



**UNL**

Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

### Maestría en Reproducción Animal, Mención en Rumiantes

## Evaluación de la eficiencia en la administración de minerales previo a la utilización de protocolo de sincronización.

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Maestría en  
Reproducción Animal con Mención en  
Rumiantes

### **AUTOR:**

Holger Marcelo Jumbo Vélez

### **DIRECTOR:**

Dr., Mauro Iván Guevara Palacios. PhD.

Loja - Ecuador

2023

## **Certificación**

Loja, 1 de noviembre del 2023

Dr. Mauro Iván Guevara Palacios PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **C E R T I F I C O:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de la eficiencia en la administración de minerales previo a la utilización de protocolo de sincronización**, previo a la obtención del título de **Master en Reproducción Animal con mención en Rumiantes**, de la autoría del estudiante **Holger Marcelo Jumbo Vélez**, con **cédula de identidad Nro.115003864**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Dr. Mauro Iván Guevara Palacios. PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Holger Marcelo Jumbo Vélez**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**

**Cédula de identidad:** 1150038634

**Fecha:** 1 de noviembre del 2023

**Correo electrónico:** holgermjumbovelez@hotmail.com

**Teléfono:** 0939751911

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación**

Yo, **Holger Marcelo Jumbo Vélez**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Evaluación de la eficiencia en la administración de minerales previo a la utilización de protocolo de sincronización**, como requisito para optar el título de **Máster en Reproducción Animal con mención en Rumiantes**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al uno del mes de noviembre del dos mil veintitrés.

**Firma:**

**Autor:** Holger Marcelo Jumbo Vélez.

**Cédula:** 1150038634

**Dirección:** Zoilo Rodríguez y 10 de Agosto

**Correo electrónico:** holgermjumbovelez@hotmail.com

**Teléfono:** 0939751911

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Dr., Mauro Iván Guevara Palacios. PhD.

## **Dedicatoria**

Este Trabajo va dedicado a Dios por brindarme la sabiduría y empeño necesario para poder culminar con esta etapa, a mis padres por su apoyo incondicional que desde pequeño siempre estuvieron alentándome a conseguir mis sueños.

*Holger Marcelo Jumbo Vélez*

## **Agradecimiento**

Mi gratitud hacia la Universidad Nacional de Loja por abrirme sus puertas y permitirme seguir con mi formación académica, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables por brindarme las herramientas necesarias para poder fortalecer mis habilidades y aptitudes que me forjan como profesional con la visión de poder servir a la sociedad en la búsqueda de soluciones que hoy aquejan.

Agradecer infinitamente a toda planta docente que compartieron sus conocimiento y experiencias sin egoísmo alguno, en especial al Dr. Mauro Guevara PhD, quien realizó un desempeño intachable como director de fin de titulación, brindó su apoyo y acompañamiento llegando a ser un pilar fundamental para que este trabajo llegara a su fin.

Agradezco a mis padres; Marcela, Digna, Holger, a mis hermanos; Leslie, Jhonnatan, Johana por su infinito apoyo y palabras de aliento, sin ellos nada de esto fuera posible.

***Holger Marcelo Jumbo Vélez***

## Índice de contenidos

Portada .....	i
Certificación.....	ii
Autoría .....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos .....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de Figuras.....	x
Índice de Anexos .....	xi
1. Título.....	1
2. Resumen .....	2
1.2. Abstrac.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico .....	7
4.1. Anatomía del aparato genital femenino.....	7
4.1.1. Aparato genital externo.....	7
4.1.2. Aparato genital interno .....	8
4.2. Ciclo sexual y ciclo estral. ....	9
4.2.1. Ciclo sexual.....	9
4.2.2. Ciclo Estral. ....	10
4.3. Hormonas Implicadas en la reproducción: .....	11
4.3.2. Prostaglandinas. ....	12
4.3.3. Hormonas Hipotalámicas. ....	13
4.3.4. Hormonas Hipofisarias.....	13
4.3.5. Hormonas Gonadales.....	14
4.4. Importancia de la administración de minerales. ....	15
4.5. Inseminación artificial en hembras bovinas.....	15
4.6. Inseminación Artificial a tiempo fijo. ....	17
4.7. Protocolos de IATF basados en estrógenos y progesterona.....	18
5. Metodología.....	18

<b>5.1.</b>	<b>Área de estudios .....</b>	<b>18</b>
<b>5.2.</b>	<b>Población y muestra .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.</b>	<b>Métodos y procedimientos .....</b>	<b>19</b>
<b>5.4.</b>	<b>VARIABLES EVALUADAS.....</b>	<b>19</b>
5.4.1.	<i>Parámetro de condición corporal .....</i>	19
5.4.2.	<i>Dinámica folicular .....</i>	20
5.4.3.	<i>Expresión de celo .....</i>	20
5.4.4.	<i>Repetición de celo .....</i>	20
5.4.5.	<i>Tasa de concepción .....</i>	20
5.4.6.	<i>Análisis costo beneficio .....</i>	20
<b>6.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>21</b>
6.1.	<b>Condición corporal.....</b>	<b>21</b>
6.2.	<b>Diámetro folicular.....</b>	<b>22</b>
6.3.	<b>Expresión del celo .....</b>	<b>23</b>
6.4.	<b>Repetición de celo .....</b>	<b>24</b>
6.5.	<b>Tasa de concepción .....</b>	<b>25</b>
6.3.	<b>Análisis costo beneficio.....</b>	<b>26</b>
<b>7.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>27</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>29</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>30</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía: .....</b>	<b>31</b>
<b>11.</b>	<b>Anexos: .....</b>	<b>34</b>



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Diámetro folicular .....	22
<b>Tabla 2.</b> Costos de producción. ....	26

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Condición corporal 2,5 .....	21
<b>Figura 2.</b> Condición corporal 3 .....	21
<b>Figura 3.</b> Diámetro folicular.....	22
<b>Figura 4.</b> Expresión de celo G1 .....	23
<b>Figura 5.</b> Expresión de celo G2.....	23
<b>Figura 6.</b> Repetición de celo G1.....	24
<b>Figura 7.</b> Repetición de celo G2.....	24
<b>Figura 8.</b> Tasa de concepción G1 .....	25
<b>Figura 9.</b> Tasa de concepción G2.....	25

## **Índice de Anexos**

<b>Anexo 1.</b> Inseminación artificial .....	34
<b>Anexo 2.</b> Manifestación de celo .....	34
<b>Anexo 3.</b> Inseminación artificial 50h después de retirar el implante .....	35
<b>Anexo 4.</b> Chequeo ginecológico mediante ecografía.....	35
<b>Anexo 5.</b> Medición del diámetro folicular .....	36
<b>Anexo 6.</b> Vacas con condición superior a 2.5 con cría al pie .....	36
<b>Anexo 7.</b> Certificación de abstrac .....	37

## **1. Título**

Evaluación de la eficiencia en la administración de minerales previo a la utilización de protocolos de sincronización.

## 2. Resumen

En Ecuador la población bovina disminuyó un 5,1% en 2022 respecto a 2021; Se observa que la región Sierra concentra la mayor cantidad de ganado vacuno con el 53.0% del total nacional, seguida de la Costa con el 38.5%. el 8,5% pertenece a la amazonia, en la provincia de Loja, existen 86.158 cabezas de ganado entre vacas y vaconas las cuales son destinadas para la producción de leche, el objetivo de esta investigación es evaluar en vacas de cría, el efecto de la administración previa vía parenteral de vitaminas y minerales sobre el porcentaje de preñez obtenido luego de realizar una IATF, se trabajó con dos grupos de 25 animales cada uno, el grupo 1 se aplicó una dosis de ADE3, dos dosis de minerales por vía intramuscular profunda 15 y 11 días previos al inicio de la sincronización, el grupo dos se trabajó directamente con el protocolo de sincronización, como resultados se obtuvieron que el grupo 1 obtuvo diferencia significativa en los siguientes parámetros; diámetro folicular, expresión del celo, repetición de celo, tasa de concepción, llegando a concluir que la administración parenteral vitamínica / mineral influye de manera positiva a la eficiencia del uso de protocolos inseminación a tiempo fijo, en el análisis costo beneficio los dos grupos obtuvieron rentabilidad sin embargo el grupo 1 fue superior.

**Palabras clave:** Sincronización, IATF, minerales, vitaminas, eficiencia, costo / beneficio.

## **1.2. Abstrac**

In Ecuador in 2022, cattle registered a decrease of 5.1% compared to 2021; It is observed that the Sierra region concentrates the largest number of cattle with 53.0% of the national total, followed by the Coast with 38.5%, 8.5% belongs to the Amazon, in the province of Loja, there are 86,158 heads of cattle, including cows, which are destined for milk production. The objective of this research is to evaluate in breeding cows the effect of prior parenteral administration of vitamins and minerals on the percentage of pregnancy obtained. After performing an IATF, we worked with two groups of 25 animals each, group 1 applied a dose of ADE3, two doses of minerals by deep intramuscular route 15 and 11 days prior to the start of synchronization, group two It worked directly with the synchronization protocol, the results were that group 1 obtained a significant difference in the following parameters; follicular diameter, expression of heat, repetition of heat, conception rate, concluding that parenteral vitamin/mineral administration positively influences the efficiency of the use of fixed-time insemination protocols, in the cost-benefit analysis the two groups obtained profitability, however, group 1 was superior.

**Keywords:** Timing, IATF, minerals, vitamins, efficiency, cost/benefit.

### 3. Introducción

En el Ecuador existen 4,07 millones de cabezas de ganado a nivel nacional, en la provincia de Manabí se concentra la mayor cantidad con 862.482 cabezas, lo que representa el 21,21% del total nacional, dominando la ganadería mixta con 1,49 millones de cabezas, lo que equivale al 36,66%.; seguido de los criollos con un 23,33%. En la provincia de Loja existen 86.158 cabezas de ganado, entre vacas y ganado lechero, destinados a la producción de leche (ESPAC,2021).

En el año 2022, el ganado vacuno registró un decrecimiento del 5,1 % con relación al 2021; se observa que la región Sierra concentra la mayor cantidad de cabezas de ganado con un 53,0% del total nacional con una producción de leche de 4,4 millones de litros que representan el 79,5% con una equivalencia de 8lt/vaca, seguida por la Costa con el 38,5 % con un 16,13% de producción láctea equivalente a 4lt/vaca, el 8,5% de ganado restante se encuentra en la Amazonía encargada de producir el 4,2% de leche a nivel nacional con una productividad por vaca de 5,3lt (ESPAC, 2023).

Las vitaminas y minerales intervienen en la regulación y mantenimiento de las funciones corporales y también tienen un efecto directo en la reproducción, donde hay mayor necesidad. Su deficiencia es en algunos casos pequeña, generando problemas con la tasa de preñez, lo que determina la eficiencia reproductiva de un rebaño (José & Unzué, 2020). El daño oxidativo puede producirse cuando el animal está expuesto a un estrés extremo o cuando sufre un estrés inmunológico importante. Por este motivo, el uso de minerales y vitaminas puede ser importante a la hora de aplicar un protocolo IATF para reducir el estrés oxidativo y evitar que baje la tasa de embarazo (Silva & Pimentel, 2017) Los animales necesitan macro y microminerales para todos los procesos fisiológicos y biológicos, incluida la integridad estructural (músculo y hueso), la lactancia, la actividad enzimática, la transmisión nerviosa, el crecimiento y desarrollo, la reproducción y otros (Greene, 2016). Las deficiencias y desequilibrios minerales a menudo se citan como causas de trastornos reproductivos. (Felipe Valencia Hernández, s. f.).El estudio del efecto de la aplicación de minerales vía parental en la eficiencia del porcentaje de animales preñados post aplicación de programas de inseminación a tiempo fijo es relevante para la toma de decisiones tanto para la optimización de recursos humanos y económicos.

La eficiencia reproductiva es uno de los aspectos más importantes en la producción ganadera, por lo tanto, repercute en la rentabilidad de la producción ganadera, el manejo reproductivo, destacando la correcta implementación de los programas de inseminación

artificial y la calidad del semen utilizado (Hafez, 1993), en los últimos años se han desarrollado muchos protocolos para minimizar la necesidad de detección de celo. (R.J, 2017).

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una técnica que, mediante el uso de hormonas, sincroniza el estro y la ovulación, permitiendo inseminar un gran número de animales en un corto período de tiempo (Vélez, 2014). Sus beneficios son conocidos en términos de mejoramiento genético, conocimiento de la paternidad y capacidad de utilizar toros que produzcan terneros de bajo peso al nacer. Este método consiste en interferir en el ciclo sexual de las hembras de ganado vacuno y de otras especies, garantizando que los animales ovulen en un periodo determinado. Estas hormonas bloquean el ciclo y hacen que las vacas reanuden el ciclo y coovule (Otero, 2018).

Los suelos del Ecuador y, en particular, de la provincia de Loja, son deficientes en fósforo, por lo que se desarrollan pastos con deficiencia de este elemento, lo que lleva al hallazgo de rebaños de animales con valores bajos de fósforo sérico (hipofosfatemia). y, como resultado, un bajo aumento de peso. , así como problemas reproductivos y bajos niveles de productividad (Barrios Mariana, 2013). La suplementación mineral se está convirtiendo en una alternativa viable para mantener niveles adecuados de fósforo en animales deficientes, asegurando así un aporte adecuado de este mineral que les permita cubrir sus necesidades (Barrios Mariana, 2013). Brandon y Dugmore (2012) mencionan que existen al menos 21 minerales esenciales para el ganado que son requeridos por el cuerpo para su funcionamiento normal pero que no pueden ser sintetizados por el cuerpo y deben incluirse en la dieta.

Los minerales desempeñan un papel importante en diversas enzimas y procesos metabólicos, y se acumulan en el embrión y los tejidos reproductivos, lo que indica su papel especial en el desarrollo, crecimiento y supervivencia embrionarios. Concentraciones insuficientes de estos minerales se asocian con una mayor mortalidad embrionaria en el ganado (Hostetler et al., 2003). El uso continuo de suplementos multivitamínicos y minerales a lo largo del tiempo ha modificado beneficiosamente los síntomas causados por deficiencias nutricionales, reduciendo el intervalo entre partos en la primera inseminación y aumentando las tasas de concepción en los rebaños de vacas reproductoras (Ahola et al., 2004). La visión tradicional afirma que la suplementación mineral inyectable se recomienda en casos de deficiencia clínica de algún mineral, ya que la respuesta al tratamiento se observa en el corto plazo (1 a 7 semanas) (Grace & Knowles, 2012).



Dados los antecedentes mencionados esta investigación tiene como objetivos:

- Evaluar en vacas de cría, el efecto de la administración parenteral de vitaminas y minerales sobre el porcentaje de preñez.
- Comparar entre los dos tratamientos el diámetro folicular obtenido al momento de la inseminación.
- Evaluar en vacas de cría, la influencia del tratamiento según condición corporal al inicio del protocolo de IATF.
- Análisis costo beneficio de la aplicación de vitaminas y minerales sobre la rentabilidad del uso de protocolos de sincronización.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Anatomía del aparato genital femenino.**

Los órganos genitales femeninos constan de glándulas sexuales formadoras de células germinales femeninas (ovocitos), de glándulas accesorias y de órganos copuladores. A su vez, estas estructuras se pueden incluir en dos categorías: aparato genital externo y aparato genital interno, de acuerdo con su localización en el cuerpo del animal, lo que determinará su función y su morfología (Porta & Hernández, 2018).

#### ***4.1.1. Aparato genital externo.***

##### ***4.1.1.1. Vulva***

Está conformada por dos labios gruesos y arrugados, su aspecto varía con la edad, raza y con la historia obstétrica de la vaca. La vulva se encuentra limitada por la comisura dorsal, que puede presentarse de manera aguda o redondeada en función de la raza, y por la comisura ventral, que tiene una disposición aguda con presencia de pelos. La vulva de las hembras freemartin es notablemente más pequeña y rodeada, de pelos anormalmente largos (Porta & Hernández, 2018).

##### ***4.1.1.2. Clítoris.***

El clítoris de la vaca tiene raíces muy cortas, no obstante, el cuerpo mide de 10 a 12 cm de longitud y es flexuoso. Solo es visible la extremidad puntiaguda del glande en la comisura ventral de la vulva (Sisson & Grossman, 2005).

##### ***4.1.1.3. Vestíbulo vaginal.***

La abertura externa de la uretra se encuentra a una distancia de 10 a 12 cm de la comisura ventral, tiene la forma de una hendidura longitudinal de unos 2,5 cm de largo, debajo de ella se encuentra un saco ciego, el divertículo sub uretral, de unos 3,5 cm de largo. Las dos grandes glándulas vestibulares están situadas en las paredes laterales de la vulva, debajo del músculo constrictor, miden unos 3 cm de largo y unos 1,5 cm de ancho, cada una con dos o tres conductos que se abren en una pequeña bolsa que contiene una membrana mucosa. Estas glándulas se encargan de secretar líquido que ayuda a lubricar la vagina, facilitando la cópula (Noajes et al., 2019).

## **4.1.2. Aparato genital interno**

### **4.1.2.1. Vagina**

La vagina en el animal no gestante es aproximadamente de 25 a 30 cm, aunque sus dimensiones en fase de reposo tienen relativamente poca importancia, ya que la vagina constituye un órgano dilatado, tanto de forma transversal como longitudinal (Sisson & Grossman, 2005). Es frecuente que la parte más caudal sea más estrecha, especialmente en animales jóvenes, lo que coincide con la presencia del músculo uretral en su porción más caudal.

La superficie vaginal dispone de pliegues vaginales, la mayoría de estos discurren longitudinalmente, sin embargo, en la porción craneal, puede haber también algunos pliegues circulares.

### **4.1.2.2. Útero.**

El cuerpo mide de 3 a 4 cm de longitud, aunque externamente parece medir de 12 a 15 cm. Esta falsa impresión se debe al hecho de que las partes posteriores de los cuernos están unidas por tejido conectivo y muscular y presentan una cubierta peritoneal común, los cuernos son más extensos de lo que aparentan externamente y tienen una longitud media de 35 a 40 cm (Sisson & Grossman, 2005)

El cuello uterino mide unos 10 cm de longitud y en su interior se cierra por una serie de proyecciones regulares, que constituyen tres (o cuatro en algunas razas de bovino) anillos cervicales.

### **4.1.2.3. Oviductos.**

Los oviductos en la vaca son largos, sin embargo, como tienen un trayecto flexuoso, el infundíbulo y el istmo se encuentran próximos entre sí. El infundíbulo se encuentra en la parte lateral del ovario, en el borde libre del mesosálpinx (ligamento suspensor del oviducto), y abraza el ovario mediante unas proyecciones filiformes que conforman la fimbria, su apertura se la conoce como ostium (Yaniz, 2010). El infundíbulo continúa y constituye una formación más definida de carácter ampuloso y de mayor diámetro, que se conoce como ampolla tubárica. Por último, se encuentra el istmo, que es el segmento más cercano al útero, el cual se une al cuerno mediante la unión útero tubárica.

#### **4.1.2.4.Ovarios.**

El ovario bovino es un órgano de consistencia firme, de forma irregular esta unido a la pared abdominal por su inclusión en el ligamento ancho, se encuentra generalmente en la parte ventral del cuerpo del ilion, al nivel aproximado de la bifurcación uterina, no obstante, su posición sufre una amplia variabilidad, debida a la historia reproductiva anterior de la hembra. Los folículos y cuerpos lúteos pueden proyectarse desde cualquier parte de la superficie del ovario.

### **4.2.Ciclo sexual y ciclo estral.**

#### **4.2.1. Ciclo sexual.**

El sistema portal-hipotalámico-pituitario produce la hormona liberadora de gonatropina (GnRH), que a su vez viaja a través de este sistema hasta la glándula pituitaria y estimula la producción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH). La GnRH tiene dos formas de producción: la primera es pulsátil o tónica y está controlada por diversos estímulos externos como el fotoperiodo, la lactancia materna o la bioestimulación; y por estímulos internos como metabolitos, hormonas sexuales u hormonas metabólicas. La segunda forma es preovulatoria o cíclica y es desencadenada por los estrógenos durante el estro (Rippe, 2015).

La vaca nace con más de 200 000 folículos y la mayoría de estos sufren un proceso de atresia a lo largo de las distintas etapas de crecimiento y muy pocos llegan a desarrollarse completamente. Solamente uno en cada ciclo estral, máximo dos en los bovinos. Cuando los folículos llegan a formar el antro, se desarrollan en forma de oleadas y cada una de estas oleadas comienza cuando se produce una elevación en la cantidad de la hormona FSH, que ocasiona el crecimiento de varios folículos que la hembra ha llevado a la fase antral. Cada especie bovina tiene una fase de desarrollo antral muy diferente en función a varios factores de raza, individuales, energéticos a esta fase se le conoce como reclutamiento.

El número de ondas foliculares que se producen durante el ciclo estral va a depender de varios factores, entre los más importantes está la raza, edad, lactancia, época del año, alimentación, etc. Tanto en el ciclo de dos ondas como en el de tres ondas, la aparición de la primera onda folicular se produce el día de la ovulación (día

0). En los ciclos de dos olas, la segunda ola ocurre el día 9 o 10. En los ciclos de tres ondas, la segunda onda ocurre el día 8 o 9, y la tercera onda ocurre el día 15 o 16 (Rippe, 2015).

#### **4.2.2. Ciclo Estral.**

El ciclo estral es el período comprendido entre dos fases de receptividad sexual y el tiempo transcurrido entre dos ovulaciones. Se produce entre 21/22 días en las vacas y 20 en las novillas.

##### **4.2.2.1. Estro**

El estro es la etapa de receptividad sexual donde la hembra presenta el reflejo de quietud y admite la cópula con el macho. La duración de los síntomas de celo es muy variable en los bovinos, pero la media está entre 4 a 16 horas. Los signos específicos del estro se deben a la presencia de estrógenos que produce el crecimiento del folículo. En esta fase los estrógenos alcanzan unos niveles sanguíneos  $> 25$  pgr/ml y los de progesterona  $< 1$  ngr/m (Rippe, 2015).

##### **4.2.2.2. Metaestro.**

A partir de las 12-24 horas de comenzar el celo, los estrógenos y los signos típicos del estro empiezan a desaparecer, comenzando el metaestro que tiene una duración entre tres a cinco días. Durante el metaestro se produce el proceso de ovulación, este se produce 10 a 15 horas después de haber finalizado los síntomas celo. Posteriormente a la ovulación, se produce un proceso hemorrágico y el folículo se repleta de sangre, a esta estructura se le conoce como cuerpo hemorrágico.

Después se producirá la luteinización de las células foliculares, convirtiéndose así en células luteales; estas transformaciones se producen entre el 5° y 7° día del ciclo, finalizándose en este momento la etapa denominada metaestro y comenzando la fase lútea o diestro (Rippe, 2015).

##### **4.2.2.3. Diestro.**

En las vacas los niveles más altos se dan el día 10 del ciclo hasta el 15, dependiendo si existe gestación o no. Si la vaca está preñada, el cuerpo lúteo se va a mantener y las concentraciones de progesterona son altas por lo que se inhibe la aparición del celo. En caso de no estarlo comenzaría la regresión del cuerpo lúteo por la acción de la prostaglandina F2alfa a partir del día 15, por lo

que los niveles de progesterona serán efectivos al menos 10 días cada ciclo (Noajes et al., 2019; Rippe, 2015).

#### ***4.2.2.4. Proestro.***

Esta fase empieza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y termina con el inicio del celo y dura aproximadamente entre dos o tres días. La eliminación del cuerpo lúteo se produce por la actividad de la prostaglandina F<sub>2</sub>alfa que tiene origen uterino. Con la bajada de las concentraciones de progesterona, el efecto de retroalimentación negativa que producía a nivel del hipotálamo se elimina y empieza a subir la frecuencia pulsátil de las hormonas FSH y LH, que son las que estimulan el crecimiento folicular (Porta & Hernández, 2018; Rippe, 2015).

### **4.3. Hormonas Implicadas en la reproducción:**

#### ***4.3.1. Hormonas Placentarias:***

##### ***4.3.1.1. Gonadotropina coriónica equina o eCG.***

Es una glicoproteína de alto peso molecular sintetizada por las células trofoblásticas, las cuales, inicialmente, forma una banda en el corion. Esta glicoproteína se libera cerca del día 35 de gestación; en ese momento se desprenden las células de la banda ecuatorial del atlanto-corion y penetran en el endometrio materno (Klein, 2014). Finalmente, se forman asociaciones de células deciduales de los cálices, también denominadas copas endometriales. A partir del día 40, estas copas endometriales se hacen visibles a simple vista y aparece PMSG en la circulación materna (Capallejas, 2019).

##### ***4.3.1.2. Gonadotropina coriónica humana (HCG).***

Es una glicoproteína que permite el rescate del cuerpo lúteo al inicio de la gestación, aumentando la producción de progesterona (Klein, 2014) se obtiene de la orina de la mujer embarazada y se utiliza para el diagnóstico precoz de la gestación. Está sintetizada por las células sincitiotrofoblásticas de la placenta de la mujer gestante y, debido a que tiene efecto LH (Capallejas, 2019; Galina & Valencia, 2009; Tsutsui et al., 2012).

#### **4.3.1.3. Trofoblastina.**

La trofoblastina es una sustancia que induce las señales necesarias para el reconocimiento materno de la preñez, manteniéndose presente el cuerpo lúteo con sus secreciones. Estas sustancias también se conocen como factores tempranos de la gestación y, en el resto de las hembras, los esteroides y la PGF2 $\alpha$  parecen desempeñar este papel (Pleadin & Bogdanovic, 2017).

#### **4.3.2. Prostaglandinas.**

Son ácidos grasos no saturados derivados del ácido prostanoico, las cuales se localizan en todo el organismo animal. Se han identificado cerca de 15 series de prostaglandinas con diversas funciones y se destaca el papel en la reproducción de las series F y E (Capallejas RB, 2019).

La prostaglandina F2 $\alpha$  (PGF2 $\alpha$ ) se sintetiza en el útero y alcanza la circulación ovárica y lútea por diferentes vías, dependiendo de la especie. Su vida media en sangre es de, aproximadamente, 8 minutos. En el caso de los rumiantes hay una estrecha asociación entre la vena y la arteria uterina, por lo tanto, cuando la hormona está presente en la sangre venosa, difunde a través de las paredes a la sangre arterial y así llega al ovario (Capallejas, 2019; Porta & Hernández, 2018). El papel de las prostaglandinas en la ovulación, al final del ciclo ovárico, termina con la luteólisis (provocada por la PGF2 $\alpha$ ), la cual es secretada por el endometrio no gestante mientras la progesterona baja y mientras se inicia un nuevo ciclo (Tsutsui et al., 2012). El pico de LH provoca la secreción de relaxina y PGF2 $\alpha$ , las cuales alteran las células de la teca mediante el desarrollo de vesículas que contienen enzimas hidrolíticas, que van a provocar la rotura del folículo. Finalmente, se produce la liberación del ovocito (Klein BG., 2014). En el cuerpo lúteo la prostaglandina se produce porque los estrógenos sintetizados por los folículos ováricos favorecen la síntesis de receptores para oxitocina y estimulan la producción de fosfolipasa A y ciclo-oxigenasa en el endometrio, las cuales son dos enzimas esenciales para la síntesis de PGF2 $\alpha$ , el endometrio va a sintetizar y secretar prostaglandina F2 $\alpha$  para controlar la luteólisis o regresión del cuerpo lúteo, a los 14 días de que se dé la ovulación, siempre y cuando el cuerpo lúteo tenga al menos 5 días de formación (Noajes DE et al., 2019).

### **4.3.3. Hormonas Hipotalámicas.**

Estas hormonas son sintetizadas en el hipotálamo y pueden actuar favoreciendo la liberación de otras hormonas o, por el contrario, inhibiéndolas.

#### **4.3.3.1. Hormona liberadora de gonadotropina o GnRH.**

En el ciclo estral, durante la fase lútea, se secreta GnRH a niveles reducidos para estimular la liberación de LH, esto es necesario para promover la función del cuerpo lúteo. Cuando la secreción de GnRH se produce de forma cíclica, se genera un pico preovulatorio de GnRH inducido por los estrógenos que proceden de los folículos maduros. Este pico preovulatorio de GnRH va a desencadenar el pico preovulatorio de LH. Durante la época reproductiva, la secreción de GnRH es inhibida, principalmente, por la progesterona, al igual que en la gestación (Porta LR & Hernández J., 2018).

### **4.3.4. Hormonas Hipofisarias.**

En el hipotálamo y la adenohipófisis aumentan la secreción de gonadotropinas, ante un aumento en la secreción de estrógenos se puede decir que los estrógenos tienen un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo. Las hormonas esteroideas ováricas, los estrógenos y la progesterona modifican, por tanto, la secreción de gonadotropinas. Pasado un tiempo, van a generar una retroalimentación negativa sobre la secreción de estas (Klein BG., 2014).

La FSH y la LH también juegan un papel importante y fundamental en el transcurso de las oleadas foliculares que se dan en las hembras:

#### **4.3.4.1. En el reclutamiento:**

La FSH hace que un grupo de folículos comience a crecer.

#### **4.3.4.2. En la selección:**

Solo uno de los folículos (de los que habían comenzado a crecer) va a adquirir receptores para LH.

#### **4.3.4.3. En la dominancia:**

El folículo seleccionado secreta una mayor cantidad de estrógenos, generando un feedback positivo en la liberación de LH; además, secreta inhibina, la cual, mediante un feedback negativo, hace que la hipófisis disminuya su secreción



de FSH. De esta manera, el resto de los folículos entran en atresia, ya que no van a tener la FSH necesaria para crecer (Tsutsui K et al., 2012).

#### **4.3.5. Hormonas Gonadales.**

En las hembras hay mayor producción y secreción de estrógenos y en los machos de andrógenos. Estos tipos celulares son muy importantes para el funcionamiento general del organismo, presentan una vida media corta y viajan, generalmente, unidas a proteínas plasmáticas (Tsutsui K et al., 2012).

##### **4.3.5.1. Estrógenos.**

Son las hormonas esteroideas responsables del comportamiento de estro y, además, son las responsables del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios en las hembras. La fuente principal de estrógenos en la hembra no gestante son los folículos y en la hembra gestante la placenta (Capallejas RB, 2019).

Las principales funciones de los estrógenos dentro del organismo son aportar al desarrollo del tracto genital y de los caracteres sexuales secundarios en la pubertad, aumento de la vascularización de los órganos reproductores, provocando congestión y ampliación de las fimbrias del oviducto para favorecer la ovicaptación, en el desarrollo de los conductos de la glándula mamaria, apertura del cérvix, y en la regulación de la foliculogénesis junto con la FSH (Tsutsui et al., 2012).

##### **4.3.5.2. Progesterona.**

Es sintetizada, principalmente, por el cuerpo lúteo, actúa en sinergia con los estrógenos interviniendo en el crecimiento de las glándulas del útero y de la glándula mamaria (Pleadin & Bogdanovic ,2017).

La progesterona aporta la modificación del endometrio en su fase secretora aumento de la ramificación y secreción de las glándulas endometriales, mantenimiento de la gestación, descamación del epitelio vaginal, inhibición de la motilidad del endometrio, cierre del cérvix.

#### **4.4.Importancia de la administración de minerales.**

Todas las vitaminas y minerales son esenciales para la reproducción por sus funciones en el metabolismo, mantenimiento y crecimiento celular, entre los más importantes encontramos el macromineral fósforo (P), cuya combinación con el calcio es importante para la formación ósea, funciones de crecimiento y diferenciación celular, como componente del ADN y ARN, también participa en el uso y transferencia de energía como componente del ATP, ADP y AMP; en la formación de fosfolípidos y el mantenimiento del equilibrio ácido-base y osmótico (Barrios & Sánchez, 2013).

El zinc (Zn) actúa como un componente importante de una serie de enzimas importantes, además, debido a este mineral, se activan otras enzimas, la deficiencia de este elemento puede afectar directamente la actividad de los ovarios o el mecanismo de retroalimentación del sistema hipotalámico-hipofisario, sistema (Greene, 2016).

El selenio (Se) ha despertado interés en el estudio de microelementos en los últimos años, debido a su gran importancia en la nutrición animal. Durante la reproducción, una deficiencia de este elemento puede provocar períodos de silencio o bajo celo, bajas tasas de concepción, bajas tasas de fertilización y quistes ováricos (Felipe Valencia Hernández, ph).

El papel del yodo (I) en la función reproductiva puede explicarse por su necesidad para la síntesis de la hormona tiroidea. El desarrollo fetal con deficiencia de yodo puede detenerse en cualquier momento y puede provocar muerte embrionaria temprana, reabsorción fetal, aborto, muerte fetal o nacimiento de animales con bocio, pantorrillas débiles, y también puede estar asociado a prolongación del embarazo y retención de placenta (José & Unzué, 2020).

#### **4.5.Inseminación artificial en hembras bovinas.**

Es la técnica de reproducción asistida que adquiere un gran interés y desarrollo, a partir de la puesta en práctica del uso del semen congelado. El estudio de la fisiología de la hembra, ha sido uno de los factores que han contribuido a su implantación casi sistemática en vacuno y pequeños rumiantes. La inseminación artificial presenta una serie de ventajas importantes frente a la monta natural como por ejemplo se pueden realizar muchas más cubriciones, el avance

genético es mayor, el semen está sometido a rigurosos controles sanitarios y se disminuyen los posibles defectos hereditarios.

Detectando el momento exacto de inicio del celo, debido a que el momento óptimo para la inseminación es entre 12 a 18 horas después de que aparecen los signos externos, lo correcto es inseminar a las vacas en celo por la tarde, por la tarde. en la mañana y quién tiene calor en la mañana, tarde, tarde, es una regla empírica llamada AM-PM, universalmente aceptada (Otero, 2018). En bovinos, la técnica más extendida y eficaz es el método rectocervical, que consiste en introducir una mano por el recto del animal y con una mano manipular el cuello uterino y con la otra mano manipular el aplicador o pistola de inseminación que se introduce por la vagina y el dispositivo de inseminación, cuello uterino para almacenar el semen en la parte anterior del último anillo o en el cuerno uterino (Salamon, 2015).

Con las manos sin anillos ni relojes, con las uñas cortadas y con guantes lubricados con agua limpia, se introduce por el ano del animal hasta el recto, donde con movimientos suaves se da un ligero masaje en la vagina para extraer su presencia. moco estral y observar su color, también se puede palpar la parte turgente del útero y diagnosticar si la vaca es apta para la inseminación o no (Silva & Pimentel, 2017; Vélez, 2014).

Proceder a descongelar la dosis de semen, destapando el termo de preservación de semen y elevar el canister correspondiente hasta la boca del tanque de nitrógeno, sobresaliendo lo menos posible para evitar el cambio brusco de temperatura; se debe tener mucho cuidado de los rayos solares y las corrientes de aire (Otero, 2018).

Se debe sujetar con las pinzas especiales y se deposita inmediatamente en el recipiente descongelador. La descongelación del semen es un punto relevante que influye en el éxito de la inseminación artificial, la temperatura ideal es de 35-37 °C. por un tiempo de 30-40 segundos (Velez, 2014).

Una vez descongela, se toma del extremo y se seca con una toalla desechable, se corta de la parte superior donde se encuentra hallada y se introduce dentro del aplicador sacando la parte del émbolo, del tamaño de la pajilla, se introduce dentro del aplicador la funda y se ajusta con el anillo de plástico. Es importante que el acoplamiento de la pajilla con el de la funda se dé adecuadamente, de lo contrario el semen se queda entre el aplicador y la funda. Posteriormente, se

introduce el aplicador ya con la funda dentro de la camisa protectora o protector de plástico (Oliveira et al., 2018; Otero, 2018)

Se lubrica la mano ya enguantada, se introduce por el ano hasta el recto para localizar el cérvix, (sin lesionar tejidos) y con la otra mano se introduce el aplicador en un ángulo de 45 °C por la vulva hasta llegar a la vagina en ese momento se rompe la funda protectora y se empuja hacia la parte posterior del aplicador con movimientos suaves del cérvix hacia el aplicador, se introduce por el canal cervical se oprime el émbolo del aplicador lentamente retrocediendo de 1 a 2 cm aproximadamente para que el semen quede colocado correctamente (Salamon, 2015).

#### **4.6. Inseminación Artificial a tiempo fijo.**

Entre las ventajas de la IATF encontramos el aumento de la proporción de vacas preñadas en un corto período de tiempo posparto, disminuye el intervalo parto a la concepción, permite hacer IA de un amplio número de vientres sin necesidad de la detección de las hembras en estro, permite establecer temporadas de servicios y partos, favorece el mejoramiento genético al usar semen de reproductores sobresalientes y razas especializadas en producción de carne o leche, acorta los días abiertos en las vacas (Oliveira et al., 2018; Otero, 2018).

La inseminación artificial con el servicio de repaso con toros en 60 días, se concentrará en el 90 % de las vacas preñadas, se obtiene una concentración de los nacimientos, mayor ganancia de kilos por ternero al destete, al anticipar la preñez y aumentar la cabeza de parición. Evita el traslado de reproductores entre establecimientos durante la época reproductiva y los movimientos entre explotaciones que conllevan a condiciones de estrés (transporte, cambios de ambiente y dealimentación, etc.), un riesgo físico y sanitario que, en muchas ocasiones, afecta la calidad seminal (Riveros et al., 2018; Yáñez et al., 2018).

Si bien los costos de administración de protocolos de IA a tiempo fijo pueden parecer elevados, las deficiencias en la detección de celos son un problema importante y que pueden afectar la productividad de un establecimiento (Otero, 2018).

#### **4.7. Protocolos de IATF basados en estrógenos y progesterona.**

La técnica consiste en la inserción de un implante que contiene progesterona asociada con la administración de benzoato de estradiol en el día cero. El objetivo es que dé comienzo una onda folicular. Después de retirar el implante en los días siete, ocho o nueve, se administra PGF2 $\alpha$  para inducir luteólisis, así como minimizar el nivel circulante de progesterona. A las veinticuatro horas, se administra BE para que la ovulación esté sincronizada, ya que la inducción de un pico de LH produce una retroalimentación positiva preovulatoria de GnRH. A las 30 a 36 horas después la aplicación, se procede a la IA (Velez, 2014).

En los protocolos donde se usa de forma asociada cipionato de estradiol (ECP) y se genera atresia folicular de todos los folículos en los ovarios, conduciendo a la necesidad de una nueva ola folicular, ya que el ECP tiene una vida media muy larga. El hecho de que la vida media del ECP sea más larga en comparación con el BE, es lo que produce un retraso en el inicio de la oleada folicular en novillas y vacas, produciendo errores en los resultados de preñez. Por ello, en el momento de la IATF, la mayoría de las hembras no tienen formado ningún folículo preovulatorio (Silva & Pimentel, 2017).

## **5. Metodología**

### **5.1. Área de estudios**

El área de trabajo se ubica en el cantón Celica, provincia de Loja con coordenadas; X:614757 Y:9543855, posee un clima templado y frío a lo largo del año, según Köppen-Geiger lo describe como invierno seco. Además, según información de la base de datos de Climate, la temperatura media anual es de 17,5 °C y la precipitación es de 1381 mm al año, donde el mes más seco es julio con 2 mm y el mes más lluvioso es marzo con 319 mm (PDOT CELICA, 2022).

### **5.2. Población y muestra**

En la presente investigación se utilizaron 50 vacas mestizas distribuidas en dos grupos de 25 individuos con un rango de peso entre los 400 y 450 Kg y edad entre los 30 y 50 meses. Las semovientes mantenían un intervalo de días abiertos mayor a los 90 días y su ordeño se realizaba con cría al pie, los individuos de los dos tratamientos estuvieron bajo pastoreo rotacional en lotes de *Brachiaria decumbens* con fuente de agua natural a voluntad.

### **5.3.Métodos y procedimientos**

Para el grupo 1 se aplicó una dosis de ADE3 y dos dosis de minerales por vía intramuscular profunda 15 y 11 días previos al inicio de la sincronización por IATF, en el grupo dos no se aplicaron minerales ni vitaminas previo al protocolo de sincronización.

A todos los individuos, se les realizó una ecografía al inicio del protocolo de sincronización para determinar el estado ovárico inicial en donde se identificaron las estructuras presentes y la fase folicular en la que se encontraba, vacas con ovarios atrésicos o con un índice de condición corporal menor a 2.5 fueron descartadas, para la evaluación del índice de condición corporal se realizaron observaciones en el día 15 previo, así como también el día del inicio de la sincronización siguiendo la técnica reportada por (Houghton, et al.1990).

En el día cero los dos grupos recibieron la aplicación de un dispositivo intravaginal de liberación de 0,5 g progesterona acompañado de la aplicación de 2 mg de Benzoato de Estradiol por vía intramuscular.

En el día 8, a los animales de los dos grupos se les retiró el dispositivo, se les aplicó 0,52 mg de cloprostenol, 0,5mg de cipionato de estradiol y 400UI de eCG, por vía intramuscular en tres zonas diferentes.

La inseminación se realizó a las 50h después de retirar el dispositivo de progesterona, en las cuales se utilizó pajuelas convencionales, previa a la inseminación mediante ecografía se midió el tamaño del folículo dominante, además se tomaron datos cualitativos como la demostración de celo, entre los días 19 y 23 post inseminación se observó que animales volvieron a presentar celo, el diagnóstico de gestación se lo hizo en el día 50 post inseminación mediante ecografía.

La recolección de datos se la realizó mediante la hoja de cálculo excel y para el análisis de los datos cuantitativos se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, mediante el programa estadístico SPSS.

### **5.4.Variables evaluadas.**

#### ***5.4.1. Parámetro de condición corporal***

El parámetro de condición corporal se midió de acuerdo a la metodología propuesta por Edmonson et al, (1989) por medio de una escala ordinal de 1 a 5, en la que 1 es un animal con sub condicionamiento severo o muy flaco y 5 un animal con sobre condicionamiento severo o muy gordo, con un rango de variación de 0,25.

#### **5.4.2. Dinámica folicular**

La dinámica folicular del folículo mayor se midió en milímetros mediante el uso del ecógrafo en el mismo día de la inseminación.

#### **5.4.3. Expresión de celo**

Esta variable es observacional al momento de la inseminación se tomó en cuenta vacas que presentaron síntomas de celo como presencia de moco cervical, inflamación de la vulva, monta y de deja montar, intranquilidad e inapetencia.

#### **5.4.4. Repetición de celo**

Del número total de vacas no gestantes de cada protocolo se llevó un registro de cuales de ellas volvió a presentar celo entre los 19 a 23 días post inseminación.

#### **5.4.5. Tasa de concepción**

La tasa de concepción (%) se determinó de acuerdo a la formula:  $TC = (\# \text{ animales gestantes} / \# \text{ animales inseminados}) \times 100$  reportada por Artunduaga et al. (2010). Este parámetro ofrece una visibilidad global de la fertilidad del hato, representa la proporción de vacas que gestan del total elegible para ser inseminado durante un periodo de 21 de días.

#### **5.4.6. Análisis costo beneficio**

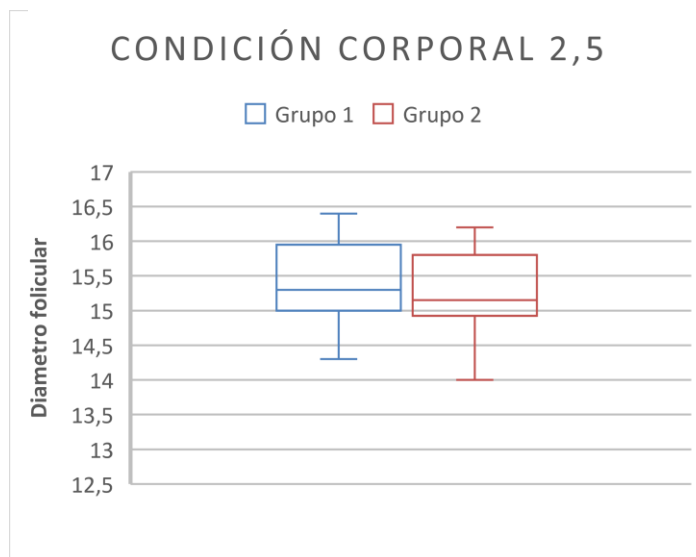
La relación del costo beneficio es índice neto de rentabilidad, que representa el resultado de dividir el valor actual de los ingresos totales netos y el valor actual de los costos de inversión, esta herramienta es útil al momento de toma de decisiones ya que con su resultado se puede elegir la opción con mayor rango de beneficio (Lara & Franco, 2017).

## 6. Resultados

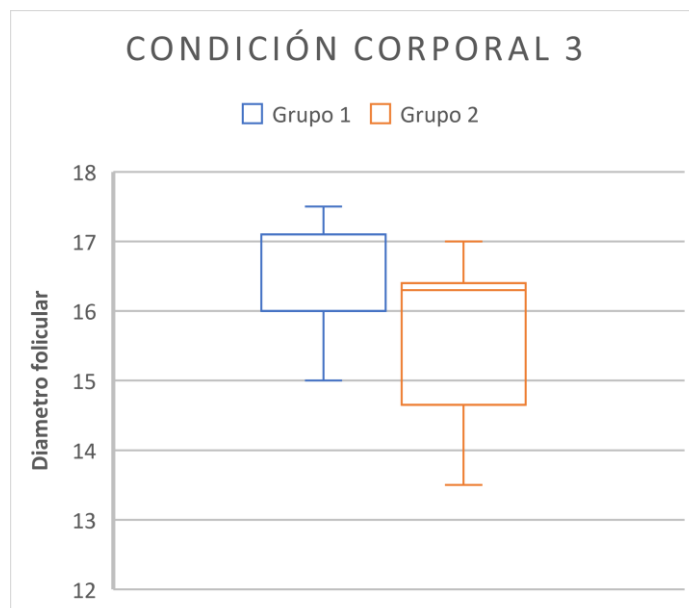
### 6.1. Condición corporal

En el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre el diámetro folicular y la condición corporal entre los dos grupos de tratamiento, se obtuvo un nivel de significancia  $p > 0.05$ , cabe mencionar que los animales que entraron a esta investigación se encontraban en rangos de condición corporal superiores a 2,5 por lo que el rango a comparar fue de 2,5 (**Figura 1**) a 3 (**Figura 2**).

**Figura 1.** Condición corporal 2,5



**Figura 2.** Condición corporal 3





## 6.2. Diámetro folicular

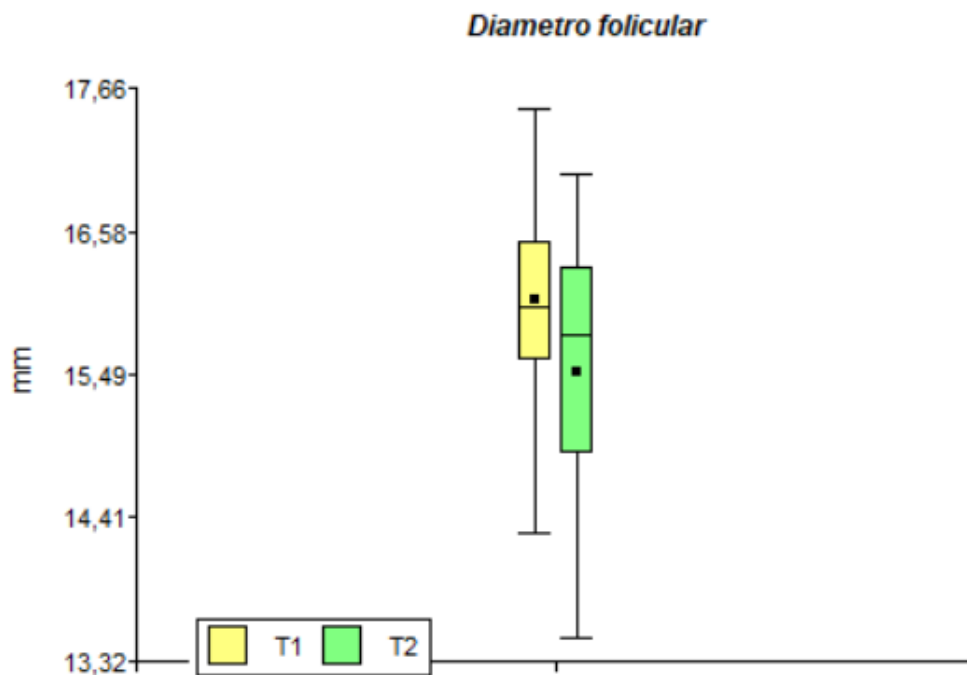
En el contraste del diámetro folicular (**Figura 3**) en el grupo 1 con respecto al grupo 2 existe diferencia significativa  $P < 0,05$ , con la suplementación previa con minerales vía parenteral se obtuvieron folículos con mayor diámetro con un nivel de significancia 0,035 con una R ajustada de 0,70 (**Tabla 1**).

**Tabla 1.** Diámetro folicular

Variable dependiente: Diámetro Folicular					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3,645 <sup>a</sup>	1	3,645	4,698	,035
Intersección	12447,264	1	12447,264	16043,390	,000
Tratamiento	3,645	1	3,645	4,698	,035
Error	37,241	48	,776		
Total	12488,150	50			
Total corregido	40,886	49			

a. R al cuadrado = ,089 (R al cuadrado ajustada = ,070)

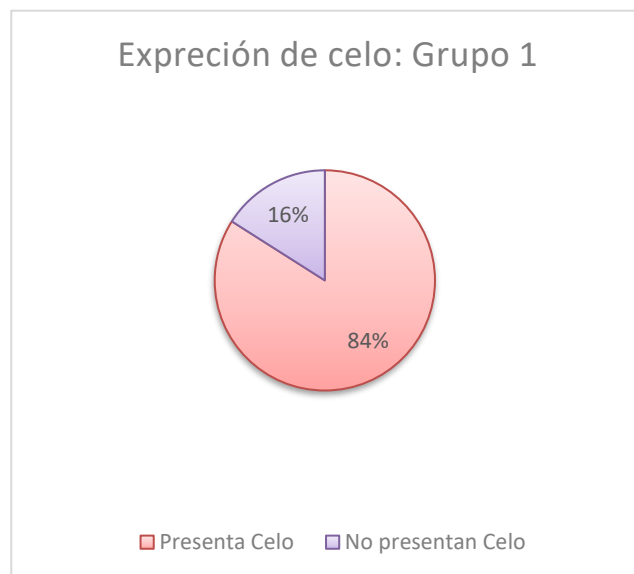
**Figura 3.** Diámetro folicular



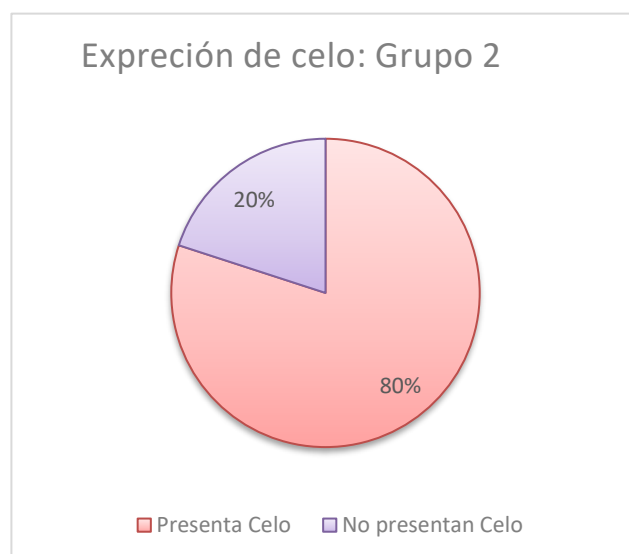
### 6.3. Expresión del celo

La detección de estros y el porcentaje de concepción son parámetros fundamentales para la eficiencia reproductiva dentro de un hato ganadero, en el tratamiento uno con los 25 animales tratados con suplementación mineral vía parenteral la expresión de celo fue del 84% (**Figura 4**), en el tratamiento dos en los 25 animales sometidos a IATF sin suplementación previa la expresión de celo fue del 80% (**Figura 5**).

**Figura 4.** Expresión de celo G1



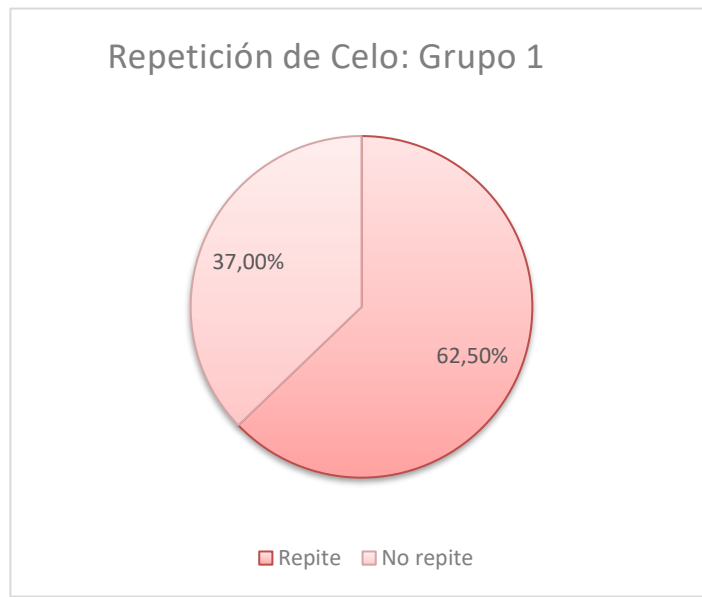
**Figura 5.** Expresión de celo G2



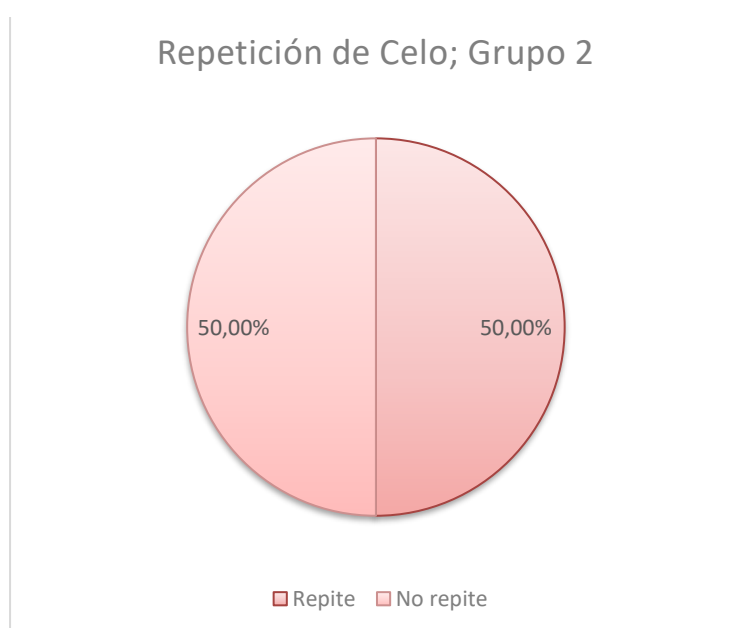
#### 6.4.Repetición de celo

Del número total de vacas no gestantes se obtuvo como resultado que el 62,5% (**Figura 6**) volvió a presentar celo a los 21 días post inseminación en el grupo 1, en cambio en el grupo 2 el 50% (**Figura 7**) volvieron a presentar celo.

**Figura 6.** Repetición de celo G1



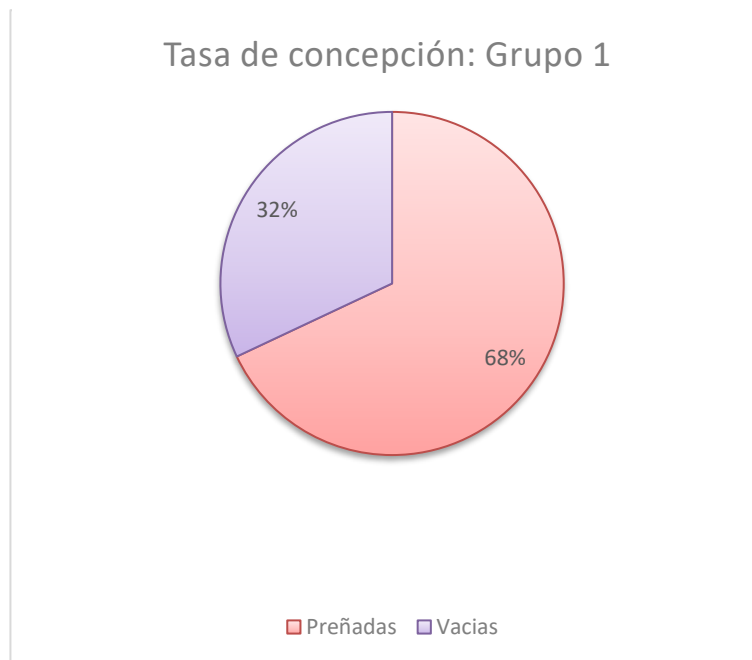
**Figura 7.** Repetición de celo G2



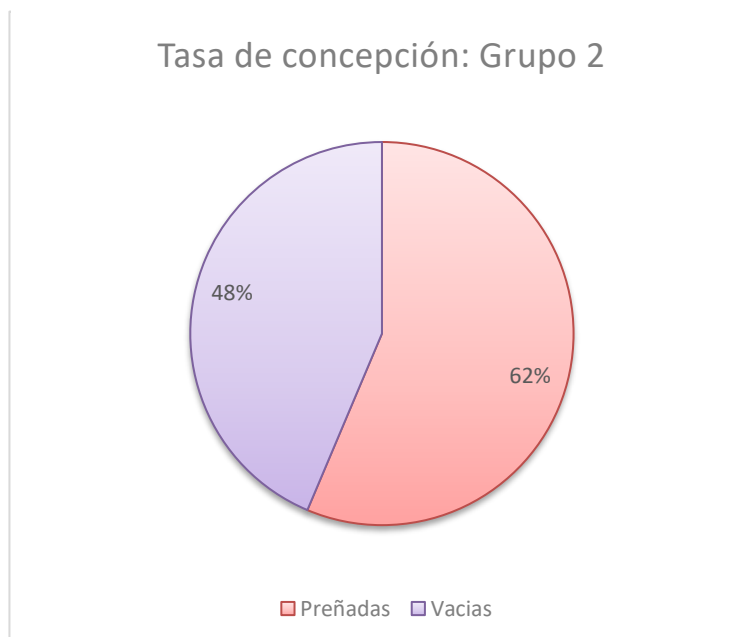
### 6.5. Tasa de concepción

En el grupo 1 tiene la mayor tasa de concepción con el 68% (**Figura 8**) de animales gestantes, frente al grupo 2 se con un 52% de preñez (**Figura 9**).

**Figura 8.** Tasa de concepción G1



**Figura 9.** Tasa de concepción G2



### 6.3. Análisis costo beneficio

En el grupo 1 los costos por cada animal fue de 86,9 frente a 80\$ en el grupo 2 en el cual no se gastó suplementación mineral previa, sin embargo haciendo un análisis detallado de los gastos y beneficios por la venta de pie de cría que se pueda obtener por tratamiento se llegó a la conclusión que el grupo 1 es la opción con mayor rango de rentabilidad con una relación costo / beneficio de 1,32 frente al grupo 2 que obtuvo una relación C/B de 1,22. Es decir que con la suplementación mineral previa a uso del protocolo de inseminación a tiempo fijo se puede obtener una ganancia de 0,32 ctv por cada dólar invertido, tal como lo muestra la Tabla 2.

**Tabla 2, Costos de producción.**

Descripción	Grupo 1		Grupo 2			
	Nacimientos	Valor unitario	Total	Nacimientos	Valor unitario	Total
<b>Costos</b>						
Mano de obra		40	1000		40	1000
Protocolo IATF		20	500		20	500
Minerales		5,6	140			
ADE3		1,3	32,5			
Pajuelas		20	500		20	500
Leche de cría		180	3060		180	2340
<b>Beneficios</b>						
Terneras	9	500	4500	7	500	3500
Terneros	8	300	2400	6	300	1800
<b>Costos</b>		266,9	5232,5		260	4340
<b>Beneficios</b>			6900			5300
<b>B/C</b>			1,32			1,22

## 7. Discusión

La hembra bovina requiere un suministro mineral eficiente para cumplir con sus funciones fisiológicas como la maduración y desarrollo corporal, mantenimiento, crecimiento, preñez y lactancia (Flores Escobar et al., 2019), la deficiencia de minerales incide en los parámetros reproductivos (Freire Odalys, 2021), en el tratamiento 1 se obtuvo folículos dominantes de mayor diámetro que en el tratamiento 2 al igual con la expresión de celo, con concordando con (Toquica Diaz & Otalvaro Palomino, 2021) que en su investigación menciona que la administración de minerales influye en la función ovárica en la síntesis de gonadotropinas que ayudan en la acción folicular lo que provoca la prolongación del estro y asegura la ovulación garantizando así la fertilidad del hato, al igual que la condición corporal es un indicador útil del estado de energía y potencial reproductivo, por sus efectos sobre la dinámica folicular, actividad ovárica, función endocrina y tasa de preñez (Adriana Correa & Luis Fernando Uribe, 2010)

La suplementación vitamínica/mineral previa al inicio de protocolo de IATF en vacas con cría al pie, demostró diferencias significativas en el porcentaje de preñez frente al grupo de control, así como (Alejandro Rodríguez Campos & Luis Ruiz Sánchez, 2015) que en su investigación concluyeron que la suplementación parenteral tiene efectos positivos sobre los parámetros reproductivos como en la tasa de concepción principalmente en hembras maduras. En vacas Holstein sometidas a estrés calórico la administración mineral podría contrarrestar algunos efectos negativos del mismo, la tasa de concepción de vacas suplementadas con minerales tiene mayor eficiencia frente a las vacas que no recibieron ningún tipo de suplemento (Dahnae Andrea del Río Avilés, 2019).

La mayoría de los problemas reproductivos como infertilidad, retención placentaria, anestro, animales acíclicos, abortos entre otros son consecuencias del déficit de minerales (Freire Odalys, 2021), en esta investigación el tratamiento 1 en el cual se usó suplementación mineral previa a protocolo de IATF obtuvo un mayor porcentaje de concepción frente al tratamiento 2 en donde no se realizó aplicación de minerales previos, concordando con (José & Unzué, 2020). quien manifiesta que la suplementación vitamínica/mineral tiene un impacto positivo sobre la tasa de concepción, al igual que (José Loor, 2022) quien en su recopilación bibliográfica demostró que el uso de minerales y vitaminas aplicadas en protocolos de

inseminación artificial mejora el índice de preñez elevando la supervivencia embrionaria.

La expresión y repetición de celo el tratamiento 1 fue superior al tratamiento 2, asemejándose a (Flores Escobar et al., 2020) quienes demostraron que la aplicación de protocolos de sincronización en vacas suplementadas previamente tiene mayor expresión de los síntomas de celo, por ende, mayor dinámica folicular lo que se traduce a una correcta re ciclicidad en vacas que no quedaron gestantes durante el protocolo inicial, las vacas que tengan un comportamiento intenso tienen mayores folículos dominantes y están más próximas a la ovulación (Andringa MFAa et al., 2013).

En el análisis costo/beneficio en el tratamiento 1 se obtuvo una relación de 1,32 lo que equivale a que por cada dólar invertido se obtendrá 0,32 dólares de ganancia, en el tratamiento 2 disminuye a 0,22 dólares por dólar invertido, lo que demuestra que la administración parenteral de vitaminas y minerales influyen de manera positiva en la rentabilidad del uso de protocolos de sincronización a tiempo fijo, resultado relacionado con el obtenido (Carlos Buñano, 2022) defendiendo que el uso de dispositivos intravaginales logran elevar la rentabilidad económica de la explotación ganadera mediante la disminución de gastos por mantenimiento y el descarte de animales, el uso de estas técnicas reproductivas mejoran los ingresos por la venta de genética de alto valor a través de la inseminación artificial factores tomados en cuenta al momento de realizar la ecuación económica.

En Uruguay se realizó un trabajo similar (Rodrigo Bardier, 2020) en el que se concluye que el uso de IATF tiene algunos beneficios económicos, genéticos y de manejo dentro de los grupos de rodeo, el uso de vitaminas y minerales mejoran la eficiencia de los protocolos de sincronización, generando mayor ingreso por preñeces obtenidas en un mismo periodo, reduce el intervalo entre partos evitando el anestro prolongado mejorando directamente el control del ganado (Juan Yabur, 2018).

## 8. Conclusiones

La aplicación parenteral de vitaminas y minerales previo al uso de protocolos de sincronización a tiempo fijo influye de manera positiva en la tasa de concepción, mejorando la eficiencia reproductiva de los protocolos de IATF.

El tratamiento del grupo uno obtuvo mayor diámetro folicular al momento de la inseminación lo que permite concluir que la administración de vitaminas y minerales influye de manera directa en el desarrollo folicular en la fase de dominancia.

En la condición corporal no se encuentran diferencias en el diámetro folicular, con lo cual podemos determinar que este parámetro no se relaciona con la administración de vitaminas y minerales.

El mayor beneficio / costo, se obtuvo con el tratamiento uno que comprende el uso de vitaminas y minerales.



## **9. Recomendaciones**

En posteriores investigaciones se recomienda la administración de sales minerales y vitaminas en la alimentación previo al uso de protocolos de sincronización.

Investigar en vacas multíparas para relacionar el efecto de la administración de vitaminas y minerales sobre el diámetro folicular.

Capacitar a pequeños ganaderos en la inserción de nuevas biotecnologías reproductivas para que puedan optimizar recursos y mejorar su rentabilidad.

## 10. Bibliografía:

- Adriana Correa, & Luis Fernando Uribe. (2010). La Condición Corporal Como Herramienta Para Pronosticar el Potencial Reproductivo en Hembras Bovinas de Carne. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*.
- Alejandro Rodríguez Campos, & Luis Ruiz Sánchez. (2015). EFECTO DE SUPLEMENTOS MINERALES SOBRE EL DESARROLLO CORPORAL Y REPRODUCTIVO DE HEMBRAS BOVINAS. *Nutrición Animal Tropical*, 9(1).
- Andringa MFAa, Cavestany Db, & Eerdenburg FJCM. (2013). *Vista de Relaciones entre la expresión de celo, tamaño del folículo y ovulación en vacas de leche en pastoreo*.
- Capallejas, R. (2019). Fisiología de la Reproducción Animal con elementos de Biotecnología. 2ª edición. *La Habana*, 2, 1-2.
- Carlos Buñaño. (2022). *DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PREÑEZ MEDIANTE EL USO DE DOS PROTOCOLOS DE IATF (DISPOSINT® 600) EN VACAS CON PROBLEMAS DE FERTILIDAD DE LA RAZA BROWN SWISS ORIGINAL*.
- Dahnae Andrea del Río Avilés. (2019). *EFICIENCIA REPRODUCTIVA Y PRODUCTIVA DE VACAS HOLSTEIN SUPLEMENTADAS CON MINERALES DURANTE LA ÉPOCA DE VERANO*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35529.90724>
- ESPAC. (2023). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). *INEC*.
- Felipe Valencia Hernández, A. (s. f.). *Efecto de la aplicación de suplemento mineral inyectable sobre la condición corporal, dinámica folicular y tasa de concepción en novillas cebú comercial en el departamento del Caquetá*. [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest\\_ciencias\\_veterinarias/54](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_veterinarias/54)
- Flores Escobar, Lopez Salazar, Amaya Montoya, & Leyton Barrientos. (2019). *Importancia mineral en vacas lecheras en Ecuador*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9041>  
[https://www.researchgate.net/publication/332337978\\_Nuevos\\_Conceptos\\_sobre\\_la\\_Preencion\\_de\\_la\\_Hipocalcemia\\_en\\_Ganado\\_Lechero](https://www.researchgate.net/publication/332337978_Nuevos_Conceptos_sobre_la_Preencion_de_la_Hipocalcemia_en_Ganado_Lechero)
- Flores Escobar, Lopez Salazar, Amaya Montoya, & Leyton Barrientos. (2020). Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio con el porcentaje de preñez en vacas encastadas sometidas a un protocolo de sincronización de celo en el municipio de San Miguel, San Miguel, El Salvador. *Revista científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador*. <https://revistaagrocienza.wordpress.com/>

- Freire Odalys. (2021). *Importancia de los minerales en la producción bovina lechera*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.
- Galina, C., & Valencia, J. (2009). Reproducción de Animales Domésticos. *Limusa* .
- José Loor. (2022). *Efecto de minerales y vitaminas en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), como mejoradores de la gestación en vacas*.
- José, T., & Unzué, L. (2020). EFECTO DE UN COMPLEJO VITAMÍNICO-MINERAL SOBRE LA PREÑEZ POST-IATF EN VACAS DE CRÍA. *IRAC*, 1-18.
- Juan Yabur. (2018). *Análisis costo-beneficio comparando inseminación artificial a tiempo fijo con inseminación artificial convencional en Hacienda Surrambay, Colombia*.
- Klein, B. (2014). Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology. *Elsevier*, 5(Barcelona).
- Lara, I. J., & Franco, O. C. (2017). ANÁLISIS DEL COSTO-BENEFICIO UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN. *Contribuciones a la Economía*, 21-22. <http://eumed.net/ce/2017/2/costo-beneficio.html>
- Noajes, D., Parkinson, T., & Englan, G. (2019). Veterinary Reproduction and Obstetrics. *Elsevier*, 10.
- Oliveira, R., Silva, B., & Cavalcante, T. (2018). Indução de novilhas para protocolo de inseminação artificial em tempo fixo. *Revisão. PUBVET*, 10.
- Otero, ARG. (2018). Importancia de la I.A.T.F. *Engormix*, 145.
- PDOT CELICA. (2022). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CELICA (PDOT)*.
- Pleadin, J., & Bogdanovic, T. (2017). Esteroides anabólicos en la producción de carne. Efectos sobre los animales de granja y el peligro para la salud de los consumidores. *The first Croatian meat journal*, 10, 59-67.
- Porta, L., & Hernández, J. (2018). Fisiología reproductiva de los animales domésticos. *Cuidad de México*, 2(FMVZ), 10-20.
- Rippe, C. (2015). El Ciclo Estra. *ABS Global Inc*, 10.
- Riveros, D., Marin, L., Parra, J., Peña, M., Chacón, L., & Góngora, A. (2018). Comparación de dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas Brahman. *Rev MVZ Córdoba*, 201, 23-44.
- Rodrigo Bardier. (2020). *USO DE LA IATF COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD EN ESTABLECIMIENTOS DE CRIA EN URUGUAY*.
- Salamon, S. (2015). Inseminación artificial en las hembras rumiantes. *Reproducción animal aplicada. México D*, 2, 105-115.

- Silva, M., & Pimentel, L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Investig Agrar Ambient* , 247-259.
- Sisson, S., & Grossman, J. (2005). Anatomía de los animales domésticos. SALVAT, 586-603.
- Toquica Diaz, & Otalvaro Palomino. (2021). *Influencia de los minerales en procesos reproductivos en hembras bovinas*. <http://74.208.53.179/handle/20.500.12494/28457>
- Tsutsui, K., Ubuka, T., Bentley, G., & Kriegsfeld, L. (2012). Gonadotropin-inhibitory hormone (GnIH): Discovery, progress and prospect. *Gen Comp Endocrinol. General and Comparative Endocrinology*, 117(003), 305-314.
- Velez, F. (2014). Manual del inseminado. LAS LILAS GENETICA S.A. , 2.
- Yáñez, D., Lépez, J., Moyano, J., Quinteros, R., & Marini, PR. (2018). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con proestro prolongado de 60 y 72 horas. *Agron Mesoam*, 20-36.
- Yaniz, J. (2010). Estudio sobre la estructura y función de la mucosa oviductal y el mesotelio peritoneal de la vaca. *Universitat de Lleida* . , 268, 150-189.

## 11. Anexos:

### Anexo 1. Inseminación artificial



### Anexo 2. Manifestación de celo



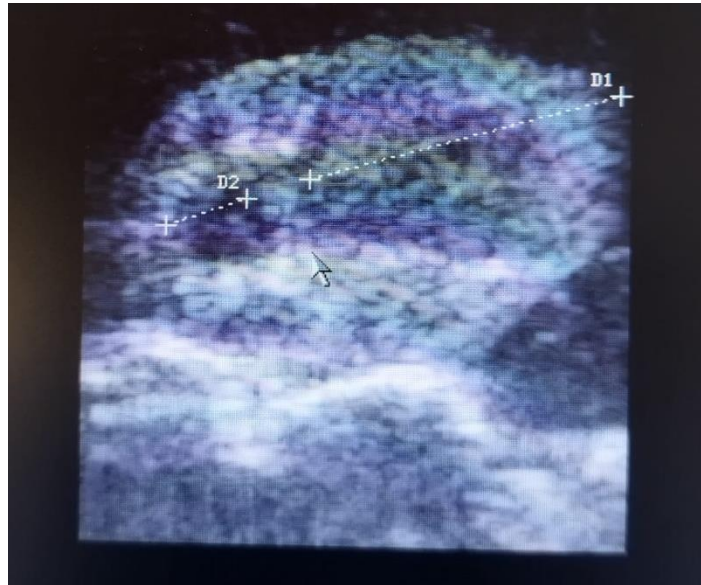
**Anexo 3.** Inseminación artificial 50h después de retirar el implante



**Anexo 4.** Chequeo ginecológico mediante ecografía



**Anexo 5.** Medición del diámetro folicular



**Anexo 6.** Vacas con condición superior a 2.5 con cría al pie



Anexo 7. Certificación de abstrac

## English Speak Up Center

Nosotros "*English Speak Up Center*"

CERTIFICAMOS que

La traducción del resumen de Trabajo de Titulación titulado "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA ADMINISTRACIÓN DE MINERALES PREVIO A LA UTILIZACIÓN DE PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN." documento adjunto solicitado por el señor Holger Marcelo Jumbo Vélez con cédula de ciudadanía número 1150038634 ha sido realizada por el Centro Particular de Enseñanza de Idiomas "*English Speak Up Center*"

Esta es una traducción textual del documento adjunto. El traductor es competente y autorizado para realizar traducciones.

Loja, 21 de septiembre de 2023

  
Mg. Sc. Elizabeth Sánchez Burneo  
DIRECTORA ACADÉMICA



DIRECCIÓN: SUCRE 207-48 ENTRE AZUAY Y MIGUEL RÍOFRÍO

TELÉFONO: 099 5263 264