosa.
- Sustancias buffer (citrato): actúan dando la estabilidad a la membrana, ya que mantienen la tonicidad total del diluyente, lo cual es importante cuando el semen es almacenado por largos periodos de tiempo.
- Lipoproteína de alto peso molecular para proteger a la célula contra el choque térmico como yema de huevo y leche.
- Agua Destilada: Actúa como solvente para los componentes seminales y del diluyente. Debe ser destilada (o bi-destilada) para eliminar la presencia de metales pesados en solución, los que son dañinos para el espermatozoide.
- Antibióticos: la adición de antibióticos en el diluyente es de gran utilidad para reducir la contaminación de bacterias que pueda adquirirse durante la recolección y procesamiento del semen.
- Agentes crioprotectores como el glicerol, la función es la de proteger a las células de las lesiones producidas por la congelación. Son algo tóxicos y los espermatozoides muertos son una fuente de aminoácido oxidasa, que es dañina para las células (Viotti, 2011).

## **2.8. El coco**

Según Palacios (2005), el coco (*Cocos nucífera*) es una fruta comúnmente conocida como cocotero, coco verde o palma de coco. Para su crecimiento requiere un clima cálido y húmedo (trópico y sub-trópico), una temperatura ambiental media entre 20 -28°C, una precipitación anual media de 1000 – 1500 mm, una altitud entre 520 y 900 msnm. Que permite su cosecha cada tres meses, por lo que es fácil de encontrar en cualquier época del año. Es una especie de palmeras perteneciente a la familia *Arecaceae* o *Palmaceae* que madura a los 6 meses de edad y a partir de este momento presenta en su contenido agua.

La fruta o nuez, es de forma ovoide o elíptica, con tres lados no bien definidos o casi redonda, con una cáscara fibrosa de color pardo claro, de 20 a 30 cm de largo. Las frutas crecen hasta casi su tamaño máximo en 5 a 6 meses y se madura a los 10 o 13 meses de edad. En su interior presenta una pulpa blanca que es comestible.

El momento indicado para que el agua de coco sea funcional es cuando no está tierno, ni tampoco maduro a su totalidad aproximadamente a los 6 o 7 meses posterior a su formación total. La baja cantidad de fosfolipasa “A” que presenta el agua de coco, la hacen una excelente opción para el congelamiento de semen (Palacios, 2005).

### **2.8.1. Agua de coco**

El agua de coco es el endosperma líquido que se encuentra en la cavidad de la nuez, a veces ligeramente opaco. La cantidad de agua que contiene la fruta depende del tamaño, maduración y variedad, se pueden extraer entre 250 y 500 mililitros de agua de coco. Es una solución ácida y estéril, la cual contiene aminoácidos, azúcares, sales, proteínas, vitaminas y minerales. En la fase de maduración inicial, el agua de coco presenta una osmolaridad entorno de 500 miliosmoles y un pH de 4.5 (Palacios, 2005).

### **2.8.2. Características nutricionales del agua de coco**

Es un producto natural, biológicamente puro, de buen sabor y olor y sin ningún aditivo ni conservantes. Se puede aseverar que el agua de coco tiene las siguientes aplicaciones prácticas:

- Como medio de cultivos bacteriológicos, ya que eleva las cualidades de los nutrientes de los caldos de cultivos.
- **Como diluyente de semen en la preparación de ampollas que se usan en inseminación artificial.**
- En comunidades rurales y como parte de la creencia popular, se considera que el agua de coco ejerce un efecto medicinal en los siguientes casos: trastornos estomacales, evita vómitos y sarpullidos, es diurético, cura la resaca.

Es muy cierto que el agua de coco pura tiene un alto contenido de electrolitos que ayudan al cuerpo humano a hidratarse de forma natural, ya que contiene un perfil electrolítico casi idéntico al del cuerpo humano, debido a cinco electrolitos esenciales: potasio, calcio, sodio, fosforo y magnesio (Bendaña Garcia, 2013)

### **2.8.3. Contenido nutricional del agua de coco**

El agua de coco contiene un sin número de componente, entre ellos encontramos: carbohidratos, proteínas, vitaminas y sales como el sodio, potasio, cloro, entre otras. Sin embargo, la composición real del agua de coco cambia según la variedad del coco y el medio ambiente en que ha crecido (Aragáo, 2000).

**Tabla 5.** Valor Nutricional del Agua de Coco (para 100 ml)

COMPONENTE	CONTENIDO
ENERGÍA (KCAL)	354
PROTEÍNAS (G)	3,3
CARBOHIDRATOS (G)	3,7
LÍPIDOS (G)	0,05
SODIO (MG)	17
POTASIO (MG)	440
HIERRO (MG)	2,1
CALCIO (MG)	13
FÓSFORO (MG)	0,4
MAGNESIO (MG)	52
VIT. B1, B2, B6, C, E (MG)	3,1

FUENTE: ARAGAO, (2000)

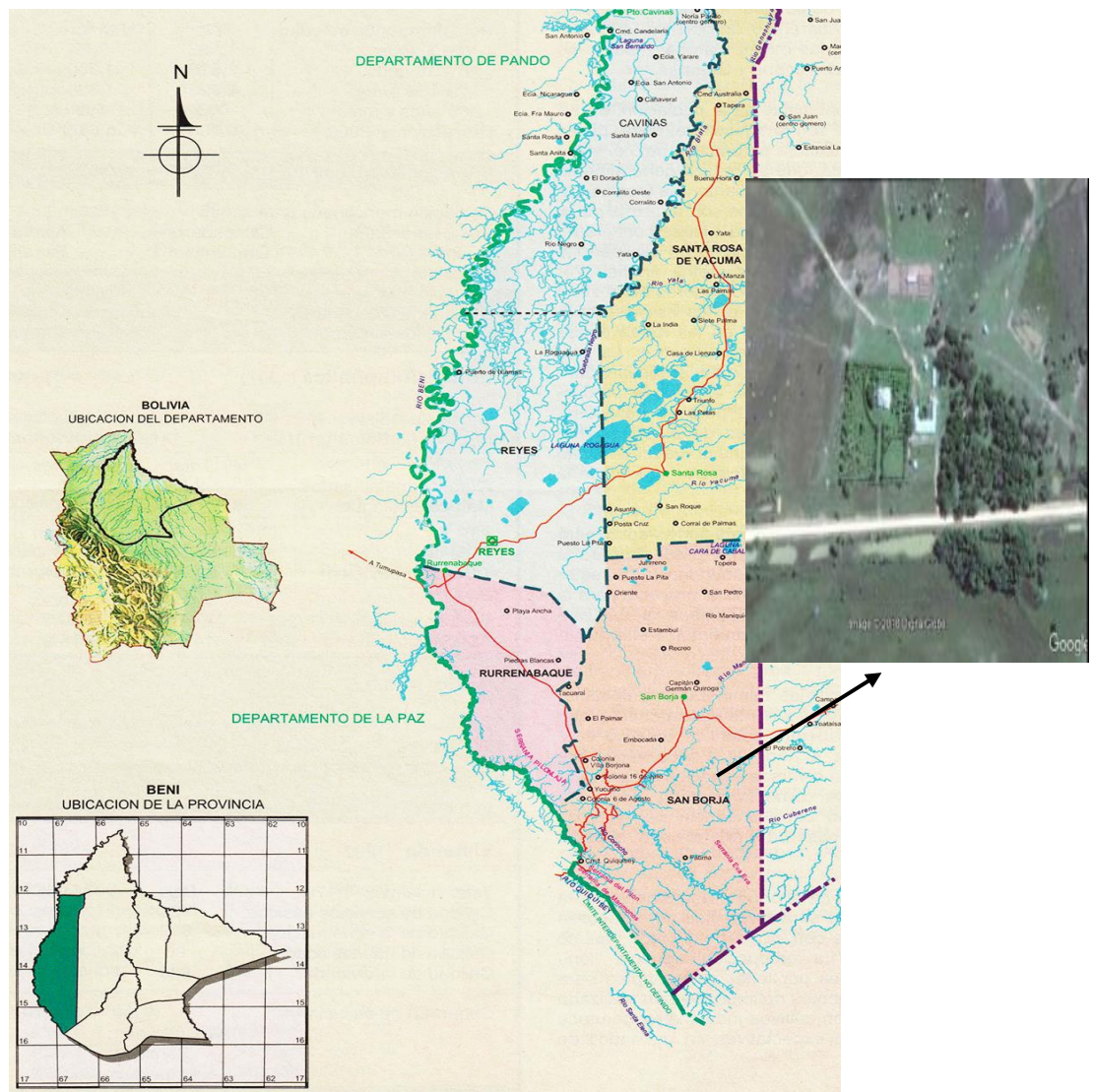


### 3. LOCALIZACIÓN

#### 3.1. Área de Investigación

El siguiente trabajo se realizó en la Estancia Ganadera “El Chaparral” ubicado a 42 km del Municipio de San Borja, de la provincia José Ballivián, en el departamento del Beni, el municipio cuenta con una superficie de 13.350 km<sup>2</sup> (Campos, 2008).

**Imagen 3:** Ubicación Geográfica del Municipio de San Borja e imagen Satelital de la Estancia Ganadera “El Chaparral”



Fuente: Campos, 2008

### **3.2. Ubicación geográfica**

El municipio de San Borja se encuentra ubicado al suroeste de la Provincia José Ballivián, del departamento del Beni, en el área de los valles interandinos y la sabana amazónica. El municipio de San Borja está situada a una altitud de 197 msnm. a una distancia de 152 km de Rurrenabaque, a 234 km de Trinidad y a 371 km de la ciudad de La Paz. Según el último censo boliviano de 2012, San Borja cuenta con una población de 40.864 habitantes, siendo de esta manera, el cuarto municipio más poblado después de Trinidad, Riberalta y Guayaramerín (Cabrera M. , 2013).

### **3.3. Características de la región**

#### **3.3.1. Clima**

Presenta un clima tropical húmedo durante todo el año, la vegetación original es de la selva tropical, la temperatura media en la región es de alrededor de 26 °C y varía muy poco entre los 23 °C en junio y julio, y aproximadamente 27 °C de octubre a marzo. La precipitación anual es de 1800 mm, con lluvias moderadas de 60-70 mm meses de junio a septiembre, y una marcada estación lluviosa de diciembre a marzo, con precipitaciones mensuales de 200 a 300 mm (Cabrera M. , 2013)

#### **3.3.2. Flora**

La diversidad de la flora de la región es variada, en el bosque Chiman existen 90 especies por hectárea, y la Estación Biológica del Beni, posee 40 especies por hectárea. En la actualidad se tienen registradas más de 590 especies de plantas colectadas. La región a la que pertenece el Municipio de San Borja tiene dos regiones ecológicas (Cabrera M. , 2013)

#### **3.3.3 Fauna**

La fauna es abundante, las especies amazónicas son las de importancia. Los bosques húmedos de la región andina y las sabanas albergan una particular biodiversidad que se debe a la abundante segregación altitudinal de especies emparentadas y a la presencia de numerosas formas locales, las especies que existen son; mamíferos, aves, reptiles, anfibios e invertebrados y peces (Cabrera M. , 2013).

## **4. MATERIALES Y MÉTODO**

### **4.1. Material biológico**

Los semovientes que se emplearon en el trabajo de investigación fueron: 1 toro cebú mestizo de seis años y 34 vacas cebú mestiza de cuatro años aproximadamente y fueron valoradas como sanas que se encontraban con un ciclo estral regular, con una condición corporal de 2 - 2.5 (escala 1 al 5), el grupo fue seleccionado del hato de la Estancia Ganadera “El Chaparral”.

#### **4.1.1. Material de trabajo de campo**

- Porta objetos
- Cubre objetos
- Vasos precipitados
- Tips para micro pipetas
- Fundas para pistola de IA
- Tubos falcom de 10 y 50ml
- Gel ecogénico
- Jeringas de 10 y 20 ml
- Jeringas de 1ml (insulina)
- Guantes de palpación
- Guantes desechables.
- Aplicador de DIV
- Pajuelas de 0,5 ml (Minitub)
- Papel absorbente
- Balde
- Mesa
- Mantel de tela

#### **4.1.2. Material de gabinete**

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de apuntes
- Bolígrafo

#### **4.1.3. Insumos**

- Agua de coco
- Agua
- Alcohol al 70%
- Gentamicina (ampolla)
- Novormon® (Gonadotropina corionica equina)
- Primer® (DIV- Progesterona)
- Dextrogenol® (PG F2 $\alpha$ )
- Gestar® (GnRH)
- Bioestrol® (Benzoato de estradiol)
- E.C.P.® (Cipionato de estradiol)

#### **4.1.4. Equipos**

- Microscopio de campo
- Ecógrafo (Mindray DP10 Vet)
- Termómetro tipo tarjeta
- Electro eyaculador (e Porvac)
- Micropipetas
- Tetera eléctrica
- Baño maría
- Cooler (hielera)
- Pistola para inseminar

#### **4.2. Método**

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método inductivo experimental, el cual consistió en tomar muestras, es decir evaluar el efecto del diluyente agua de coco en el semen bovino, generalizando los resultados, así mismo se utilizó el método analítico, el cual sirve para analizar el efecto que tuvo el agua de coco en la viabilidad espermática del semen fresco de bovino y su porcentaje de preñez en las vacas inseminadas.

#### 4.2.1. Selección del grupo experimental

El grupo experimental de semovientes fue seleccionado del hato ganadero perteneciente a la hacienda ganadera “El Chaparral”. Su evaluación fue dentro de una escala que representa la calificación o (BCS) body condition scoring (Marchi, 1992), que se mide de 1 – 5, donde 1 es demasiado flaco y 5 demasiado gordo.

Se seleccionó 34 vacas cebú mestizas, bajo los criterios de condición corporal entre 2 - 2,5 (escala de 1 – 5), con ciclo estral regular, no gestantes para lo cual se realizó un diagnóstico por ultrasonografía (ecógrafo Mindray DP 10 Vet), con un transductor lineal el cual se cubrió con el gel ecogénico introduciéndolo en un guante de palpación para evitar el derrame del gel.

**Tabla 6.** Condición corporal del bovino

Estado	Condición Corporal				
	1	2	3	4	5
General	Emaciado o adelgazamiento patológico; costillas prominentes pueden palpase individualmente	Animal delgado, pero saludable; Costillas ligeramente prominentes, pueden palpase individualmente	Condición Media; Capas de tejido graso palpable	Ligeramente gorda. Tejidos grasos se mueven al caminar.	Marcha ondulante; Costillas no palpables, huesos de cadera bien cubiertos

Fuente: Bavera 2005, citado por (Avendaño, 2021) y (Callisaya, 2016)

- Se utilizó 1 semoviente cebú mestizo de seis años, el toro estuvo en un período de 15 días de descanso, antes de realizarle la extracción del semen.

El toro donante de semen se seleccionó bajo los parámetros de condición corporal de 3,5 (escala de 1–5), evaluación de libido, prepucio, pene, escroto, testículos, epidídimo (anexo 2 y 3).

El toro fue retenido en el brete, se realizó el lavado del prepucio con agua corriente, luego se secó con toallas de papel, se cortó el exceso de pelos, esto para obtener muestras limpias y libres de contaminación.

Posterior al diagnóstico del estado fisiológico reproductivo del grupo experimental (vacas y toro), fueron registrados en planilla.

#### 4.2.2. Sincronización de celo

Las 34 vacas seleccionadas fueron sincronizadas con el siguiente protocolo que se describe a continuación:

- **Día 0**, Se lavó con agua y se secó con papel absorbente la vulva, se desinfectó el aplicador del dispositivo y luego se introduce el aplicador con el DIB en la vagina. El dispositivo intra-vaginal bovino Primer® (DIB) está impregnado de progesterona 0.5 g (P4), luego se inyecta por vía intramuscular 2 ml (2 mg) de benzoato de estradiol (BE) (Bioestrol).
- **Día 8**, se realizó el retiro del dispositivo intravaginal bovino (DIB), se le inyectó 400 UI (2 ml) Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) (Novormon®) + 500 µg (2 ml) de Prostaglandina F2α (Dextrogenol®) + 1 mg de cipionato de estradiol (E.C.P. ®), todo vía intramuscular.
- **Día 10**, se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo a las 52 – 56 horas después de haber retirado el dispositivo intravaginal bovino (DIB) y la aplicación de 2 ml (8.4 µg) de GnRH (Gestar®) por vía intramuscular.

**Tabla 7:** Sincronización del Celo e IATF

Día 0	Día 8	Día 10
DIB P4 ( 0,5 g) 2 mg BE (2ml)	Ret. DIB 400 UI eCG (2ml) 500 µg de PF2α (2ml) 1 mg E.C.P. (IM)	IATF (52–56 hrs) 2 ml GnRH (Gestar)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3. Recolección del semen

La colecta del semen se hizo mediante el uso del electro-eyaculador (e-Porvac), primero se retira el exceso de heces del recto, se levanta la cola del toro, se lubrica el electrodo y luego se introduce al recto del animal, se enciende el electro-eyaculador en mínima intensidad y se va incrementando poco a poco (entre 8 a 12 voltios) y se espera a que el toro eyacule y se pueda colectar el semen.

#### **4.2.4. Evaluación macroscópica del semen**

Una vez colectado el semen del toro, se evaluó las características físicas como: color normal, el volumen se determinó observando el tubo colector en ml, el color y olor se analizó directamente del tubo colector graduado. Posterior a la evaluación el semen debe ponerse inmediatamente a baño maría a 36°C.

#### **4.2.5. Evaluación microscópica del semen**

Se evaluó el semen inmediatamente posterior a la colecta, con la ayuda de una micro-pipeta se toma una muestra de semen y se coloca sobre una porta objeto atemperado, este debe mantenerse a una temperatura de 36°C. y se observó en un microscopio de campo. Donde, se evaluará la concentración espermática, la motilidad masal, la motilidad individual y vigor espermático. De acuerdo a la intensidad de los movimientos espermáticos según una puntuación del 0 al 5.

#### **4.2.6. Dilución del semen**

El semen colectado y el agua de coco fueron puesto en baño maría a 36°C, es importante mantener la misma temperatura del semen y diluyente para evitar un choque térmico, para este fin se utilizó un termómetro tipo tarjeta. La muestra de semen se diluyó con agua de coco en una proporción 1:4 es decir, por cada ml de semen se utilizará 5 ml de semen con 20 ml agua de coco), se adicionó el antibiótico gentamicina que es de amplio espectro (bacteriostática y bactericida) que sirve para evitar el desarrollo de cualquier microorganismo dentro de la pajuela. El semen fue envasado de forma manual haciendo uso de una jeringa de 1 ml (de insulina), en pajuelas de 0,5 ml.

#### **4.2.7. Inseminación artificial**

Una vez que la vaca esta inmovilizada en el brete, se lavó la vulva y se secó con la toalla de papel, posteriormente se introdujo la mano izquierda con un guante obstétrico de palpación en el recto de la vaca, con la mano derecha se agarra el aplicador con la funda y se introdujo en la vagina hasta pasar el cuello uterino y depositar el semen a nivel del cuerpo uterino. Esta operación se realiza a toda la unidad experimental.

Se utilizó pajuelas con semen fresco de un toro diluidas con agua de coco. El porcentaje de animales con celo manifiesto se evaluó mediante la observación directa con horas antes de la inseminación artificial a tiempo fijo.

Las vacas fueron inseminadas artificialmente a tiempo fijo el día 10, posterior al protocolo de sincronización, primero se preparó todos los materiales que se utilizaron en la investigación, el aplicador minitub se desinfectó con alcohol al 70%, allí se colocó la pajuela y se cortó la parte superior, se cogió una funda y se introdujo en el aplicador con la pajuela.

#### **4.2.8. Diagnóstico de preñez:**

El diagnóstico de preñez se realizó post inseminación artificial a tiempo fijo, la metodología empleada es por ultrasonografía, utilizando un ecógrafo (Mindray DP 10 vet), con un transductor lineal el cual se cubrió con el gel ecogénico introduciendo a un guante de palpación (evitar que se llene de estiércol), sumergiendo el transductor en un balde con agua, se realizó el diagnóstico de preñez vía trans-rectal. Por este método sólo se puede diagnosticar una preñez igual o mayor a 35 días y se logró evidenciar el estado de gestación de las vacas (anexo 1).

#### **4.3. Método estadístico**

- El tratamiento fue el semen fresco de toro que fue diluido con agua de coco  
En dosis única seminal, fueron utilizadas las pajuelas de 0,5 ml para cada unidad experimental.
- La variable porcentaje de preñez.

Se evaluó la preñez de las vacas como una variable dicotómica (1 preñada, 0 no preñada), por medio de la ultrasonografía el día 35 post inseminación artificial a tiempo fijo. Para determinar el porcentaje de preñez se utilizó la ecuación descrita por Rojas (2012).

$$IP = \frac{\text{n}^\circ \text{ de vacas preñadas}}{\text{n}^\circ \text{ de vacas inseminadas}}$$

**Dónde:**

IP = Índice de Preñez



### 4.3.1. Variables

Las variables que fueron evaluadas se describen a continuación:

- La variable sobre la motilidad individual (MI) posterior a la dilución del semen en agua de coco a las 2 a 4 horas, y fue descrita a través de estadísticos descriptivos y prueba t - student para medias de dos muestras emparejadas.
- La variable de tasa de preñez (%) se verifico a través de estadísticos de tendencia central y prueba de chi-cuadrado para medias de dos muestras emparejadas.
- La variable de la condición corporal de las vacas que fue medida a través de estadísticos descriptivos centrales y prueba de chi cuadrado.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a la investigación y los objetivos planteados al inicio del trabajo de investigación podemos establecer lo siguiente:

### 5.1. Resultado del análisis macroscópico del semen

- El eyaculado colectado fue de buena calidad, de color amarillo cremoso (lechoso), su volumen fue de 5 ml, un olor sui-generis y su concentración espermática fue de aproximadamente de 800 millones/ ml.

**Tabla N° 8.** Análisis macroscópico del semen

Detalle	Color	Volumen	Olor	Concentración espermática
Eyaculado (semen)	Amarillo cremoso (lechoso)	5 ml	Sui-generis (leche fresca)	>750 millones/ml (Excelente)

Fuente: Elaboración propia

Según Carpio (2015), dice que el semen bovino de apariencia cremosa o lechosa es de muy buena y buena calidad, el volumen debe estar entre 4 a 12 ml del eyaculado y su concentración espermática debe estar entre 400 a 750 millones/ml. El resultado del análisis macroscópico del eyaculado del toro cebú mestizo que fue evaluado en la hacienda ganadera “El Chaparral”.

Según Palma (2016), con respecto a su trabajo, el volumen del eyaculado que se observó en toros de 7 años fue de 4,36 ml en promedio, en comparación a 4,44 ml de toros de 8 años de edad.

### 5.2. Resultado del análisis microscópico del semen

- El semen fresco tiene muy buena motilidad masal del 90% (5 puntos) y una motilidad individual del 85%, estos parámetros son importantes para un óptimo proceso de dilución.

**Tabla N° 9:** Análisis microscópico del semen

<b>Detalle</b>	<b>Motilidad individual (Excelente 80-100%)</b>	<b>Motilidad masal (Excelente 80-100%)</b>	<b>Motilidad masal (1 – 5 puntos)</b>
Eyaculado	85	90	5

Fuente: Elaboración propia

Luego de la dilución del semen en agua de coco, el proceso de motilidad individual fue disminuyendo con el pasar de las horas, donde al final de 2 horas esta fase tuvo una disminución del 5% en promedio, teniendo un estado estático durante las primeras 2 horas en el eyaculado, de igual manera en la motilidad masal tuvo este mismo balance, pero al final pasada las dos horas del proceso de inseminación artificial a tiempo fijo, ambas motilidades bajaron gradualmente.

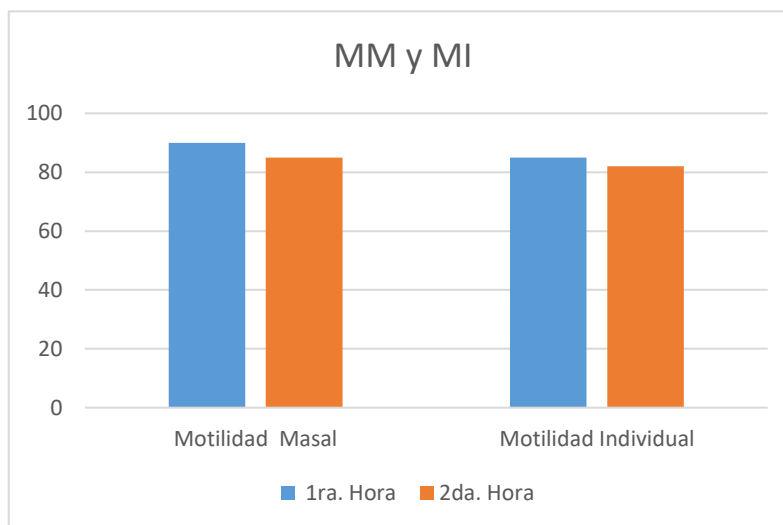
Según Villamizar G. (2014), en la dilución del semen en agua de coco se puede observar que hubo una similitud en la motilidad individual de un 80% y una motilidad masal de un 90% (excelente). El resultado varía respecto al semen fresco en razón al diluyente. La Motilidad Individual del semen observado con un microscopio de campo, se mantuvo en el orden de 85% en las dos horas de la dilución.

**Tabla 10:** Dilución del semen Hora/MI

<b>DILUCIÓN DEL HORA</b>	<b>SEMEN 1:4 MI</b>
10:13 AM	85%
10:21 AM	85%
10:35 AM	85%
10:50 AM	85%
11:07 AM	85%
11:23 AM	85%
11:39 AM	85%
11:54 AM	85%
12:16 PM	80%
13:18 PM	80%

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 1:** Dilución del semen hora – MM & MI



Fuente: Elaboración propia

### **5.3. Efecto entre los diluyentes naturales y sintéticos en relación a la viabilidad espermática de semen fresco de bovino.**

La influencia del diluyente agua de coco, en la viabilidad espermática del semen fresco es alta en bovinos en función a las variables de estudio como motilidad individual (85%) y motilidad masal (nivel 5).

Para Trigos (2017), si existe diferencia significativa con el uso de diluyentes naturales como el agua de coco con respecto a diluyentes sintéticos que influyen en la viabilidad espermática del semen bovino: en las variables motilidad, vigor. Señala que con el agua de coco se obtuvieron mejores resultados en la motilidad individual (90%) y motilidad masal (Nivel 5), en comparación al diluyente Andromed® con el resultado de motilidad masal (5) y motilidad individual (70%) en su trabajo.

Según Parada & Ariza (2019), posterior a la incorporación del diluyente agua de coco y el diluyente Andromed®, para la dilución del semen fresco en toros tuvieron una similitud en su motilidad masal (nivel 5) y motilidad individual (80%), manteniendo niveles adecuados para la inseminación artificial a tiempo fijo. Demostrando a los investigadores los resultados satisfactorios para trabajo en campo por su fácil elaboración y bajo costo.

Para Maroto (2020), que trabajo con los diluyentes Andromed® y Triladyl®, que mostraron en las primeras horas una motilidad individual (63% y 86%) y motilidad masal (nivel 4 y 5) respectivamente.

De las tesis consultadas, los datos son similares cerca a la media normal, verificando que el agua de coco es un diluyente beneficioso en la viabilidad espermática en relación con diluyentes sintéticos, con una media de 85% y de 73%.

**Tabla 11:** Bibliografía comparada (D. agua de coco/ D. sintéticos)

<b>Diluyente</b>	<b>MI (%)</b>	<b>MM (de 1-5)</b>	<b>Investigación/ensayo</b>
Agua de coco	85.00	5.00	Melgar, (2022)
Agua de coco	90.00	5.00	Trigoso, (2017),
Agua de coco	80.00	5.00	Parada & Ariza, (2019)
ANDROMED ®	63.00	5.00	Maroto, (2020)
ANDROMED ®	70.00	5.00	Trigoso, (2017),
TRILADYL ®	86.00	4.00	Maroto, (2020)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la investigación y los trabajos descritos, el análisis de estadísticos centrales mediante t - student para muestras pequeñas ( $N < 30$ ) y significancia de 0.05, nos muestra que la motilidad media ( $\mu$ ) de los diluyentes no es la misma, por lo que podemos afirmar que el nivel de motilidad si depende del diluyente utilizado.

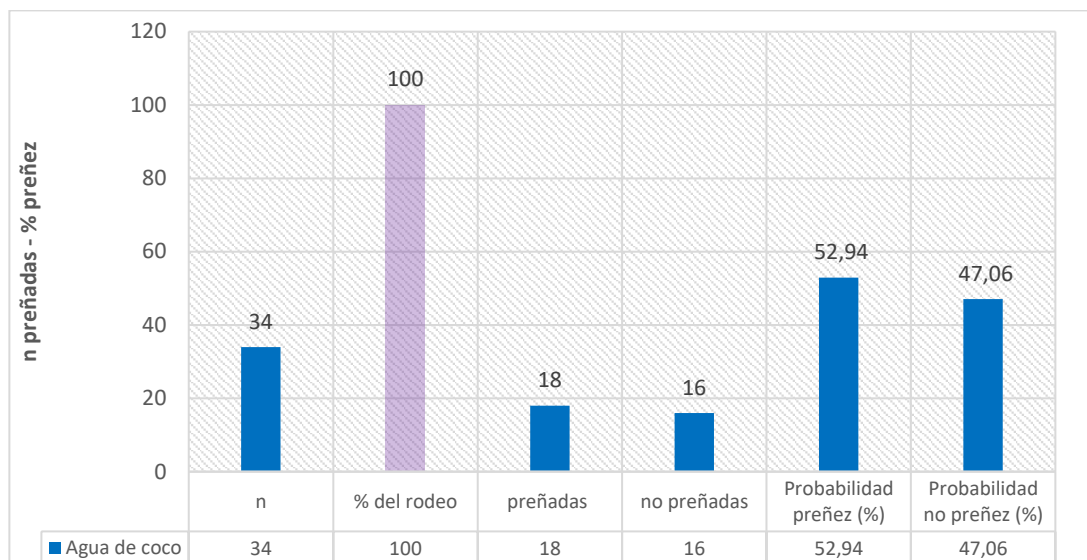
## 5.4. Tasa de preñez

### 5.4.1. Relación diluyente natural (agua de coco) sobre tasa de preñez

Con el uso de agua de coco como diluyente natural para la inseminación artificial en la hacienda “El Chaparral”, bajo protocolo inseminación artificial a tiempo fijo se comprobó un 53% de preñez, que fue verificado al día 35 de este procedimiento. Un total de 18 vacas preñadas contra 16 no preñadas. Para determinar el porcentaje de preñez se utilizó la ecuación:

$$IP = \frac{\text{n}^\circ \text{ de vacas preñadas}}{\text{n}^\circ \text{ de vacas inseminadas}} * 100$$

**Grafico N°2: Tasa de preñez “El Chaparral”**



Fuente: Elaboración propia

No se encontró literatura específica que relacione la dilución en agua de coco con la tasa de preñez en bovinos. Sin embargo, los resultados obtenidos del trabajo en la hacienda “El Chaparral” no mostraron diferencia significativa respecto a trabajos bajo similares condiciones y uso de otros diluyentes naturales y sintéticos de otras investigaciones.

Para Bucher & Kasimanickam (2009), se compararon resultados de inseminación artificial (IA) con semen fresco y congelado, usando el diluyente Caprogen y lograron una preñez del 51,5%.

Según Felice, Vater & Callejas (2012), se evaluó la preñez obtenida en vacas Angus, se utilizó el diluyente Andromed® y el porcentaje de preñez que se logró fue del 57,3%.

Según Papa, Mazeiro & Guasti (2015), el porcentaje de preñez obtenido con el diluyente Botu Bov® en vacas Nelore, fue del 51%.

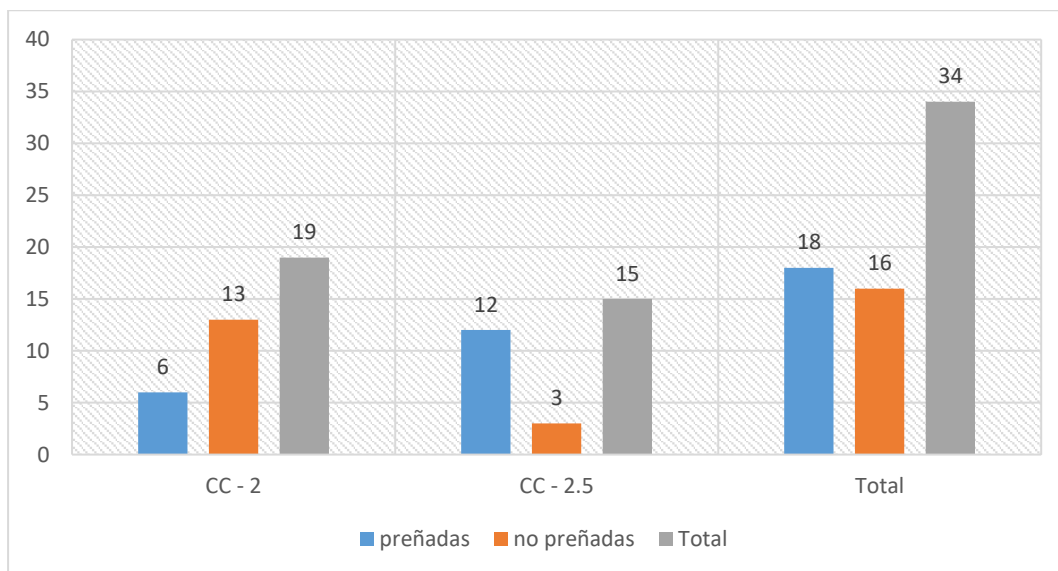
En esta investigación los beneficios del agua de coco como diluyente natural del semen bovino ha tenido una alta tasa de preñez y en otras investigaciones realizadas en diferentes especies como cerdos, conejos o cabras, se fortalece su uso como un diluyente de amplio espectro que bien puede ser utilizado a mayor escala en nuestro país

obteniendo resultados similares a tratamientos de inseminación artificial más costosos con semen fresco.

#### 5.4.2. Efecto de la CC en vacas inseminadas a tiempo fijo

La condición corporal de las 34 vacas en este estudio estuvo entre 2,0 y 2,5 de la escala que representa la calificación o body condition scoring (BCS), que se mide de 1 – 5, donde 1 es flaco y 5 demasiado gordo, bajo el protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y la utilización de agua de coco como diluyente en el trabajo de campo.

**Gráfico 3:** Vacas con Condición Corporal 2,0 y 2,5



Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de preñez alcanzado en esta investigación fue de 53%, de un total de 34 vacas; 18 preñadas (1) contra 16 no preñadas (0).

De las 18 vacas preñadas, 12 vacas tenían una condición corporal de 2,5; las otras 6 vacas con condición corporal de 2,0.

De acuerdo al resultado del Chi - cuadrado de  $7,888 > 6,635$  si existe relación entre la variable preñez con condición corporal, se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 12:** Vacas preñadas y no preñadas respecto a su CC

CONDICIÓN CORPORAL	PREÑADAS (1)	NO PREÑADAS (0)	TOTAL
2,0	6	13	19
2,5	12	3	15
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>34</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13:** Probabilidad de preñez bajo IATF – Dilutor agua de coco & CC

	PREÑADAS %	NO PREÑADAS %
<b>CC – 2,0</b>	32	68
<b>CC – 2,5</b>	80	20

Grados de error = 0.01 bajo 1 de grados de libertad.

Al respecto Callisaya (2016), citada por Avendaño (2021), lograron como resultado, que la condición corporal – 2,5 tuvo un 52% de preñez, que la condición corporal – 2,0 tuvo un 48% de preñez, que ratifica una mayor incidencia en el porcentaje de preñez en animales con una condición corporal más favorable.

Para Mamani (2018), en su trabajo mostró que la condición corporal – 2,5 tuvo un 65% de preñez en vacas Nelore, con relación a la condición corporal – 2,0 que tuvo un 25% de preñez.

Según Campos (2008), indica que cuando se pierde de 22 a 24 % de peso corporal, los animales que pierden condición corporal, entran en anestro y deficiente regulación hormonal, lo ideal es que los animales tengan una condición corporal entre 3,0 y 3,5.



## 6. CONCLUSIONES

Posterior a la realización de la investigación y a los objetivos planteados, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El semen bovino diluido en agua de coco no influye negativamente sobre la motilidad masal con un resultado del 85% (muy buena entre 80-100%) y la motilidad individual con un 90% (muy buena entre 80-100%). t-student  $1,6230 < 2,776$  lo que significa que el semen diluido en agua de coco tiene muy buena viabilidad espermática.
- La muestra del semen fresco del bovino cebú mestizo, obtuvo las siguientes características macroscópica como: un color amarillo cremoso, un volumen de 5 ml y un olor sui-generis.
- El semen fresco tiene muy buena motilidad masal del 90% (5 puntos) y una motilidad individual del 85%, estos parámetros son importantes para un óptimo proceso de dilución.
- El porcentaje de preñez de las 34 vacas cebú mestizas, luego del diagnóstico de gestación en el día 35 post inseminación artificial a tiempo fijo con el semen diluido en agua de coco fue del 53% (de 18 vacas preñadas, 12 tuvieron una condición corporal de 2,5 y las restantes 6 tenían una condición corporal de 2,0). El resultado de la prueba Chi-cuadrado tuvo como resultado de  $7,888 > 6,635$  si existe relación entre la variable preñez con condición corporal.

El agua de coco como diluyente natural del semen bovino, demostró resultado satisfactorio para este trabajo de campo por su fácil elaboración y bajo costo.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los ganaderos el uso del agua de coco como diluyente natural de semen bovino por las bondades mostradas para mantener la viabilidad espermática, para alcanzar tasas óptimas de preñez en vacas tratadas bajo el programa de IATF.
- Se recomienda el uso del agua de coco como diluyente natural de semen bovino, para ampliar su cobertura en programas de inseminación artificial en las haciendas y granjas de cría de bovinos, por su fácil elaboración y bajo costo para trabajos de campo, principalmente en sectores de menor capital.
- Se debe ampliar investigaciones relacionadas con el uso del agua de coco aplicándolas en otras condiciones ambientales y en semen de otras especies animales de interés para los Médicos Veterinarios.
- Es necesario, realizar otras investigaciones para programas de inseminación artificial a tiempo fijo con diluyente agua de coco y testigo ya sea naturales o sintéticos, donde también se puedan evaluar, variables como condición corporal, celo, crías en pie, vacas con progenie y no progenie, entre otras. Esto nos ayudara a mejorar nuestro conocimiento sobre el uso de diluyentes naturales o sintéticos y se ampliaran las bibliografías en este campo, que aún son insuficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agular, J. (2018). *Evaluación del uso de agua de coco como diluyente natural en inseminación artificial en cerdas*. Guatemala.
- Aragáo, W. (2000). *Importancia Do coqueiro-Anáo Verde*. Obtenido de <https://www.uov.com.br/cursos-online-cultivo-e-processamento-de-coco/artigos/a-importancia-do-coqueiro-anao-verde2>: www.embrapa.br
- Avendaño, R. (2021). *Evaluación del efecto del benzoato e estradiol y cipionatol de estradiol en la sincronización del celo y preñez en vaquillas cebuinas, inseminadas a tiempo fijo*. La Paz: Universidad Mayor de San Andres.
- Averanga, R., & Aliaga, J. (2019). *Efecto de la GnRH en etapas del protocolo de sincronización de celo con Progestagenos...* La Paz: Apthapi - UMSA.
- Bearden, H., & Fuguay, J. (2012). *Reproducción animal aplicada*. Mexico.
- Bendaña Garcia, G. (2013). *Agua de Coco, Agua de la Vida*. Nicaragua.
- Boggio, J. C. (2014). *Evaluación de la Aptitud Potencial y Funcional del Toro. Capacidad de Servicio. Instituto de Reproducción Animal*. Santiago: Universidad Austral de Chile.
- Brogliatti, G. (2012). *Aplicaciones del análisis computarizado de semen (CASA) en la evaluación de la calidad seminal y la fertilidad*. Tandill Argentina.
- Bucher, A., & Kasimanickam, R. (2009). *Tasa de preñez de IA de tiempo fijo después de la inseminación con semen extendido congelado o descongelado en el protocolo CO-Synch suplementado con progesterona en vacas de carne*. TERIOGENOLOGIA.
- Cabrera, M. (2013). *Departamento de Beni, Bolivia*. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=cabrera%2C+m.+%282013%29.+departamento+de+beni.+beni%2C+bolivia.+retrieved+from.+obtenido+de+http%3A%2F%2Fwww.google.com.bo%2Furl%3Fsa%3Dt%26rct%3Dj%26q%3Dsan%2520borja%2520de%2520la%2520provincia+%2520jose%2520>
- Cabrera, V. G. (2010). *Inseminación Artificial como Herramienta de Mejora Del Rendimiento Productivo Lechero*. Lima-Perú: de Extensión y Proyección Social .
- Callisaya, N. (2016). *Evaluación de la administración de ATP por vía parenteral como coadyuvante en la preñez de vacas mestizas Cebú inseminadas a tiempo fijo en San Borja – Beni*. El Alto La paz: Universidad Publica de el Alto.
- Cámara de Industria y Comercio. (2019). *Lechería exitosa. Riquezas de Bolivia*.

- Campos, R. (4 de febrero de 2008). *Relación Nutricional, Fertilidad en Bovinos. Recuperado el 4 de Febrero de 2021*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3656/1/romulocamposgaona2008.pdf>
- Carpio, S. (2015). *evaluación de dos diluyentes para la crioconservación de semen bovino: yema de huevo vs leche descremada*. Cuenca Ecuador: Universidad Politecnica saleciana.
- Carvalho, D., & Canseco, R. (2009). *Comparación de dos diluyentes comerciales para criopreservar semen de bovino bajo condiciones de campo en el trópico húmedo*. Veracruz.
- Cavestany, D. (1994). *Procesamiento y Congelación de Semen de Toro*,. Montevideo - Uruguay.
- Cavestany, D., & Méndez, J. (1993). *Manual de Inseminación Artificial en Bovinos*. Montevideo-Uruguay: Andes 1365.
- Cordova A., e. a. (2015). *En su estudio Congelación de embriones bovinos en la facultad veterinaria de la Universidad complutense de Madrid*. Madrid-España.
- Cruz, J. (2009). *Manual de evaluación de semen bovino*. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/147/1/JOSe%20NICOLaS%20ANGELIN> : <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/147/1/JOSe%20NICOLaS%20ANGELIN>
- Deutscher, H. (12 de febrero de 2010). *Aparato Reproductor del Toro*. Universidad de Nebraska.
- Felice, J., Vater, A., & Callejas, S. (2012). *Inseminación artificial a tiempo fijo: Comparación del porcentaje de preñez obtenido utilizando semen fresco vs congelado/descongelado*. Cordova - Argentina: Facultad de Ciencias Veterinarias (UNCPBA).
- Galina, C. S. (1986). *Reproduccion de Animales Domésticos*. México: Limusa S.A.
- Galina, C., & Valencia, J. (2006). *Colección del semen bovino. Reproducción de Animales Doméstico*. Mexico DF: Noriega.
- Gutierrez, A. J., Cosme, R. W., & Jiménez, C. y. (2006). *Agua de coco, suero fetal bovino, aloe vera y sus combinaciones para preservar el semen*. ArchZootec.
- Hafez, E. y. (2002). *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. México-D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernandez, R. I. (05 de 05 de 2018). *Anatomía reproductiva del toro*. Obtenido de zootecnia y Veterinaria es mi pasión.

- Instituto Nacional de Estadísticas. (03 de 03 de 2021). *CUADROS ESTADISTICOS AGROPECUARIA*. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/ganaderia-y-avicultura/ganaderia-cuadros-estadisticos/>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria . (2003). Grado de condición corporal en vacas. *Estación Experimental Colonia Benítez*, pp. 1 y 2.
- Junqueira Rodrigues, B. (29 de abril de 2021). Estrategias para la nutrición de reproductores. *Nutrinews, la revista de nutrición animal*. Obtenido de TOTALPEC: <https://nutrinews.com/alimentacion-de-toros-reproductores/>
- Macdonald, E. (1978). *Nutrición animal*. Acribia.
- Macias, J., & Montoya, L. (2003). *Evaluación del semen*. Obtenido de [www.visionveterinaria.com/articulos/119.htm](http://www.visionveterinaria.com/articulos/119.htm)
- Mamani, G. (2018). *Evaluación de la aplicación de ECG post inseminación artificial a tiempo fijo como coadyuvante del mantenimiento de la preñez en hembras Bovinas Nelore San Borja*. EL ALTO LA PAZ: UNIVERSIDAD PUBLICA DE EL ALTO UPEA.
- Marchi, A. (1992). Proyecto ganadero en áreas de pastizal natural. *INTA*, pp. 5.
- Maroto, M. (2020). *Evaluación de la motilidad del semen fresco utilizando diluyentes comerciales*. Cordova Argentina: Universidad Nacional de Cordova.
- Martinez., G., & Ricalde., R. (2015). *Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano*. Mexico DF: Universidad Autonoma Metropolitana.
- Maxwell, E. y. (1990). *Inseminación artificial en ovejas y cabras*. España: Acribia.
- Mendoza., G., & Perez., F. (2006). *Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos*. Mexico DF: Universidad Autonoma Chapingo.
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. (2012). *Compendio Agropecuario*. (Cauthin, Durán, & Vega, Edits.) La Paz, Bolivia.
- Morton, K., Billah, M., & Skidmore, J. A. (2011). *Effect of green buffer storage on the fertility of fresh camel semen after artificial insemination*.
- Muñoz, O. (2011). *Fisiología de los espermatozoides bovinos*.
- Nunes, J. (1993). *El Agua de coco como diluyente Natural*. Sao Paulo - Brasil.
- Olivares, R., & Urdaneta, R. (1985). Colección, Evolución y procesamiento del semen. *Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera FONOIAP*.
- Ortega, J. H. (2009). *Manual de Inesminación Artificial en Bovinos*. México: MAGFOR.

- Paez, E. M., & Corredor, E. (2014). *Evaluación de la aptitud reproductiva del toro*. Boyaca - Colombia: Universidad de Tunja.
- Palacios, M. (2005). *Evaluación del agua de coco, leche y sus combinaciones para la crioconservación del semen*. Chihuahua Mexico.
- Palma Dávila, C. A. (2016). *Evaluación de la calidad seminal y circunferencia escrotal en toros de servicio de campo y su correlación con las características testiculares observadas mediante ultrasonografía*. La Paz, Bolivia.
- Papa, P., Maziero, R., & Guasti, P. (2015). *Efecto del glicerol sobre la viabilidad y fertilidad del semen bovino refrigerado*. TERIOGENOLOGIA.
- Parada, D., & Ariza, R. (2019). *Efecto de dos diluyentes (agua de coco vs andromed®) en la crioconservación del semen bovino*. arauca colombia.
- Peña, J., & Perez, M. (2008). *repositorio la salle*. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1122&context=medicina\\_veterinaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1122&context=medicina_veterinaria)
- Restrepo, G. (15 de marzo de 2008). *Recolección, Evaluación y conservación de semen fresco de bovinos*. Colombia: Universidad Agraria la Molina.
- Rojas, C. (2021). Beneficios de la inseminación artificial a tiempo fijo. *Totalpec*.
- Rosemberger, G. (1981). *Exploración Clínica de los Bovinos*. Bs. As. Argentina: Emisferio Sur.
- Ruiz, H. (2007). *La Capacidad Reproductiva de los Sementales Bovinos*. Chiapas - Mexico: Universidad Autonoma de Chiapas.
- Rutter, B. y. (2006). *Bases para la evaluación de la aptitud reproductiva del toro*. Buenos Aires, Argentina: Agro-Vet.
- Silva Quiroz, L. J. (1993). *Evaluación de dos protocolos para inseminación artificial a tiempo fijo del trópico amazónico olombiano*. Colombia.
- Totalpec. (2021). Selección de matrices y toros reproductores. *Total tecnología para el agro (TOTALPEC)*.
- Tribulo, H., & Brogliatti, G. (2005). *Efecto del semen refrigerado vs congelado sobre el porcentaje de preñez en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo*.
- Trigoso, M. (2017). EFECTO DEL USO DE DOS DILUTORES (AGUA DE COCO Y LECHE DESCREMADA) PARA LA VIABILIDAD ESPERMÁTICA EN SEMEN FRESCO DE BOVINOS. Chachapoyas, Amazonas - Peru: U.N. Toribio Rodriguez de Mendoza.

- Trigoso, Y. M. (2017). *Efecto del uso de dos dilutores (agua de coco y leche descremada) para la viabilidad espermática en semen fresco de bovinos*. Chachapoyas-Amazonas-Perú.
- Vallesillo, H. (2011). *Caracterización Reproductiva de Toros de La Raza Marismeña*. Cordova Argentina: Tesis.
- Villamizar.G. (2014). *Manual de procedimiento para la colecta y crio preservación de semen bovina*. Bucaramanga Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Viotti, G. (2011). *Procesamiento del semen bovino para la inseminación artificial*. Montevideo - Uruguay: UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA.

# ANEXOS



### Anexo 1: Base de datos de las vacas

N°	PROTOCOLO IATF	CC	(1= PREÑADA) (0= NO PREÑADA)
1	Completo	2	0
2	Completo	2	0
3	Completo	2	1
4	Completo	2,5	1
5	Completo	2,5	1
6	Completo	2,5	0
7	Completo	2	0
8	Completo	2,5	1
9	Completo	2	1
10	Completo	2,5	1
11	Completo	2	1
12	Completo	2	0
13	Completo	2	0
14	Completo	2	1
15	Completo	2,5	1
16	Completo	2	1
17	Completo	2,5	1
18	Completo	2	0
19	Completo	2	0
20	Completo	2	0
21	Completo	2	0
22	Completo	2,5	1
23	Completo	2,5	1
24	Completo	2,5	1
25	Completo	2,5	1
26	Completo	2	0
27	Completo	2	0
28	Completo	2	0
29	Completo	2	1
30	Completo	2,5	1

31	Completo	2,5	0
32	Completo	2,5	1
33	Completo	2,5	0
34	Completo	2	0
NUMERO DE PREÑADAS			18
NUMERO DE NO PREÑADAS			16
TOTAL			34

#### Relación: Condición Corporal - Preñez

Análisis mediante prueba de tablas de Chi cuadrado para medir la relación de la variable: preñez y Condición Corporal.

- Preñez = Se determinó la preñez como una variable dicotómica (1 preñada, 0 no preñada), por medio del diagnóstico de gestación, que se realizó por ultrasonografía trans rectal el día 35 post IATF.
- Condición Corporal (CC) = La CC de las vacas cebú mestizas de este estudio se parametrizaron en una escala de 1 - 5 o escala body condition scoring "BCS" donde 1 es flaca y 5 demasiado gorda, del hato de ganado de la hacienda chaparral se escogieron 34 vacas con condición corporal de 2,0 y 2,5 bajo protocolo de IATF y utilización de agua de coco como diluyente en trabajo de campo.

Tabla de contingencia (valores observados)

CC	PREÑADAS (1)	NO PREÑADAS (0)	TOTAL
2,0	6	13	19
2,5	12	3	15
Total	18	16	34

Tabla de valores esperados

CC	PREÑADAS	NO PREÑADAS	TOTAL
2,0	10,0588	8,9412	19
2,5	7,9412	7,0588	15
<b>TOTAL</b>	18	16	34

Chi-cuadrado calculado

CC	PREÑADAS	NO PREÑADAS
2,0	1,6377	1,8425
2,5	2,0745	2,3338

NIVEL DE SIGNIFICANCIA ES DEL :	0,01
GRADOS DE LIBERTAD: 1 (POR SER UNA MATRIZ DE 2X2)	1,00
CHI - CALCULADO	7,8885
CHI - TABLA	6,635

Si chi-calculado > chi-tabla = relación

Si chi-calculado < chi-tabla ≠ relación

$$7,8885 > 6,635$$

**Decisión:** Existe relación entre las variables Preñez con Condición Corporal

Preñez con respecto a la CC





CC	Preñadas (%)	No preñadas (%)	Total
2,0	17,647	38,235	55,882
2,5	35,294	8,824	44,118
PROBABILIDAD	52,941	47,059	100,00

Tasa de preñez en %

	Preñadas %	No Preñadas %
CC – 2,0	32	68
CC – 2,5	80	20

La tasa de preñadas es del 53 % y de No Preñadas es del 47 %.  
Respecto a la Condición Corporal, hay un 48% más probabilidad de que una vaca quede preñada que tenga una CC-2,5 que una vaca con CC – 2,0

## Anexo 2: Examen de aptitud reproductiva del toro

<b>EXAMEN DE APTITUD REPRODUCTIVA POTENCIAL Y FUNCIONAL DEL TORO</b>				Examen No.: _____											
				Hora:	Fecha:										
Propietario: _____			Nombre: _____												
Establecimiento: _____			Señal: 												
Dirección: _____			Identificación: _____												
Depto: _____		Sec. Jud.: _____	Sec. Pol.: _____	Raza: _____											
Paraje: _____			Cond. Corporal: _____		Nacimiento: _____										
			Dentición: _____		Uso: _____										
<b>EXAMEN GENERAL</b>															
Est. carnes:		Conf. esq.:	Est. gen.:	Unif. con lote.:	Comport.:										
Desplazam.:		Ap. Loc.:	Aplomos:	Columna:	Piel:										
					Temper.:										
					Marcha:										
<b>EXAMEN PARTICULAR</b>															
Est. Dientes:		Boca:	Encías:	Lengua:	Ojo Der:										
					Fig. 										
					Ojo Izq: _____										
					Fig. 										
Pecho:		Manos:	Patas:	Escáp. Hum.:	Carp.:										
					Coxo Fem.:										
					Rodilla:										
					Tarso:										
Pezuñas Manos:		Espacio interdigital manos:		Pezuñas Patas:											
				Espacio interdigital patas:											
Observaciones: _____															
<b>GENITALES</b>															
				Circunferencia Escrotal (CE) cm: _____											
Prepucio:		Pene:	Escroto:	Tono Testicular: _____											
<b>Testículo Izquierdo</b>			<b>Testículo Derecho</b>												
Desliz:		Dolor:	Temp:	Tamaño:											
Observaciones: _____															
<b>Epididimo Izquierdo</b>			<b>Epididimo Derecho</b>												
Cabeza:		Cuerpo:	Cola:	Tono:											
Observaciones: _____															
Área pélvica: L:		A:	Vesículas:	Ampollas:	Próstata:										
					Obs:										
Observaciones: _____															
<b>EXAMEN FUNCIONAL APTITUD DE MONTA Y LIBIDO</b>															
Erección:		Aproxim.:	Erección:	Muy buena <30":	Buena <5":										
					Aceptable <10":										
Emis. Pene:		Monta:	Abrazo:	Baja 10-30":	> 30" Sin:										
Búsqueda:		Golpe Riñón:	Desmonta:	Relaj.:	Obs:										
					Aceptación Vagina:										
<b>CAPACIDAD DE SERVICIO (CS)</b>				<b>POTENCIAL ENTORE (PT)</b>											
0-1 Baja:		Servicios:	2-3 Media:	Servicios:		<b>Hembras</b>									
						CS	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4-6 Alta:		Servicios:	7 o + Muy Alta:	Servicios:		CE	30	30.5	31	31.5	32	32.5	33	33.5	34
						PT	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Examen de semen Resultado: _____															
<b>DIAGNOSTICO</b>															
<b>TRATAMIENTO</b>															
A la fecha el Toro está: Apto <input type="checkbox"/> Observado <input type="checkbox"/> No Apto <input type="checkbox"/> para la reproducción.															
Tiene <input type="checkbox"/> no tiene <input type="checkbox"/> anomalías que pudieran interferir en su eficiencia reproductiva.															
															
<b>MMVII</b> <span style="float: right;">Toro 1 Muy firme muy elástico 2 Firme y elástico 3 Blando esponjoso 4 Muy blando y muy esponjoso</span>															

### Anexo 3: Evaluación del toro

Detalle	Resultado
<b>Escroto</b>	Pendulante y Circunferencia escrotal 35 cm
<b>Testículos</b>	Simétricos,móviles, firmes y sin adherencia
<b>Palpación epidímo</b>	Tamaño, simetría y sin dolor al tacto
Pene	Sin problemas morfológicos
<b>Prepucio</b>	Sin abscesos, cicatrices y/o adherencia
<b>Palpación de glándulas sexuales</b>	Via rectal, próstata: palpación sin dolor
<b>Libido (habilidad de servicio)</b>	Bueno
<b>Condición corporal</b>	3,5

### Anexo 4: Relación entre diluyentes naturales y sintéticos en la viabilidad espermática de semen fresco de bovino.

DILUTOR	Motilidad individual (%)	Motilidad Masal (de 1-5)	Investigación/ensayo)
AGUA DE COCO	85.00	5.00	(Melgar, 2022)
AGUA DE COCO	90.00	5.00	(Trigoso, 2017),
AGUA DE COCO	80.00	5.00	(Parada & Ariza, 2019)
ANDROMED	63.00	5.00	(Maroto, 2020)
ANDROMED	70.00	5.00	(Trigoso, 2017),
TRILADYL	86.00	4.00	(Maroto, 2020)

Análisis t- Student de la media aritmética de la Viabilidad Espermática del Semen Post dilución en función a su Motilidad individual y masal

En el análisis de la t - student, la viabilidad espermática del semen diluido en agua de coco es óptima ( $\mu=85$ ) con respecto al diluyente sintético ( $\mu = 73$ ) y aceptamos la hipótesis nula  $t_{cal} < t_{tab}$  Acepta  $H_0$  ( $1,6230 < 2,776$ ) porque la t de la tabla es mayor que la t calculada y podemos decir que el semen diluido en agua de coco tiene mejor viabilidad espermática que el semen que esta diluido con un sintético. Para (Tri17) en su trabajo

realizado en campo tuvo similares resultados a lo cual se añade el bajo costo y facilidad de preparación.

**PRUEBA T-STUDENT, PARA DOS MUESTRAS EMPARENTADAS**

	<i>MI agua de coco</i>	<i>MI D. sintético</i>
Media	85	73
Varianza	25	139
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	82	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	1,623005342	
P(T<=t) una cola	0,089954747	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,179909495	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

$$1,6230 < 2,776$$

Existe relación entre motilidad individual y los dilutores (natural y sintético), dado medias distintas de acuerdo a análisis t Student, para dos muestras emparentadas de muestras menores a 30.

Hay evidencia significativa para decir que las medias son diferentes a un nivel de  $\alpha=0.05$ : Entonces  $\alpha=0.05 < P$  (t dos colas) & Valor critico de t > estadístico de t  $\rightarrow$  se acepta la Hipótesis nula

**Anexo 5:** Relación del tipo de dilutor con la tasa de preñez

Prueba T-STUDENT, para dos muestras emparentadas de muestras (N<30)

$\mu =$  media

	<b>NATURALES (%)</b>	<b>SINTETICOS (%)</b>
Preñadas	52,94	51.25
No Preñadas	47,06	48.75
Totales	100.00	100.00

Si:  $\mu_1 = \mu_2 \rightarrow \mu_1 - \mu_2 = 0 \rightarrow$  se rechaza  $H_0$

Si:  $\mu_1 \neq \mu_2 \rightarrow \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \rightarrow$  se acepta  $H_a$

Si:  $\alpha < P(T \leq t)$  dos colas se  $\rightarrow$  se rechaza  $H_0$

Si: valor crítico de  $t$  (dos colas)  $>$  estadístico  $T \rightarrow$  se rechaza  $H_0$

La tasa de preñez mediante el estadístico  $t$  - student para muestras menores a 30 y significancia de 0,05 nos muestra que la tasa media de preñez ( $\mu$ ) de los diluyentes es equivalente ( $\mu_1 = \mu_2$ ) por lo tanto, el porcentaje de preñez no está relacionada con el uso del diluyente natural o sintético y que está sujeta a otras variables como; la raza, la nutrición, la condición corporal de la vaca.

*Prueba T-Student para dos muestras emparentadas de muestras ( $N < 30$ )*

	<i>MI agua de coco</i>	<i>MI D. sintético</i>
Media	50	50
Varianza	18	2
Observaciones	2	2
Varianza agrupada	10	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico $t$	0	
$P(T \leq t)$ una cola	0,5	
Valor crítico de $t$ (una cola)	2,91998558	
$P(T \leq t)$ dos colas	1	
Valor crítico de $t$ (dos colas)	4,30265273	

*Prueba de hipótesis*

*Se rechaza la  $H_0$  función a  $\mu_1 (50) = \mu_2 (50) \rightarrow$  El tipo de diluyente NO incide significativamente en la tasa de preñez y no existe evidencia significativa que sus medias ( $\mu$ ) sean diferentes a la expuesta en la T student.*

## Anexo 6: Fotografías

### 1. Materiales



### 2. Envasado de pajuelas





### 3. Selección del grupo experimental



### 4. Material para la inseminación artificial a tiempo fijo



5. Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)



6. Diagnóstico de preñez por ultrasonografía post IATF (día 35)



