



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA ZOOTECNIA**

**“EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA FOLICULAR MEDIANTE  
ULTRASONOGRAFÍA EN HEMBRAS BOVINAS UTILIZANDO  
DOS VARIANTES DE MINERALES INYECTABLES  
COMERCIALES”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR:**

**MARJORIE YARITZA TAPIA MORENO**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA ZOOTECNIA**

**“EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA FOLICULAR MEDIANTE  
ULTRASONOGRAFÍA EN HEMBRAS BOVINAS UTILIZANDO  
DOS VARIANTES DE MINERALES INYECTABLES  
COMERCIALES”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ZOOTECNIA**

**AUTOR:** MARJORIE YARITZA TAPIA MORENO

**DIRECTOR:** Ing. PABLO RIGOBERTO ANDINO NÁJERA Mg.

Riobamba – Ecuador

2023

**© 2023, Marjorie Yaritza Tapia Moreno**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Marjorie Yaritza Tapia Moreno, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de diciembre de 2023

**Marjorie Yaritza Tapia Moreno**

**060446169-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA ZOOTECNIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, “**EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA FOLICULAR MEDIANTE ULTRASONOGRAFÍA EN HEMBRAS BOVINAS UTILIZANDO DOS VARIANTES DE MIENERALES INYECTABLES COMERCIALES**”, realizado por la señorita: **MARJORIE YARITZA TAPIA MORENO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Hermenegildo Díaz Berrones <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2023-12-13
Ing. Pablo Rigoberto Andino Nájera <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2023-12-13
Ing. Carlos Andrés Mancheno Herrera <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2023-12-13

## **DEDICATORIA**

Con especial cariño dedico esta tesis a mis padres Carmen Moreno y Jonás Elvay, a mis hermanos Cris y Sebas quienes han sido y seguirán siendo un pilar fundamental en mi vida y a mi Micho por acompañarme en tantas noches de desvelo.

*Marjorie*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme sabiduría para afrontar cada inconveniente que se me presenta. A mis padres que son motivo de inspiración para luchar por cada meta que me propongo en la vida. A mis hermanos que con cada locura me sacan una sonrisa y son mi impulso para progresar en la vida. A mis abuelos por su paciencia e incondicional apoyo. A Juanfra por ser mi guía y mentor en el ámbito profesional. A mis amigos por compartir los mejores instantes universitarios. Al Ing. Diego Pilco por permitirme desarrollar mi proyecto final en su ganadería y por compartirme su conocimiento. A mis docentes, en especial a mi tutor Ingeniero Pablo Andino y asesor Ingeniero Andrés Mancheno que con sus experiencias y orientaciones me apoyaron para culminar este proyecto. A mi Micho que ha sido mi compañía día a día y en largas noches de estudio. En especial me agradezco por creer en mí, por lograr cumplir uno de mis sueños, me agradezco por no detenerme y amarme.

*Marjorie*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY / ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. Diagnóstico del problema.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Anatomía y fisiología reproductiva de la hembra bovina.....	6
2.1.1 <i>Vulva</i> .....	6
2.1.2 <i>Vagina</i> .....	6
2.1.3 <i>Cérvix - Cuello uterino</i> .....	7
2.1.4 <i>Útero - Cuernos del útero</i> .....	7
2.1.5 <i>Oviductos</i> .....	7
2.1.6 <i>Ovarios</i> .....	8
2.2 Condición corporal.....	8
2.3 Dinámica folicular de la hembra bovina.....	9
2.3.1 <i>Hormonas que actúan en el ciclo estral</i> .....	9
2.3.2 <i>Ciclo estral</i> .....	10
2.3.3 <i>Clasificación de los folículos</i> .....	11
2.3.4 <i>Foliculogénesis</i> .....	13
2.3.5 <i>Dinámica folicular en bovinos maduros</i> .....	13

2.4	Vacas posparto .....	13
2.4.1	<i>Periodo de espera voluntario para vacas post parto</i> .....	14
2.5	Trastornos reproductivos .....	15
2.5.1	<i>Quistes ováricos</i> .....	15
2.5.2	<i>Celo silencioso</i> .....	16
2.5.3	<i>Síndrome de la vaca repetidora de celo</i> .....	16
2.6	Minerales en la producción bovina .....	17
2.6.1	<i>Micro minerales</i> .....	18
2.6.2	<i>Macrominerales</i> .....	21
2.7	Sincronización de la ovulación .....	24

### CAPITULO III

3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1	Localización y duración del experimento .....	25
3.2	Unidades experimentales .....	25
3.3	Materiales, equipos, e instalaciones .....	26
3.3.1	<i>Materiales</i> .....	26
3.3.2	<i>Equipos</i> .....	26
3.3.3	<i>Instalaciones</i> .....	26
3.4	Tratamientos y diseño experimental .....	26
3.5	Mediciones Experimentales .....	27
3.6	Análisis estadísticos y separación de medias .....	27
3.7	Procedimiento experimental .....	28
3.8	Metodología de evaluación .....	29
3.8.1	<i>Condición corporal (Puntos)</i> .....	29
3.8.2	<i>Presencia a no de cuerpo lúteo (Si=1; No=0)</i> .....	29
3.8.3	<i>Número de folículos (Núm.)</i> .....	29
3.8.4	<i>Tamaño folicular preovulatorio (mm)</i> .....	29
3.8.5	<i>Tamaño de los ovarios (mm)</i> .....	30
3.8.6	<i>Costo por tratamiento</i> .....	30

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	31
<b>4.1</b>	<b>Condición corporal de los animales sometidos al estudio antes y después de la aplicación de los tratamientos</b> .....	31
<b>4.1.1</b>	<i>Condición corporal (Puntos)</i> .....	31
<b>4.2</b>	<b>Presencia o no de cuerpo lúteo antes del tratamiento utilizando ultrasonografía</b> 32	
<b>4.2.1</b>	<i>Presencia o no de cuerpo lúteo (Si=1; No=0)</i> .....	32
<b>4.3</b>	<b>Número de folículos antes y después de la aplicación de los minerales inyectables comerciales.</b> .....	34
<b>4.3.1</b>	<i>Número de folículos</i> .....	34
<b>4.4</b>	<b>Tamaño ovárico de las vacas antes y después del tratamiento</b> .....	36
<b>4.4.1</b>	<i>Tamaño de ovarios (mm)</i> .....	36
<b>4.5</b>	<b>Tamaño del folículo preovulatorio de las vacas en celo sometidas a los tratamientos</b> .....	38
<b>4.5.1</b>	<i>Tamaño del folículo preovulatorio</i> .....	38
<b>4.6</b>	<b>Costos por tratamientos</b> .....	39
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	42
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	44

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Características del útero del bovino .....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Características de la condición corporal en escala de 1 a 5 .....	8
<b>Tabla 3-2:</b> Fases del ciclo estral .....	10
<b>Tabla 4-2:</b> Fase del ciclo estral y su ovulación.....	11
<b>Tabla 5-2:</b> Pérdida de minerales por lactancia de 305 días, en vaca adulta (500 kg) .....	17
<b>Tabla 6-2:</b> Trastornos causados por la deficiencia de minerales.....	23
<b>Tabla 1-3:</b> Esquema del experimento de la aplicación de minerales inyectables comerciales ...	27
<b>Tabla 2-3:</b> Esquema del ADEVA.....	28
<b>Tabla 1-4:</b> Condición corporal inicial y final .....	31
<b>Tabla 2-4:</b> Frecuencia de presencia de cuerpo lúteo .....	33
<b>Tabla 3-4:</b> Número de folículos del ovario izquierdo y derecho.....	34
<b>Tabla 4-4:</b> Tamaño de ovarios derecho e izquierdo (mm). .....	36
<b>Tabla 5-4:</b> Tamaño del folículo preovulatorio (mm). .....	38
<b>Tabla 6-4:</b> Costo de cada tratamiento .....	41

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-3:</b> Ubicación de la hacienda San Diego .....	25
<b>Ilustración 1-4:</b> Condición corporal inicial y final (1-5 puntos).....	32
<b>Ilustración 2-4:</b> Frecuencia de presencia de cuerpo lúteo .....	33
<b>Ilustración 3-4:</b> Número de folículos de cada ovario antes y después del experimento .....	35
<b>Ilustración 4-4:</b> Tamaño de ovarios al inicio y final de la aplicación de los diferentes minerales inyectables.....	37
<b>Ilustración 5-4:</b> Tamaño del folículo preovulatorio (mm) al final del estudio .....	39

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** ADEVA.

**ANEXO B:** ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA PRESENCIA O NO DEL CUERPO LUTEO.

**ANEXO C:** REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO.

**ANEXO D:** CAPTURAS DE LAS IMÁGENES REGISTRADAS POR EL ECÓGRAFO.

## RESUMEN

Se evalúa la dinámica folicular mediante ultrasonografía en hembras bovinas al utilizar dos variantes minerales inyectables comerciales en la hacienda San Diego de la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Maldonado, barrio Medio Mundo. Se trabajó bajo un diseño completamente al azar con 24 unidades experimentales divididas en tres tratamientos de 8 repeticiones cada una; donde T0 fue el grupo control, T1: aplicación de 20 ml del mineral inyectable 1 y T2: aplicación del mineral inyectable 2; aplicados en tres días alternados durante dos semanas, a primeras horas de la mañana. Los resultados obtenidos en condición corporal existieron diferencias estadísticamente significativas  $P \leq 0,05$  entre tratamientos, siendo T2 la mejor media con  $2,89 \pm 0,11$  puntos. La presencia de cuerpo lúteo estuvo en el 38% de los animales tanto de T1 como de T2, mientras T0 presentó cuerpo lúteo en 25% de vacas. En cuanto al número de folículos se obtuvo diferencias estadísticamente significativas  $P \leq 0,05$  entre las medias resultando T1 con mayor conteo folicular tanto en el ovario izquierdo ( $8,5 \pm 0,75$  folículos), como en el derecho ( $9 \pm 0,27$  folículos). Hubo diferencias estadísticas a una significancia  $p \leq 0,05$  en tamaño de los ovarios donde T1 reporta la media con mayor tamaño en ovario izquierdo ( $31,25 \pm 1,03$  mm) y ovario derecho ( $31,25 \pm 1,03$  mm). En cuanto al tamaño del folículo preovulatorio las diferencias de medias fueron a un  $p \leq 0,05$  de significancia, observándose que el mejor resultado fue de T1 con una media de  $18,25 \pm 1,67$  mm. Los costos indican que, entre los dos tratamientos experimentales con minerales comerciales inyectables, el de menor costo por tratamiento fue T1 a razón de \$ 224,57. Concluyendo que los minerales aplicados tienen efecto positivo en la dinámica folicular de las hembras mestizas.

**Palabras clave:** <DINÁMICA FOLICULAR>, <MINERALES COMERCIALES>, <CONDICIÓN CORPORAL>, <FOLÍCULO PREOVULATORIO>, <ZOOTÉCNIA>, <OVARIOS>, <CUERPO LÚTEO>, <BOVINAS>, <ULTRASONOGRAFÍA>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>, <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>.

05-01-2024

0048-DBRA-UPT-2024

## SUMMARY / ABSTRACT

Follicular dynamics is evaluated by ultrasonography in bovine females using two commercial injectable mineral variants on the San Diego farm in the Chimborazo Province, Riobamba canton, Maldonado parish, Medio Mundo neighborhood. We worked under a completely randomized design with 24 experimental units divided into three treatments of 8 repetitions each; where T0 was the control group, T1: application of 20 ml of injectable mineral 1 and T2: application of injectable mineral 2; applied on three alternate days for two weeks, during the first hours. The results obtained in body condition showed statistically significant differences  $P \leq 0.05$  between treatments, with T2 being the best average with  $2.89 \pm 0.11$  points. The presence of a corpus luteum was in 38% of the animals in both T1 and T2, while T0 presented a corpus luteum in 25% of cows. Regarding to the number of follicles, statistically significant differences  $P \leq 0.05$  were obtained between the means, resulting in T1 with a higher follicular count in both the left ovary ( $8.5 \pm 0.75$  follicles) and the right ( $9 \pm 0.27$  follicles). There were statistical differences at a significance  $p \leq 0.05$  in size of the ovaries where T1 reports the mean with the largest size in the left ovary ( $31.25 \pm 1.03$  mm) and right ovary ( $31.25 \pm 1.03$  mm). Regarding to the size of the preovulatory follicle, the mean differences were at  $p \leq 0.05$  of significance, observing that the best result was T1 with a mean of  $18.25 \pm 1.67$  mm. The costs indicate that, between the two experimental treatments with commercial injectable minerals, the one with the lowest cost per treatment was T1 at a rate of \$224.57. To sum up, the applied minerals have a positive effect on the follicular dynamics of mixed-race females.

**Keywords:** <FOLLICULAR DYNAMICS>, <COMMERCIAL MINERALS>, <BODY CONDITION>, <PRE-OVULATORY FOLLICLE>, <ZOOTECHNICS>, <OVARIES>, <CORPO LUTEUM>, <CATTLE>, <ULTRASONOGRAPHY>, <RIOBAMBA (CANTON)>, <CHIMBORAZO (PROVINCE)>.

Lic. Washington Mancero, MsC

**DOCENTE CARRERA ZOOTECNIA**

NUI: 0601810799

## INTRODUCCIÓN

La nutrición es el factor más importante que afecta el desempeño reproductivo de las vacas lecheras (Otalvaro, y otros, 2020 pág. 2). Las condiciones de crianza no siempre son ideales, especialmente en relación con la alimentación, repetidamente en los animales pueden mostrarse desnutridos (Pittaluga, 2008 citado en Otalvaro, y otros, 2020). Cuando las limitaciones de nutrientes, particularmente de minerales, son severas y prolongadas debido a la disponibilidad de forraje maduro de mala calidad o escasez de forraje durante la estación seca, provoca cambios en las funciones reproductivas que conducen a la infertilidad (Freire, 2021 pág. 1).

Los minerales son componentes de las hormonas y, por lo tanto, regulan directamente la actividad hormonal. Debido a que está involucrado en el metabolismo de los carbohidratos, en el caso de las proteínas y los ácidos nucleicos, cualquier cambio en sus niveles puede afectar la producción hormonal y reproductiva (Otalvaro, y otros, 2020 pág. 5). Debido a que las funciones reproductivas de las hembras bovinas, como el ciclo estral, la gestación temprana, la involución uterina son puntos importantes, el suministro de minerales en la alimentación afectan directamente y de manera asertiva la función reproductiva. Las hembras bovinas necesitan minerales como Calcio (Ca), Fósforo (P), Sodio (Na), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Selenio (Se) y Zinc (Zn). La deficiencia causa problemas directos o secundarios, como retención placentaria, infertilidad, insuficiencia estral, disfunción ovárica, entre otros, lo que genera pérdidas económicas para los ganaderos (Otalvaro, y otros, 2020 pág. 3).

Los suplementos de minerales inyectables se recomiendan para las deficiencias clínicas de algún tipo de mineral (Rodríguez, y otros, 2020 pág. 3) que haga falta y están diseñados para suministrar minerales que son deficientes o difíciles de obtener de la dieta cotidiana del animal, para así provocar respuestas exitosas en lo metabólico, productivo y reproductivo en el hato. Los minerales inyectables son usados para corregir las deficiencias de selenio, cobre, manganeso, zinc, yodo, y demás, que puede ocurrir en etapas claves del ciclo de vida productivo o reproductivo así mismo ayuda en el correcto funcionamiento del sistema inmunológico. Por lo tanto, la forma más práctica de asegurar un correcto comportamiento reproductivo en las hembras reproductoras es proporcionándoles una adecuada suplementación mineral (Freire, 2021 pág. 8).

La presente investigación tiene la finalidad de realizar un trabajo experimental en la Hacienda San Diego la cual se dedica principalmente a la explotación de bovinos de leche, esta finca se encuentra en continuo crecimiento, lo que lleva a un progreso productivo del hato en función de los años, sin embargo, se ha visto una incidencia de trastornos reproductivos por deficiencias de

minerales lo cual desencadenan problemas como infertilidad, anestro o fallas en la función ovárica que impactan en pérdidas económicas para el ganadero. Por esta razón, es necesario realizar un protocolo aplicando diferentes minerales inyectables comerciales a vacas post parto (periodo de espera voluntario  $\geq 45$ días) con el fin de evaluar la eficiencia de dichos productos en la dinámica folicular ya que estos productos ayudan a estimular la función reproductiva y la maduración folicular mejorando la tasa de concepción y el comportamiento reproductivo logrando un óptimo desarrollo de la actividad ganadera.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del problema

En la Hacienda San Diego se ha percibido un incremento de problemas de fertilidad en las vacas en etapa de producción, lo que no ha permitido el crecimiento del hato en los últimos años; se presume que estos trastornos reproductivos se podría originar en la deficiencias de minerales lo cual desencadenan consecuencias como la no presencia de celos o estros silenciosos, lo que no permite llevar un programa eficiencia de Inseminación Artificial e impacta directamente en la concepción y obtención de animales de reemplazo, así como el alargamiento del período de lactancia, que se traduce en pérdidas económicas para el dueño de la unidad productiva (Otalvaro, y otros, 2020 pág. 11).

La baja ingesta de ciertos minerales como el Calcio, el Fósforo, el Magnesio, el Cobre y el Zinc determinan bajas tasas de concepción de las hembras bovinas; donde la dinámica folicular está en directa relación con el potencial reproductivo de las hembras bovinas, y depende de varios elementos como la actividad de las hormonas sexuales entre otros; que permiten el proceso del ciclo estral (Otalvaro, y otros, 2020 pág. 9).

La influencia del tipo y calidad de alimentación es un factor fundamental para cubrir los requerimientos nutricionales en el animal en sus diferentes fases biológicas y fisiológicas e influye en la fisiología del ovario; en especial la ingesta de minerales en un equilibrio determinado por características propias de las vacas lecheras permite una eficiencia o ineficiencia en la dinámica folicular.

## **1.2 Justificación**

La presente investigación tiene la finalidad de realizar un trabajo experimental en la Hacienda San Diego la cual se dedica principalmente a la explotación de bovinos de leche, esta se encuentra en continuo crecimiento conllevando a un progreso productivo del hato en función de los años, sin embargo, se ha visto una incidencia de trastornos reproductivos por deficiencias de minerales lo cual desencadenan problemas como infertilidad, anestro o fallas en la función ovárica que impactan en pérdidas económicas para el ganadero. Es por ello que se ha visto en la necesidad de realizar un protocolo aplicando diferentes minerales inyectables comerciales a vacas post parto (periodo de espera voluntario  $\geq 45$ días) con el fin de evaluar la eficiencia de dichos productos en la dinámica folicular ya que estos productos ayudan a estimular la función reproductiva y la maduración folicular mejorando la tasa de concepción y el comportamiento reproductivo logrando un óptimo desarrollo de la actividad ganadera.

### **1.3 Objetivos**

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

Evaluar la dinámica folicular mediante ultrasonografía en hembras bovinas utilizando dos variantes de minerales inyectables comerciales.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Establecer la condición corporal de los animales sometidos al estudio antes y después de la aplicación de los tratamientos.
- Evaluar la presencia o no de cuerpo lúteo antes del tratamiento utilizando ultrasonografía.
- Identificar el número de folículos antes y después de la aplicación de los minerales inyectables comerciales.
- Determinar el tamaño ovárico de las vacas antes y después del tratamiento.
- Valorar el tamaño del folículo preovulatorio de las vacas en celo sometidas a los tratamientos.
- Analizar el costo de los diferentes tratamientos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

La reproducción en las hembras bovinas es un proceso complejo que está expuesto a una serie de cambios durante su vida, a los que debe adaptarse a través de diversas interacciones neurales, endocrinas y metabólicas en el animal, estas interacciones serán las encargadas del control y regulación de la actividad reproductiva. La madurez sexual está relacionada directamente con el manejo, la raza, crecimiento y desarrollo del animal, en condiciones adecuadas la actividad sexual se inicia a los 16 meses de edad aproximadamente. (Sanz, 2000 pág. 5)

#### 2.1 Anatomía y fisiología reproductiva de la hembra bovina

Gloobe (1989) determina que la comprensión de la anatomía reproductiva de la hembra bovina es esencial para un correcto control de la genética y producción de las ganaderías. El aparato reproductor de la hembra bovina incluye:

- Vulva
- Vagina
- Cuello uterino
- Cuernos del útero
- Ovarios
- Cuerpo lúteo

##### 2.1.1 *Vulva*

La vulva no es más que un órgano genital que sirve como abertura externa al tracto reproductivo, tiene como características principales orinar, abrirse para permitir la cópula y actuar como parte del canal de parto (Barragan, y otros, 2020 pág. 13).

##### 2.1.2 *Vagina*

Se extiende desde detrás del cuello uterino hasta la vulva, mide entre 15 y 30 cm de largo (Morales, 2022). Por lo general, se encuentra untado de moco, también es por donde la uretra drena la orina de la vejiga. El apareamiento tiene lugar dentro de la vagina (Barragan, y otros, 2020 pág. 13). La vagina recibe el semen y forma parte también del canal de parto. (Gloobe, 1989 pág. 120).

### 2.1.3 *Cérvix - Cuello uterino*

El cuello o cérvix es el fragmento caudal estrecho, que conecta con la vagina, tiene un tamaño de 10 cm aproximadamente (Gloobe, 1989 pág. 119). Separa el útero de la vagina, tiene una abertura central, se abre durante el celo y el parto y se cierra durante la gestación (Sepúlveda, 2019 pág. 65).

El cuello uterino forma una barrera física entre la vagina y el útero. Por otra parte, también interviene en la producción de moco cervical. El cuello uterino se caracteriza por presentar una gruesa pared muscular y de 3 a 4 anillos que puede cerrarlo herméticamente, cuyo número y forma varían entre especies (Rangel, y otros, 2009 pág. 15).

### 2.1.4 *Útero - Cuernos del útero*

El útero está unido al ligamento ancho y consta de dos partes: el cuerpo y los cuernos. El cuerpo del útero de las hembras bovinas es corto y poco desarrollado pero los cuernos uterinos son respectivamente largos y bien desarrollados. El desarrollo fetal tiene lugar en los cuernos uterinos (INTAGRI, 2018, párr. 15).

**Tabla 1-2:** Características del útero del bovino.

Características	Valor
Número	1
Forma	Bicorne
Tamaño	31 a 54 cm
Componentes	2 cuernos, un cuerpo y un cuello o cérvix
Irrigación	Arteria uterina rama de la aorta

Fuente: (López, 2010).

Realizado por: Tapia M., 2023.

### 2.1.5 *Oviductos*

Según Morales (2022) define que los oviductos son dos conductos finos y blandos de 20 a 35 cm de largo, que comunican el útero con los ovarios. Es el lugar donde se realiza la fecundación. Las partes anatómicas del oviducto es: el infundíbulo el cual está expandido de manera de embudo rodeando al ovario, el ampulla que abarca más de la mitad de longitud del oviducto, el istmo que es la parte más cercana al cuerno uterino y se conecta con el cuerno por la unión útero tubárica (Rangel, y otros, 2009 pág. 12).

### 2.1.6 Ovarios

Tienen una estructura almendrada y estos son órganos vitales para la reproducción bovina (López, 2010 pág. 8).

De acuerdo con INTAGRI (2018) El ovario es el órgano primario de la reproducción y está comprometida con dos funciones primordiales:

- Producción del gameto femenino.
- Producción de estrógenos y progesteronas.

Estos ovarios miden aproximadamente 3 cm de largo, el tamaño de los ovarios varía según la fase del ciclo reproductivo y la edad de la vaca; están suspendidos con el ligamento ancho, cerca del final de los oviductos.

### 2.2 Condición corporal

Una evaluación de la condición corporal en una hembra bovina lechera es un indicador de las reservas de energía almacenadas. Una correcta valoración debe hacerse a través de mediciones visuales y palpables usando una escala de 1 a 5 siendo 1 flaca y 5 gorda u obesa (Grigera, y otros, 2005 pág. 1).

**Tabla 2-1:** Características de la condición corporal en escala de 1 a 5.

Escala de 1 a 5	Característica
1	Flaca (emaciada)
1,5	Flaca (conserva flaca)
2	Flaca (conserva buena)
2,5	Condición corporal límite(manufactura)
3	Condición corporal optima (empulpada)
3,5	Condición corporal óptima (consumo local)
4	Condición corporal óptima (consumo especial)
4,5	Condición corporal obesa (gorda)
5	Condición corporal obesa (excesivamente gorda)

**Fuente:** (Arias, y otros, 2018).

**Realizado por:** Tapia, M., 2023.

La condición corporal también se usa para establecer la cantidad y el tipo de suplementos nutricionales y minerales que necesita una vaca antes y durante la lactancia. Una vaca en buenas condiciones puede movilizar sus almacenamientos de energía sin causar problemas metabólicos, productivos o reproductivos. Por el contrario, una vaca flaca o extremadamente delgada tiene bajas reservas de energía por lo que requieren una mayor suplementación en minerales, aminoácidos y vitaminas para evitar pérdidas excesivas de peso y las consiguientes reducciones en la producción de leche y la fertilidad (López, 2006 pág. 79).

### **2.3 Dinámica folicular de la hembra bovina**

La vida reproductiva de la vaca comienza al inicio de su vida. Así, a partir del desarrollo fetal se comienza a preparar su aparato reproductor, y al nacer órganos como los ovarios ya tienen el potencial productivo de ovocitos (Motta, y otros, 2011).

Hernández (2017) expresa que la bovina muestra ciclos estrales en intervalos de 19 a 23 días, y estos sólo se obstaculizan durante la gestación o debido a alguna patología. El estro es la fase de aceptación de la cópula y tiene una duración de 8 a 18 horas. Durante el metaestro sucede la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo. El diestro es la fase más larga del ciclo y se determina por la presencia de un cuerpo lúteo. Si la gestación no se establece, el endometrio produce prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  (PGF<sub>2</sub> $\alpha$ ) lo que provoca la luteólisis, reiniciándose un nuevo ciclo estral (Hernández, 2017 pág. 17).

#### **2.3.1 Hormonas que actúan en el ciclo estral**

El ciclo reproductivo de la hembra bovina está regulado principalmente por hormonas producidas por el hipotálamo, la hipófisis, el útero y los ovarios (INTAGRI, 2018).

Los procesos reproductivos son controlados y regulados por el sistema nervioso central quien recibe información del mismo animal e información externa es decir factores como el ambiente, la nutrición, la condición corporal y el ambiente.

La hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), liberada por el hipotálamo, estimula la hipófisis anterior para que libere dos gonadotropinas: la hormona estimulante del folículo (FSH) y la hormona luteinizante (LH). Ambas hormonas controlan la función ovárica. La FSH inicia la maduración del folículo y la LH induce la ovulación y la luteinización de las células de la granulosa y la teca. Las principales hormonas producidas por el ovario son: estrógenos y progesterona (INTAGRI, 2018).

Los estrógenos ejercen un efecto de retroalimentación positivo sobre el hipotálamo y la hipófisis al aumentar la frecuencia de los impulsos de GnRH. Otro efecto importante del estrógeno es causar síntomas de celo (López, 2014, pág. 32).

La progesterona es el producto principal del cuerpo lúteo que se requiere para la implantación y además actúa en el mantenimiento de la gestación. Si no se cumple la preñez existiría regresión del cuerpo lúteo en respuesta a la prostaglandina secretada por el útero (Franco, y otros, 2012 pág. 43).

### 2.3.2 Ciclo estral

El ciclo estral es una serie de eventos fisiológicos que ocurren entre un celo y el siguiente. Para la hembra bovina, el periodo normal es de 18 a 24 días, con un promedio de 21 días. Este ciclo incluye periodos de receptibilidad sexual, ovulación y cambios adaptivos necesarios para mantener el embrión si se genera una fecundación (Carvajal et al., 2020: pág. 1).

En esta serie de eventos biológicos podemos distinguir entre las siguientes etapas: el periodo estral que es la etapa sexual receptiva en la que se produce la ovulación. Metaestro que es la etapa temprana de la formación del cuerpo lúteo. Diestro fase en la que predomina el cuerpo lúteo. Proestro periodo previo al Estro (Carvajal, y otros, 2020 pág. 34).

**Tabla 3-2:** Fases del ciclo estral.

Proestro (1-3 días)	Vulva y vestíbulo ligeramente congestionado. Se acerca y vuela a otras vacas. Manifiesta principios de inquietud.
Estro 10-12 horas)	Reflejo de aceptación. Monta de otras vacas y se deja montar. Hiperemia del vestíbulo vaginal. Se distingue una disminución en la producción de leche. Se manifiesta la presencia de moco estral que es transparente y limpio (cristalino) a veces en hilos muy grandes que fluyen de la vulva. Para la inseminación artificial, la observación del moco es esencial para detectar la presencia de sangre o pus junto con el moco lo que impide la fecundación.
Metaestro (1-3 días)	Discreta descarga mucosa. La vulva regresa a su circulación. Puede presentarse sangrado metaestral.
Diestro (4-18 días)	No existen manifestaciones externas de celo, se encuentra bajo la influencia de progesterona.

Fuente: (AGROCOR, 2005).

Realizado por: Tapia, M., 2023.

### 2.3.3 Clasificación de los folículos

El folículo es la unidad fundamental del ovario. Estructuras que controlan los procesos reproductivos y fases del ciclo estral (Filipiak, y otros, 2016 pág. 34). Los ovocitos de mamíferos se desarrollan y alcanzan la madurez ovulatoria adentro de los folículos (Filipiak, y otros, 2016 pág. 34). Un folículo es una estructura ovárica que tiene dos funciones básicas: producir hormonas y producir ovocitos aptos para la fecundación (Filipiak, y otros, 2016 pág. 34).

**Tabla 4-2:** Fase del ciclo estral y su ovulación.

Fase	Vaca	Novilla	Ovulación
Proestro	3 días	-	-
Estro	18 (12-28) horas	-	-
Metaestro	8 días	-	10 – 15 horas iniciado
Diestro	9 días	-	-
Ciclo Total	21 (18-24) días	20 (18-22) días	-

Fuente: (Motta, y otros, 2011)

Realizado por: Tapia, M., 2023.

Según Iranni y Hodgen, 1992 citado en Fricke, y otros (2016) las funciones principales del folículo son:

- 1) Proteger y nutrir el ovulo en desarrollo que puede ser fertilizado después de la ovulación.
- 2) Secretar hormonas esteroides que regulan la morfología y función de los órganos y el comportamiento reproductivos durante el Estro.
- 3) Suministrar células progenitoras que se luteinizarán y formará el cuerpo lúteo después de la ovulación.

#### 2.3.3.1 Folículos primordiales

Son el único tipo de folículo presente en las hembras prepuberales, tiene unas estructuras algo ovaladas. Las hembras bovinas nacen con folículos primordiales y los óvulos que contienen es lo que se gastara a lo largo de su vida reproductiva (INIA, 2019). Por tanto, la reserva folicular determina el potencial de vida reproductiva de cada hembra bovina (INIA, 2019).

Según Nilsson y Skinner, 2001 los folículos primordiales están constituidos por un ovocito cuyo crecimiento se encuentra detenido en la fase de diploteno de la profase I de la meiosis (fase exclusiva de la meiosis de las hembras, designada dictioteno) y que está rodeado por una sola capa de células epiteliales foliculares pregranulosas (células planas de aspecto fusiforme).

#### 2.3.3.2 *Folículos primarios*

“Constan de un ovocito rodeado por una capa de células granulosas que adquieren una forma cuboidal” (Filipiak, y otros, 2016). El folículo se expande hasta los 40-80  $\mu\text{m}$  aproximadamente, y está rodeado por 10 a 40 células de la granulosa (Filipiak, y otros, 2016). “Las células granulosas cuboidales se dividen formando varias capas alrededor del ovocito (folículo multilaminar)” (Filipiak, y otros, 2016 pág. 15). En esta etapa, comienza la mitosis de estas células y el ovocito aumenta de tamaño al mismo tiempo. Así, el folículo primario se transforma en un folículo preantral multilaminar (folículo secundario) (Filipiak, y otros, 2016 pág. 15).

#### 2.3.3.3 *Folículos secundarios*

Filipiak, y otros (2016) menciona que estos tienen algunas capas de células granulosas, que se rodean a su vez por células de la teca (células fusiformes, más alargadas que las células granulosas) y el folículo crece de tamaño (80 a 250 $\mu\text{m}$ ). Las células granulosas empiezan a segregar un líquido (licor folicular) que crea espacios entre ellas; espacios que confluyen posteriormente en una cavidad conocida como antro folicular; a su vez estas células secretan mucopolisacáridos que forman un cerco protector (zona pelúcida) en torno al ovocito.

#### 2.3.3.4 *Folículo terciario*

El antro folicular irá creciendo de tamaño hasta lograr las características de folículo preovulatorio o también conocido como folículo de Graaf (Filipiak, y otros, 2016 pág. 21). “La creación del antro sucede en folículos de 0,2-0,4 mm de diámetro en hembras bovinas, el ovocito ya mide unos 93  $\mu\text{m}$  de diámetro. Los folículos preovulatorios alcanzan aproximadamente los 15 mm en animales adultos” (Filipiak, y otros, 2016 pág. 22). Las células granulosas siguen proliferando. Esta proliferación se acompaña de la organización del estroma conjuntivo que las delimita, produciendo las tecas foliculares internas y externas (Filipiak, y otros, 2016 pág. 22). En la etapa final de crecimiento del folículo preantral y lo que es más importante, en el folículo antral o preovulatorio, las células granulosas y teca se diferencian y se vuelven progresivamente más sensibles a la estimulación de las gonadotropinas (García, 2008 pág. 33).

#### **2.3.4 Foliculogénesis**

Hay dos eventos importantes en la formación folicular, el reclutamiento inicial y el reclutamiento cíclico. El primero ocurre continuamente y comienza en el momento exacto que se han formado los folículos, mucho antes de que alcancen la pubertad, y es responsable de la emergencia de los folículos primordiales del estado de inactividad y entren a la fase de crecimiento. Durante el primer reclutamiento, los factores intraováricos y otros factores desconocidos estimulan un grupo de folículos primordiales para comenzar el crecimiento mientras el resto sigue envejeciendo durante meses o años. Este proceso puede deberse a la liberación de estímulos factores inhibitorios que hasta ese momento mantienen los folículos en reposo (García, 2008 pág.7).

El reclutamiento cíclico comienza después de la pubertad, como resultado del aumento de los niveles de FSH circulante durante el ciclo reproductivo. Esto permite que la cohorte de folículos en fase antral deben ser rescatados de la atresia. En este punto, los folículos completan su crecimiento y el ovocito ha adquirido la zona pelúcida y puede continuar con la meiosis. De esta forma, solo algunos folículos sobreviven y el resto se vuelve atrésicos (García, 2008 pág. 7).

#### **2.3.5 Dinámica folicular en bovinos maduros**

El crecimiento folicular en el ganado adulto ocurre en ondas de crecimiento folicular. Un grupo de folículos antrales aparecen sincrónicamente y un folículo dominante crece hasta un diámetro mayor que los demás (folículos subordinados) (Filipiak, y otros, 2016 pág. 25). Cada ciclo estral en las hembras bovinas incluye dos o tres oleadas de desarrollo folicular. Cada onda comienza con el reclutamiento de folículos antrales pequeños de 4 a 5 mm de diámetro, de los cuales crecen y uno alcanza el predominio es decir adquiere dominancia, logrando un diámetro significativamente mayor y regulando el crecimiento de folículos subordinados. El folículo dominante de la última onda folicular ovula en hembras adultas (Filipiak, y otros, 2016 pág. 26). Cerca del día de la ovulación, se observa mediante ecografía el desarrollo secuencial y la regresión de los folículos grandes (Filipiak, y otros, 2016 pág. 20).

### **2.4 Vacas posparto**

El posparto es un periodo difícil del ciclo reproductivo de la hembra bovina. Para que se reinicien los ciclos estrales debe pasar una serie de sucesos morfológicos y fisiológicos como la remodelación e involución uterina y la normalidad de la función del eje hipotálamo-hipófisis-

ovarios. Durante la gestación no existe el patrón de secreción de la hormona luteinizante (LH) propio de la ovulación, el cual debe presentarse después del parto para que haya retorno a la ciclicidad ovárica (Góngora, y otros, 2007 pág. 25).

Después de un parto normal, el útero que permanece deformado por la gestación debe volver a su estado normal. El número de receptores de GnRH y estradiol en la adenohipófisis aumenta durante los primeros 15 días después del posparto, posiblemente sensibilizando a la glándula para restaurar el patrón de secreción de LH presente en la adenohipófisis y pueda llegar a normalizarse para el día 30. (Góngora, y otros, 2007 pág. 31). Después de este periodo, el patrón de secreción de LH se normaliza y se restablece la ovulación (Góngora, y otros, 2007 pág. 26).

La primera fase de recuperación comienza a la semana uno posparto en vacas que han parido normalmente, se nutren de manera balanceada y están con una condición corporal adecuada, pero se retrasa en vacas con distocia, retención placentaria, desequilibrios nutricionales y enfermedades metabólicas (Restrepo, 2001 pág. 1290).

“[...] Después del parto se presentan algunas patologías que retrasan la involución uterina y, por consiguiente, afectan el intervalo del parto al primer servicio” (Hernández, 2013 pág. 6).

#### ***2.4.1 Periodo de espera voluntario para vacas post parto***

Una vaca necesita al menos 30 días para recuperar su función en el útero (matriz) para quedar preñada después de dar a luz. Se recomienda un periodo de espera voluntario de 40 a 60 días, cuando las condiciones de manejo y alimentación son las adecuadas, generalmente se da monta en el celo que aparece antes o después de los 50 días del parto. Por otra parte, cuanto menor sea el tiempo de espera voluntario, mayor será el porcentaje de vacas con intervalos cortos entre partos y por lo tanto más tiempo para alcanzar el rendimiento máximo (Jiménez, 2016, pág. 2).

Debido a la forma de la curva de lactancia típica, la eficiencia alimenticia, expresada como ingreso sobre el costo de alimentación disminuye con el aumento de los días de leche y esto parece ser independiente a la producción de leche por vaca y otros escenarios de costo de alimentación por kg de materia seca a menos que haya cambios significativos en la persistencia. Por esta razón, históricamente a nivel de producción o explotación, el intervalo óptimo entre partos se considera alrededor de 12 – 13 meses. Esto significa que la vaca debería quedar preñada dentro de los 3 – 4 meses posteriores al parto (Jiménez, 2016 pág. 3).

No se aconseja periodos de espera voluntario cortos, ya que acortan el período de lactancia y son económicamente desfavorables. Tampoco se aconseja prolongar significativamente el periodo de espera voluntario ya que afecta directamente la fertilidad y, por lo tanto, la producción total de leche (Jiménez, 2016 pág. 3).

## **2.5 Trastornos reproductivos**

### **2.5.1 Quistes ováricos**

Los quistes ováricos se han descrito en muchas especies de animales e incluso en humanos. Son comunes en las vacas lecheras después del parto y son una de las principales causas en las fallas reproductivas y pérdidas económicas, ya que este síndrome implica intervalos más largos entre parto – primer celo, parto – parto, parto concepción y parto y parto (Salveti, y otros, 2007 pág. 1). Se ha instruido que la incidencia de quistes ováricos en vacas lecheras es del 10% al 13% (Fricke, y otros, 2016 pág.24).

“Los ovarios quísticos son uno de los desórdenes reproductivos comunes en bovinos que afectan la fertilidad y contribuyen a extender el intervalo entre partos; ellos se clasifican como quistes foliculares, quistes y cuerpo lúteo quístico” (Andrade, 1997 pág. 76).

Otras situaciones comunes a la aparición de folículos ováricos quísticos son los desbalances de mineral, los partos distócicos y los desórdenes en el puerperio como la retención de placenta, metritis y cetosis (Cockcroft et al., 2015, Agrovvet Market, 2022 pág. 43).

#### **2.5.1.1 Quiste folicular**

Un quiste folicular es una estructura ovárica de paredes delgadas llenas de líquido de más de 25 mm de diámetro. Muchas vacas tienen múltiples estructuras quísticas simultáneamente en uno o ambos de los ovarios (Fricke, y otros, 2016 pág. 28).

#### **2.5.1.2 Quiste luteal**

Los quistes luteales surgen de quistes foliculares en los que los quistes y las células de la granulosa se luteinizan espontáneamente y comienzan a producir P4 (Progesterona) (Agrovvet Market, 2022). La pared del quiste luteal es gruesa y están compuestos de tejido lúteo, además tienen estructuras llenas de fluido de  $\geq 25$  mm (Fricke, y otros, 2016 pág. 3).

### *2.5.1.3 Cuerpo lúteo quístico*

El cuerpo lúteo generalmente se forma después de la ruptura del folículo maduro. Si la formación del cuerpo lúteo no es completa, se produce un cuerpo lúteo quístico. Aunque se desconoce la causa exacta de la formación del cuerpo lúteo quístico, es probable que la síntesis insuficiente de LH por parte de la pituitaria anterior sea un factor contribuyente (Mora, 2006 pág. 2).

### *2.5.1.4 Cuerpo lúteo persistente*

Desde el punto de vista de Mora (2006) un cuerpo lúteo persistente resulta de alguna disfunción que causa que el útero reaccione como si estuviera preñado y bloquea la liberación de la hormona luteolítica PGF $2\alpha$ . Sin esta indicación de lisis del cuerpo lúteo, la progesterona se produce constantemente y el ciclo estral se detiene en un estado de pseudopreñez. Un cuerpo lúteo persistente difiere de un CL quístico en que es una glándula completamente funcional produciendo progesterona (pág. 2).

## **2.5.2 Celo silencioso**

El celo silencioso es en realidad ovulación no presenta signos evidentes del Estro. Es una situación en vacas y vacas que se encuentran en posparto y suele caracterizarse por la baja fertilidad.

Las causas del celo silencioso se dan por estrés ambiental de frío o de calor, en temperaturas ambientales de mayor a 32 °C, en este tipo de estrés ambiental se acorta el periodo de celo lo que dificulta su detección. Otra causa viene siendo la falta de minerales como el yodo, selenio, fósforo, zinc, sodio, cobre, potasio, calcio y magnesio. Un bajo contenido de fósforo afecta los mecanismos energéticos asociados con la manifestación del celo, así mismo la falta del cobre puede estar relacionado con una infertilidad asociada a celos atrasados o suprimidos, reabsorción de embriones y en los machos trastornos en la espermatogénesis (Campos, y otros, 2018 pág. 15).

## **2.5.3 Síndrome de la vaca repetidora de celo**

La vaca repetidora se determina por presentar celos repetitivos y no quedar preñada después de tres o más inseminaciones artificiales o montas naturales y al análisis clínico no muestra sintomatología asociada a este síndrome (Varón, 2018 pág. 134). La causa para este síndrome es multifactorial. Implica una combinación de desequilibrios nutricionales, infecciones, desequilibrios hormonales, factores genéticos y problemas en el manejo (Jaureguiberry, y otros, 2015 pág 432).

Los animales con condición corporal baja ( $\leq 3$ ) y condición corporal alta ( $\geq 3.5$ ) tienen mayor incidencia en enfermedades metabólicas que conducen a una disminución de la eficiencia reproductiva además de presentar otras enfermedades (Ribeiro et al., 2013 citado en Jaureguiberry, y otros, 2015). La mala nutrición o el exceso de alimentación puede repercutir en una expresión pobre del Estro y ovulación reducida y largos periodos de anestro y baja fertilización posparto (Lugo, 2013 pág. 19). Un estudio determinó que las concentraciones de minerales (calcio y fosforo) fueron significativamente diferentes entre vacas sanas y vacas que presentaban celos repetitivos y sus valores estaban por debajo de lo normal a excepción del magnesio que estaba dentro del rango normal en todos los grupos experimentales (Valderrama, 2019 pág. 23).

## 2.6 Minerales en la producción bovina

Los diferentes sistemas de producción prestan especial atención a la cantidad de alimento consumido por el ganado en términos de materia seca, energía y proteína, pero brindan poca atención a los minerales consumidos por el animal. Los desequilibrios minerales (deficiencia o exceso) pueden afectar negativamente la productividad y la fertilidad del ganado y, en casos menos graves, pueden conducir a una producción subóptima (Jiménez, y otros, 2014 pág. 9).

A continuación, se muestra en la Tabla 5-2 la pérdida de minerales por lactancia de 305 días, en vaca adulta de 500kg de peso.

**Tabla 5-2:** Pérdida de minerales por lactancia de 305 días, en vaca adulta (500 kg).

Elemento	Producción por lactancia	
	4.000 litros	5.000 litros
Calcio	5.000 g	6.250 g
Fósforo	3.600 g	4.500 g
Magnesio	520 g	650 g
Sodio	2.400 g	3.000 g
Potasio	6.000 g	7.500 g
Cloro	4.400 g	5.500 g
Zinc	16 g	20 g
Hierro	2 g	2.5 g

Cobre	0.8 g	1 g
-------	-------	-----

**Fuente:** (Corbellini, 1994 citado en Lipps, y otros, 2016).

**Elaborado por:** Tapia M, 2023.

Los minerales desempeñan diferentes funciones en el organismo; las cantidades requeridas de cada mineral va en función de la especie, edad y estado fisiológico” (Rosero, y otros, 2016 pág. 55).

Los minerales que impacta la producción animal se dividen en macroelementos y microelementos. Los macroelementos son: calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio y azufre con requerimientos expresados en porcentaje de la dieta. Los microelementos son: cobalto, cobre, yodo, hierro, manganeso, selenio y zinc, los requerimientos a la dieta que se expresan en parte por millón (Pittaluga, 2009 pág. 4).

## **2.6.1 Micro minerales**

### **2.6.1.1 Selenio**

Es un mineral esencial para el crecimiento, la reproducción y la prevención de enfermedades en los animales. Su función principal es proteger las membranas celulares y las proteínas de los productos nocivos que se forman como resultado del metabolismo normal en los animales (Pittaluga, 2009 pág. 63). En los últimos años se ha comprobado que los suelos son generalmente bajos en concentración de selenio (Se), lo que significa que los forrajes y otros cultivos no son lo suficientemente ricos en este mineral, lo que a su vez conduce a la susceptibilidad de las enfermedades reproductivas y a la producción (Sánchez, y otros, 2014). La deficiencia de esta mineral afecta la reproducción como a la retención placentaria la cual responde muy bien a la suplementación con selenio (Mufarrege, 1999 pág 87). Este mineral, junto con la vitamina E, aumenta la eficiencia para la salud del sistema inmunitario (Flórez, 2012 pág. 95).

### **2.6.1.2 Cobre**

El cobre juega un papel muy importante en la digestión de los alimentos, la reproducción, el sistema inmunológico, el desarrollo óseo, muscular y dental (Gómez, y otros, 2019 pág. 96).

La deficiencia de cobre puede manifestarse en la ganadería con problemas como en la baja producción de carne y leche, anemia, estructura ósea anormal e incluso problemas reproductivos presentando anestros, entre otros (Castelli, y otros, 2011 pág. 1).

El requerimiento de cobre varía entre 4 y 15 ppm, pero este rango obviamente depende de la concentración de molibdeno (Mo) y azufre (S). La toxicidad del cobre: la concentración máxima en el alimento que las vacas pueden tolerar es de 100ppm, pero tenga en cuenta que la concentración final de cobre en el alimento es influenciada por las concentraciones de molibdeno y azufre, así como por otros antagonistas del cobre que se encuentra disponible en el alimento. (Gómez, y otros, 2019 pág. 64)

#### 2.6.1.3 Yodo

El yodo es necesario para el desarrollo y la fertilidad de los animales jóvenes. El requerimiento en la dieta para vacas lecheras en producción es de 0.4 – 0.6 partes por millón (ppm) (Gómez, y otros, 2021 pág. 92). El yodo tiene como función la síntesis de las hormonas tiroideas. Las hormonas de la tiroides juegan un papel activo en la termorregulación, el metabolismo intermediario, la reproducción, el crecimiento y el desarrollo, el flujo sanguíneo y la función muscular (Pittaluga, 2009 pág. 7). El yodo se absorbe principalmente en el rumen. Los signos de deficiencia de yodo incluyen bocio, pérdida de pelo en animales jóvenes y retraso en el crecimiento (Mufarrege, 1999 pág. 15).

Como señala Corrie (1992) las funciones y características del yodo se muestra a continuación:

1. Es indispensable para la eficiencia del metabolismo (es decir los cambios constructivos y destructivos en la condición de las células), para los intercambios respiratorios y para el crecimiento físico.
2. Es necesario para el desarrollo mental.
3. Se necesita especialmente en la preñez para el debido desenvolvimiento del feto.
4. Se necesita en la adolescencia para el desarrollo de los órganos de reproducción.
5. Es indispensable para la salud del cutis y el crecimiento de lana, cabellos, pellejo, etc.
6. Se necesita para la asimilación del calcio y
7. Se necesita para establecer y mantener la resistencia que oponen las fuerzas naturales a las infecciones bacteriales y a las toxinas (Corrie, 1992 pág. 3).

#### 2.6.1.4 Zinc

Es un microelemento esencial para la salud animal. El zinc es esencial como oligoelemento debido a sus funciones estructurales, catalíticas y reguladoras en la actividad celular. El zinc, por otro lado, actúa como un estabilizador de proteínas (Fazzio, y otros, 2008 pág. 35). Además, se ha

descubierto que el zinc desempeña un papel importante no solo en el metabolismo de las proteínas, sino también en la síntesis de ADN y ácidos nucleicos (Pittaluga, 2009 pág. 8).

La deficiencia de zinc causa anorexia severa, retraso en el crecimiento y disfunción reproductiva en el ganado bovino y en todas las especies animales, especialmente en los machos (Mufarrege, y otros, 2001 pág. 65).

#### *2.6.1.5 Manganeseo*

El manganeso funciona en la formación ósea, el crecimiento corporal, la reproducción en el macho y en la hembra y en la función del sistema nervioso central (Mufarrege, 2003 pág. 4). El manganeso es necesario, entre otras cosas, para la síntesis de colesterol, que es necesario para la síntesis de estrógeno, progesterona y testosterona. Por lo tanto, los animales con deficiencia de manganeso tienen una fertilidad reducida. Con deficiencia de manganeso, los animales tienen periodos estrales irregulares o incluso estrales, disminución del libido y abortos más frecuentes (Álvarez, 2019 pág. 78).

#### *2.6.1.6 Cobalto*

Los microorganismos del rumen requieren cobalto (Co) para la síntesis de la vitamina B12 (Pittaluga, 2009 pág. 6). La deficiencia de cobalto no es específica y se parece a los síntomas observados en animales desnutridos debido a la baja ingesta de energía y proteínas (Pittaluga, 2009 pág. 6). Los signos de deficiencia incluyen: Disminución en el consumo de alimento, crecimiento y producción de leche, además, anemia, disminución de la inmunidad debido a la disminución de la función de los neutrófilos y pelaje sin brillo, se debe tener en cuenta que los animales jóvenes son más sensibles que los animales adultos (Flórez, 2012 pág. 91).

#### *2.6.1.7 Hierro*

Como componente de la hemoglobina, la mioglobina, los citocromos y ciertas enzimas, el hierro es un factor importante en el metabolismo animal, principalmente en el proceso de respiración celular (Pittaluga, 2009 pág. 7). Aproximadamente el 50% de hierro está contenido en la hemoglobina y la mioglobina porque tiene la función de transportar oxígeno (Jiménez, y otros, 2014 pág. 14).

La leche contiene pequeñas cantidades de hierro, lo que hace que los rumiantes jóvenes sean susceptibles a la deficiencia de hierro. Los terneros alimentados solo con leche pueden volverse anémicos, lo que induce a una baja condición corporal, letargo, dificultad para respirar y mucosas

pálidas. El exceso de hierro en la dieta del ganado vacuno y ovino afecta negativamente en la absorción de cobre. (Pittaluga, 2009 pág. 8).

## **2.6.2 Macrominerales**

### *2.6.2.1 Calcio*

El calcio en los bovinos es el elemento más abundante y alrededor del 98% sirve como mecanismo estructural de los huesos y los dientes (Portilla, y otros, 2021 pág. 4). El calcio es necesario para la coagulación sanguínea normal, la respuesta rítmica del corazón, el mantenimiento de la excitabilidad neuromuscular, el mantenimiento de la actividad enzimática, el mantenimiento de la permeabilidad de la membrana, así como la formación de huesos, el desarrollo de los dientes y la producción de leche. Se dice que es un elemento multifuncional (Mufarrege, 2002 pág. 1).

La absorción del calcio en el intestino depende de la vitamina D. En caso de deficiencia, el calcio se recluta del hueso. Una deficiencia en animales jóvenes perturba la mineralización del hueso y retarda el crecimiento (Flórez, 2012 pág. 83). El calcio requiere una mayor transición entre el parto y la lactancia. La deficiencia repentina durante este periodo causa fiebre de leche (hipocalcemia) o vaca caída (Flórez, 2012 pág. 83).

### *2.6.2.2 Fósforo*

El fósforo es el segundo mineral más abundante en el cuerpo del animal y tiene más funciones conocidas en el organismo que cualquier otro elemento. “El fósforo también está implicado en el control del apetito y la eficiencia de la utilización de los alimentos” (Hernández, 2004 pág. 1). La absorción de fosforo ocurre principalmente en el intestino delgado. El fósforo constituye aproximadamente el 1% del peso corporal de un animal y aproximadamente el 80% del fósforo del cuerpo se encuentra en los huesos y los dientes (Salazar, 2005 pág. 234).

Según (Mufarrege, 1999 pág. 4) la escasez de Fósforo origina en el ganado bovino:

- Disminución del apetito.
- Bajos porcentajes de preñez. Las vacas con cría no se preñan fácilmente, tienen un ternero cada dos años, por lo que los porcentajes de preñez y destete es de un 45 – 48%.
- Reducción de la velocidad de crecimiento en la recría.
- Pérdida de peso y condición corporal durante la lactancia y disminución de la producción láctea.

- Botulismo (por ingestión la toxina, debida a la pica).

#### 2.6.2.3 *Magnesio*

El Mg es absorbido principalmente en el rumen. La absorción es reprimida por el potasio y beneficiado por el sodio. La deficiencia en la dieta de magnesio en el ganado vacuno, especialmente en vacas lactantes tempranas, causa hipomagnesemia (Mufarrege, 2001 pág. 1).

El magnesio tiene muchas funciones fisiológicas. Es importante para los huesos y los dientes (Pittaluga, 2009 pág. 4). El magnesio (Mg) es el principal catión intracelular que funciona como cofactor enzimático en la conducción nerviosa, la contracción muscular y formación ósea (Flórez, 2012 pág. 89).

#### 2.6.2.4 *Potasio*

Es el tercer mineral más abundante en el cuerpo de la hembra bovina, posterior al calcio y el fósforo. Es un bloque de construcción fundamental de músculos, células sanguíneas y también regula la osmolaridad de los líquidos y la neurotransmisión (Udina, 2021 pág. 106).

Los rumiantes tienen mayores requerimientos de potasio que los monogástricos. La ingesta para los rumiantes es aproximadamente el 0,5% de la dieta. Estos son capaces de metabolizar grandes cantidades de potasio (K) de su dieta. Además el potasio también es esencial para los microorganismos presentes en el rumen (Udina, 2021). En los rumiantes, la deficiencia de potasio se asocia con un bajo crecimiento, una ingesta reducida de alimentos y agua, debilidad muscular, déficits neurológicos, rigidez, falta de elasticidad de la piel, emaciación y degeneración de órganos vitales (Pittaluga, 2009 pág. 5).

#### 2.6.2.5 *Sodio*

El Sodio es el principal catión extracelular y del 30 al 80% de este mineral está presente en el hueso como parte de su estructura cristalina. El sodio (Na) más el cloro y el potasio son importantes para mantener el líquido extracelular y el equilibrio ácido-base (Flórez, 2012 pág. 86).

En la deficiencia de sodio (Na) se desarrolla un apetito anormal por la sal y el animal come objetos extraños, tierra, madera, piedras y huesos. Sin embargo, el estado de salud no cambia durante varios meses hasta que los microorganismos lo descomponen estos incluyen anorexia, ojos

opacos, dolor de ojos, pérdida de pelo, pérdida rápida de peso vivo y baja producción de leche (Pittaluga, 2009 pág. 5).

#### 2.6.2.6 Azufre

El azufre (S) es un elemento esencial requerido para realizar varias funciones en los animales, alrededor del 0,15% del peso corporal es azufre (Schingoethe, y otros, 2011 pág. 1). Los signos de deficiencia de azufre incluyen pérdida de peso, debilidad, lagrimeo, torpeza y muerte. Cuando S es deficiente, la síntesis de proteínas microbianas se reduce y los animales muestran signos de desnutrición proteica (Pittaluga, 2009 pág. 6).

Algunos trastornos causados por la deficiencia de minerales se muestran a continuación en la Tabla 6-2.

**Tabla 6-2:** Trastornos causados por la deficiencia de minerales.

	<b>Bajos porcentajes de preñez.</b>
	En rodeos deficientes en P, las vacas con cría no vuelven a preñarse, tienen un ternero cada dos años, con lo que los porcentajes de preñez y destete son de un 45 - 48 %.
	Reducción de la velocidad de crecimiento en la recría.
	Disminución de la producción láctea.
Magnesio (Mg)	Tetania hipomagnesemia (trastornos de excitabilidad muscular) con un 4 % de mortandad de rodeos afectados
	Síndrome de vaca caída
Sodio (Na)	Rápida pérdida de peso vivo.
	Disminución de la producción de leche.
Calcio (Ca)	Disminución del ritmo de crecimiento en la recría y engorde.
	Retención placentaria
	Fiebre de la leche.
	Distocias.
	Reducción de la producción de leche.
Cobre (Cu)	Disminuye la tasa de crecimiento.
	Reducción de la fertilidad, por demora o supresión del Estro.
	Deprime el Sistema Inmune (mayor predisposición a: queratoconjuntivitis, mastitis, pietín).
Zinc (Zn)	Perjudica el crecimiento de terneros.
	Disminuye la espermatogénesis de los toros.

	Favorece las enfermedades de la piel, la presencia de problemas podales (pietín) y mayor incidencia de mastitis.
Selenio (Se)	Retención de placenta
	Mastitis.
	Ovarios quísticos.
	Metritis, fertilidad.
	Trastornos del metabolismo muscular.

Fuente: (Lipps, y otros, 2016).

Elaborado por: Tapia M, 2023.

## 2.7 Sincronización de la ovulación.

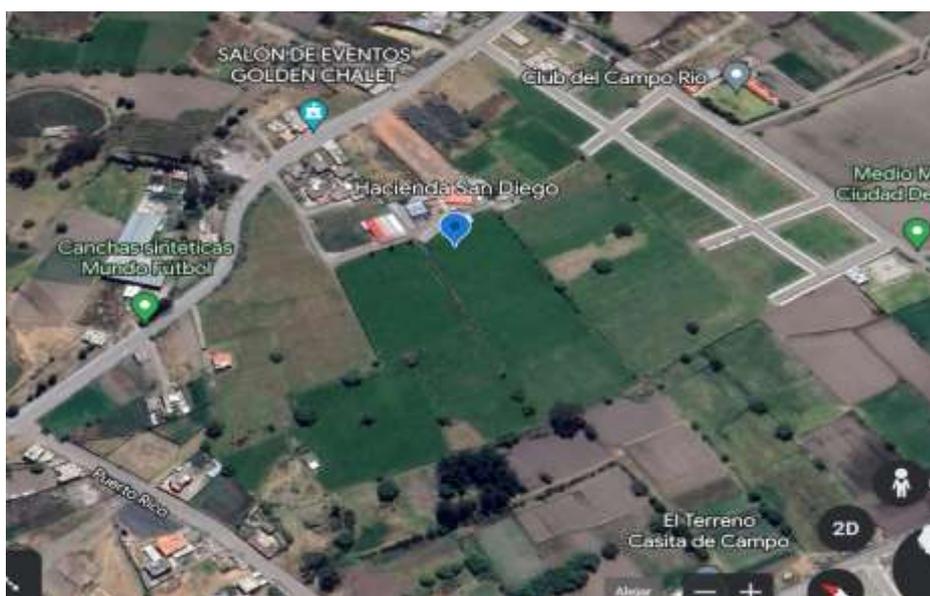
Actualmente existe un grupo de hormonas como son los estrógenos y progestágenos, gonadotropina coriónica equina, análogos de la hormona liberadora de gonadotropina y prostaglandina natural o sus análogos sintéticos, y pueden usarse para diversas sincronizaciones permitiendo controlar el ciclo estral. El protocolo más utilizado es el J- Synch que consiste en la administración de benzoato de estradiol 2 mg durante la inserción de un dispositivo intravaginal que contiene progesterona, con el objetivo de sincronizar el desarrollo folicular, se administra por vía intramuscular. El día 7 u 8 se procede a retirar el dispositivo y se aplica 1 mg de prostaglandina para inducir la luteólisis. Después de 24 horas, se aplica 1 mg de benzoato de estradiol para sincronizar la ovulación. La ovulación ocurre entre 66 y 70 horas después de la extracción del dispositivo y la inseminación artificial se realiza 52 o 56 horas después de la extracción del dispositivo intravaginal (Navarro , 2020 pág. 3).

## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización y duración del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en la hacienda San Diego, se desarrolló en un tiempo de 63 días. Está ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Maldonado, barrio Medio Mundo, presenta condiciones topográficas de 2780 m.s.n.m. a una temperatura media de 14 °C.



**Ilustración 3-1:** Ubicación de la hacienda San Diego.

**Realizado por:** Tapia M, 2023.

#### 3.2 Unidades experimentales

Para el presente trabajo experimental se utilizaron 24 hembras mestizas bovinas de segundo y tercer parto. Las vacas fueron seleccionadas de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión:

- Vacas con más de 45 días después del parto hasta 90 días post parto.
- Vacas que no han presentado celo post parto hasta 90 días.
- Vacas sometidas al mismo régimen de manejo en el área de nutrición, sanidad y medio ambiente.

### **3.3 Materiales, equipos, e instalaciones.**

#### **3.3.1 *Materiales***

- Manga de manejo
- Equipo de protección personal (overol, botas)
- Jeringas de 20 ml y 5 ml
- Minerales inyectables
- Gel para transductor
- Guantes quirúrgicos
- Guantes de palpación
- Hojas de registro para recopilación de información
- Material de oficina

#### **3.3.2 *Equipos***

- Ecógrafo BMV L 80
- Computadora personal
- Cámara fotográfica

#### **3.3.3 *Instalaciones***

- Área de manejo de ganado de la Hacienda “San Diego”

### **3.4 Tratamientos y diseño experimental**

Para el desarrollo de la presente investigación se trabajó con tres tratamientos dispuestos de la siguiente manera: T0: tratamiento testigo y dos tratamientos experimentales T1: aplicación el primer mineral inyectable, T2: aplicación del segundo mineral inyectable y de 8 repeticiones cada una, las cuales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar (DCA).

El experimento responde al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media.

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental

**Tabla 1-3:** Esquema del experimento de la aplicación de minerales inyectables comerciales.

<b>Tratamientos</b>	<b>Código</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>T.U. E</b>	<b>Rep./Trat</b>
Tratamiento control.	T0	8	1	8
Producto mineral inyectable comercial 1	T1	8	1	8
Producto mineral inyectable comercial 2	T2	8	1	8
<b>TOTAL</b>				<b>24</b>

**Nota:** TUE=Tamaño Unidad Experimental.

**Realizado por:** Tapia M, 2023.

### 3.5 Mediciones Experimentales

Las variables consideradas dentro del proceso investigativo para la evaluación de la dinámica folicular en el Hato ganadero de la Hacienda San Diego son las siguientes:

- Condición Corporal (Puntos).
- Presencia o no de cuerpos lúteos antes de la aplicación de los minerales (Si=1 o No=0).
- Número de folículos, antes y después de la aplicación de los minerales (Núm.).
- Tamaño del folículo preovulatorio (mm).
- Tamaño de los ovarios antes y después de la aplicación de los minerales inyectables comerciales (mm).
- Costo por tratamiento (\$).

### 3.6 Análisis estadísticos y separación de medias

- Análisis de Varianza (ADEVA) con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ .
- Prueba de Tukey para la separación de medias con un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$ .
- Estadística descriptiva de la condición corporal inicial, presencia o no del cuerpo lúteo, número de folículos inicial, tamaño de ovarios inicial.

**Tabla 2-3:** Esquema del ADEVA.

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>
Total	23
Tratamientos	2
Error Experimental	21

Realizado por: Tapia, M., 2023.

### **3.7 Procedimiento experimental**

- Se procedió hacer una revisión de los animales problemas, considerando que las hembras bovinas se encuentran en las mismas condiciones de manejo, alimentación, y sanidad.
- A todo el grupo seleccionado se les aplicó un procedimiento sanitario que consistió en la desparasitación con Albendazol al 25% y la aplicación de un complemento vitamínico de AD3E.
- También se realizó un procedimiento vacunatorio, con la aplicación de la vacuna reproductiva Cattle Máster Gold (Zoetis), como auxiliar en la prevención del aborto causado por la rinotraqueítis bovina (IBR, herpes virus bovino tipo 1), la contaminación persistente en terneros producida por el virus de la diarrea bovina.

#### **Tratamientos**

- Día 0: Mediante el equipo de ultrasonografía BMV L80 antes de la aplicación de minerales se realizó una ecografía para determinar las características ováricas y presencia de cuerpo lúteo a las 06h00.
- Día 5, 7, 9, 12, 14, 16: Por consiguiente, se realizó la aplicación de 20 ml de los diferentes productos minerales inyectables comerciales a las 06h00.
- Día 19: se inició un protocolo de sincronización J - Synch a las 6:00 am con la aplicación de 0,4 ml de Benzoato de estradiol (2 mg) y aplicación del dispositivo intravaginal de 1,2 g de Progesterona a todas las unidades experimentales, en el día 25: retiro del dispositivo intravaginal, y aplicación de 2 ml de D-Clorprostenol Sódico para poder determinar al día 28 el tamaño del folículo preovulatorio, así como también el tamaño ovárico.
- Día 23: se realizó un chequeo ginecológico a las 06h00 determinando la población folicular de los ovarios (número de folículos) de las 24 hembras bovinas.
- Día 28: se realizó un chequeo ginecológico para determinar el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del ovario.

- Después de la aplicación de los productos minerales se evaluaron los tratamientos haciendo una recopilación de datos y tabulando los mismos.
- Finalmente se realizó el costo de los tratamientos de esta investigación donde se llegó a determinar cuál de los dos productos minerales inyectables es el más eficiente para la reproducción de las hembras bovinas lecheras ayudándole a generar una mayor rentabilidad al productor puesto que se disminuirá los días abiertos.

### **3.8 Metodología de evaluación**

#### **3.8.1 Condición corporal (Puntos)**

Se observó de manera individual la condición corporal de cada vaca antes (Día 0) y después de los tratamientos (Día 28), en una puntuación de 1 a 5 siendo 1 la puntuación de una vaca extremadamente flaca y 5 la puntuación de una vaca obesa.

#### **3.8.2 Presencia a no de cuerpo lúteo (Si=1; No=0)**

Se reconoce la existencia o ausencia de cuerpo lúteo en vacas mayores a 45 días y menores a 90 días post parto en el día 0, antes de ingresar a los tratamientos; este procedimiento fue realizado en las primeras horas de la mañana con el uso del equipo de ultrasonido BMV L80, que presenta las imágenes mediante las ondas sonoras de alta frecuencia para identificar la presencia o ausencia del cuerpo lúteo

#### **3.8.3 Número de folículos (Núm.)**

También se utiliza el equipo de ultrasonografía para establecer el número de folículos presentes en cada uno de los ovarios: derecho e izquierdo sin discriminar si son primarios, secundarios o antrales. Se realizaron en dos ocasiones: antes de la aplicación de los tratamientos (Día 0) y después de la aplicación de minerales comerciales inyectables (Día 21), las actividades se iniciaron a las 06h00.

#### **3.8.4 Tamaño folicular preovulatorio (mm)**

Mediante el uso del equipo de ultrasonografía BMV L80, se procede a observar el folículo preovulatorio presente en el día 28, iniciando la actividad al igual que en los procesos anteriores a las 06h00.

### **3.8.5 *Tamaño de los ovarios (mm)***

Se observó de manera individual a cada vaca mayor a 45 y menor a 90 días post parto, tanto el ovario izquierdo y el ovario derecho, mediante el equipo de ultrasonografía, antes (Día 0) y después (Día 28) de la aplicación de los minerales, en horario inicial de 06h00.

### **3.8.6 *Costo por tratamiento***

Para establecer los costos de cada tratamiento aplicado, se realiza únicamente la determinación de costos directos del ensayo de campo de cada uno de los insumos y materiales utilizados en el proceso. Estos costos también se denominan costos variables ya que están con relación a la cantidad de utilizada para producir el efecto deseado en los animales.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Condición corporal de los animales sometidos al estudio antes y después de la aplicación de los tratamientos

##### 4.1.1 Condición corporal (Puntos)

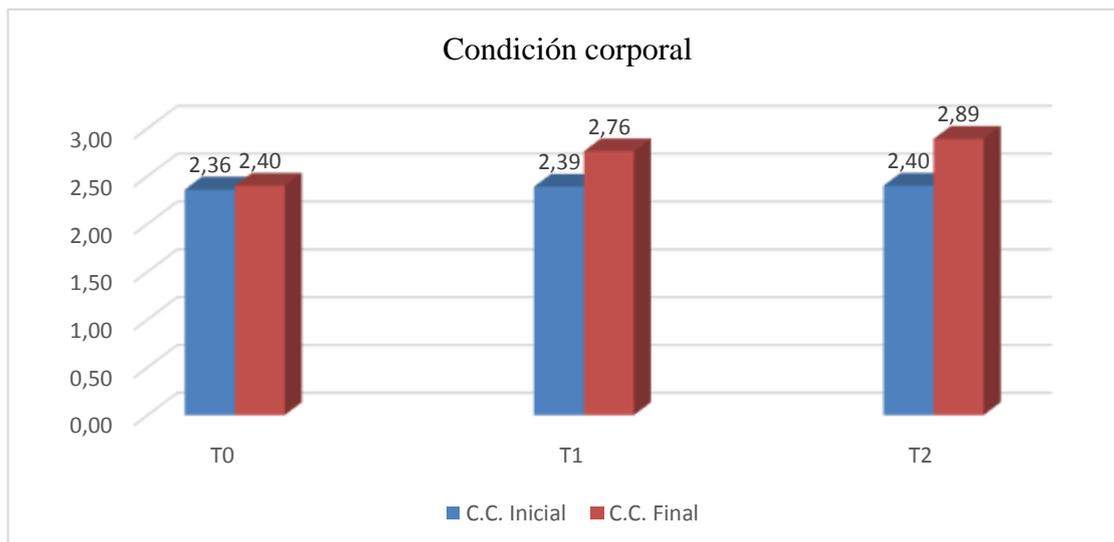
El sistema típico para el registro de la condición corporal en vacas lecheras usa la escala de 1 a 5 puntos; siendo una vaca con condición de 1 punto, se considerada emaciada es decir que el animal se encuentra extremadamente delgado, una vaca con una condición corporal de 2 puntos se considera delgada, una vaca con puntuación de 3 puntos es considerada en promedio, una condición corporal de 4 puntos quiere decir que el animal se encuentra grasoso y una puntuación de 5 puntos es una vaca que se encuentra obesa.

**Tabla 1-4:** Condición corporal inicial y final.

VARIABLES	MINERALES INYECTABLES						E. E	PROB. P-valor	Sign.
	T0		T1		T2				
C.C. Inicial	2,36		2,39		2,4		-	-	
C.C. Final	2,4	b	2,76	a	2,89	a	0,04	<0,0001	**

**Realizado por:** Tapia, M. 2023.

En la evaluación inicial de la Condición Corporal (CC) se observa que los tres grupos tienen similares valores promedios de acuerdo con la prueba estadística Tukey, donde letras iguales denotan similitud de medias en CC de las hembras bovinas de la hacienda San Diego, distribuidas en los tratamientos. Al evaluar la condición corporal al final del ensayo se determinaron diferencias estadísticamente altamente significativas  $P < 0,05$ ; observándose que los mejores resultados se presentaron en los animales del tratamiento T2 con una media de  $2,89 \pm 0,11$  puntos siendo diferente estadísticamente a T1 con una media de  $2,76 \pm 0,10$  y a T0 con una media de  $2,40 \pm 0,07$  puntos como se observa en la Tabla 3-1 y en la ilustración 3-1. Esta diferencia puede darse por la diferencia en concentración de los dos tipos de minerales comerciales inyectables aplicados en los tratamientos y la no aplicación del tratamiento control (T0).



**Ilustración 1-4:** Condición corporal inicial y final (1-5 puntos).

Realizado por: Tapia, M., 2023.

Si comparamos resultados de CC antes y después de los tratamientos se observa que los animales inician con una condición delgada donde T0 tuvo una media de  $2,36 \pm 0,07$  puntos; T1 inicia con una media de  $2,39 \pm 0,08$  puntos y T2 inicia con una media de  $2,4 \pm 0,07$  puntos y se supone que por efecto de los minerales inyectables T1 y T2 mejoran notablemente su condición de músculo y grasa; mientras que T0 que es el tratamiento control tiene una mejora mínima, que pudiera deberse a factores intervinientes relacionados con el manejo pre-ensayo que se realizaron a todos los animales seleccionados para la investigación de acuerdo con los criterios de inclusión.

Los resultados de la condición corporal según (López, 2006) en su investigación “Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein” indica que este parámetro tiene un rango de acuerdo a la etapa de lactancia y la producción de leche y una condición de cuerpo óptima en vacas pos parto debe estar por encima de 2.5 y un máximo de 3.5 puntos; por lo que se observa que las vacas de la presente investigación inician con una condición corporal por debajo del límite inferior en los tres tratamientos (media 2,383) y solo T1 y T2 alcanzan el óptimo al finalizar el ensayo; siendo T0 el que permanece bajo el rango registrado como óptimo por López.

## 4.2 Presencia o no de cuerpo lúteo antes del tratamiento utilizando ultrasonografía

### 4.2.1 Presencia o no de cuerpo lúteo (Si=1; No=0)

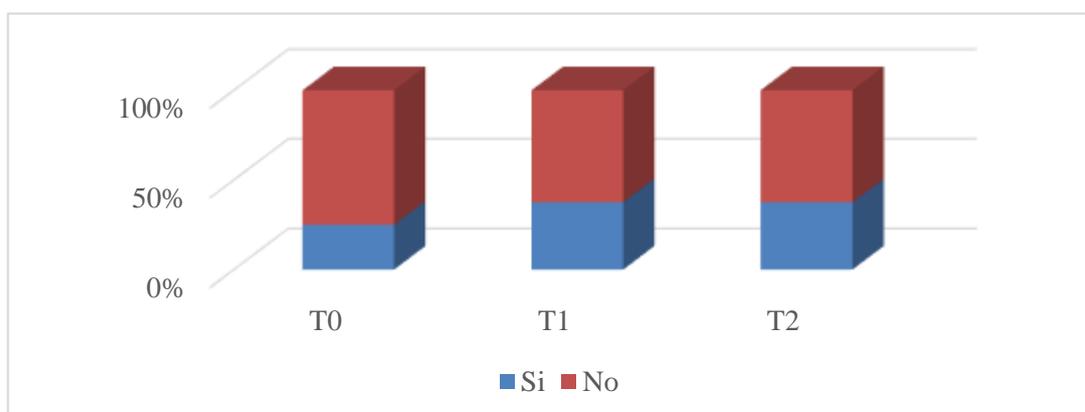
Es la estructura temporal formada después de la ovulación, en el diestro para mantener un posible embarazo en caso de que ocurra y será de mayor tamaño en vacas gestantes. La presencia o ausencia del cuerpo lúteo depende de la etapa del ciclo estral en las vacas.

**Tabla 2-4:** Frecuencia de presencia de cuerpo lúteo.

<b>Evaluación</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
Si	25%	38%	38%
No	75%	63%	63%

**Realizado por:** Tapia, M. 2023.

Para evaluar la presencia o no del cuerpo lúteo de las hembras bovinas de la hacienda San Diego se utilizó una estadística descriptiva en la cual se observó que T1 y T2 presento el mismo comportamiento con respecto a la presencia de cuerpo lúteo con el 38% de vacas chequeadas en cada caso, siendo este valor mayor al obtenido por T0 donde solo el 25% de hembras lactantes presentan cuerpo lúteo observable; lo que supondría es por efecto de los minerales inyectables comerciales utilizados en los tratamientos experimentales, la ilustración 2-4 verifica esa tendencia en forma gráfica.



**Ilustración 2-4:** Frecuencia de presencia de cuerpo lúteo.

**Realizado por:** Tapia, M. 2023.

Por lo tanto, la presencia del cuerpo lúteo según (Pérez, y otros, 2019) en su estudio “Evaluación ultrasonográfica en ganado Brown Swiss sometido a un protocolo de sincronización de celo en el altiplano peruano” representa a los suplementos alimenticios es decir que la menor presencia de cuerpos lúteos se dio en vacas con  $\geq 260$  días en lactancia que no recibían ningún suplemento alimenticio o mineral. Con relación a esta investigación antes de aplicar los minerales inyectables, los animales del T0 presentaron menor presencia de cuerpos lúteos seguido de los animales del tratamiento T2 y T1 consecutivamente.

Como señala (Roberts, 1962 pág. 815) en su investigación “Difusión ovárica en los bovinos” las vacas con cuerpos lúteos pequeños o no funcionales se da debido al bajo nivel de nutrición es por ello por lo que los minerales que se aplican en esta investigación servirán como complemento en

la dieta de vacas lecheras ya que ayudan a la parte metabólica, productiva y reproductiva del animal.

### 4.3 Número de folículos antes y después de la aplicación de los minerales inyectables comerciales.

#### 4.3.1 Número de folículos

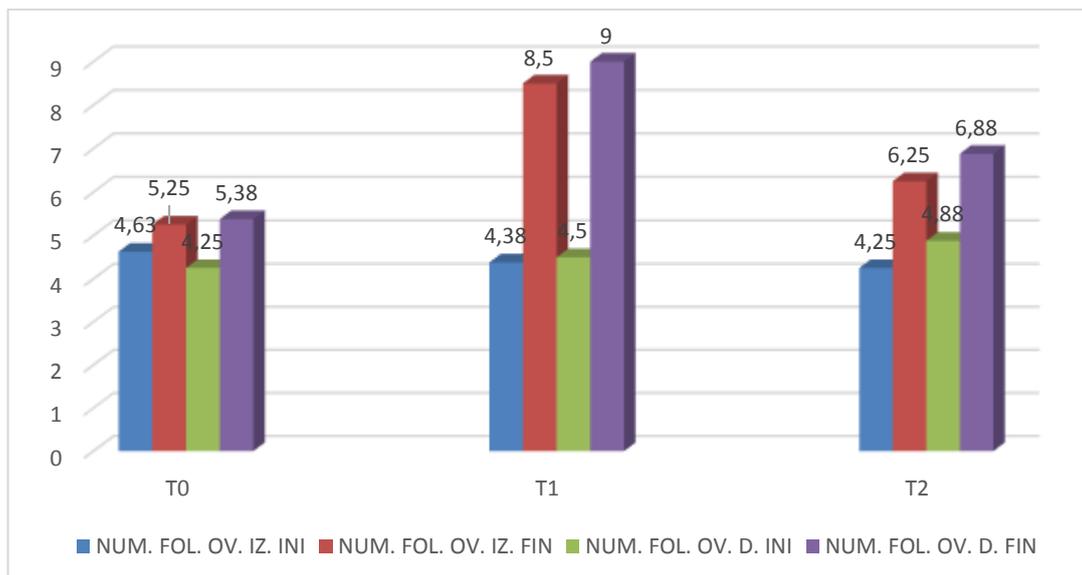
Para saber que efecto tiene la aplicación de minerales inyectables en el número de folículos del ovario izquierdo y en el número de folículos en el ovario derecho de las hembras bovinas de la hacienda San Diego, se ejecutó la evaluación estadística de la variable número de folículos del ovario izquierdo y derecho inicial y número de folículos del ovario izquierdo y derecho final, aquellas fueron evaluadas y reportaron lo siguiente:

**Tabla 3-4:** Número de folículos del ovario izquierdo y derecho.

VARIABLES	MINERALES INYECTABLES						E. E	Prob. p-valor	Sign.
	T0		T1		T2				
Núm. Fol. Ov. Iz. Ini	4,6		4,3		4,2		0,21	-	-
Núm. Fol. Ov. Iz. Fin	5,2	b	8,5	a	6,2	c	0,28	<0,0001	**
Núm. Fol. Ov. De. Ini	4,2		4,5		4,8		0,25	-	-
Núm. Fol. Ov. De. Fin	5,3	c	9	a	6,8	b	0,32	<0,0001	**

Realizado por: Tapia, M. 2023.

Es así como las vacas antes del tratamiento con minerales inyectables comerciales presentaron número de folículos similares estadísticamente entre los tres grupos formados para el experimento, donde en T0 en el ovario izquierdo tuvo un promedio de  $4,63 \pm 0,74$ , en tanto T1 estuvo con promedio de  $4,38 \pm 0,52$ , y las vacas del T2 presentaron un promedio de  $4,25 \pm 0,46$ ; similares estadísticamente entre las medias del número de folículos del ovario izquierdo de los tres tratamientos, indicado en la tabla 3-4 donde se observa similar letra que indica promedios iguales estadísticamente. En el ovario derecho al contabilizar el número de folículos antes del tratamiento con minerales las vacas del T0 presentaron un promedio de  $4,25 \pm 0,71$ , las vacas del T1 presentaron un promedio de  $4,5 \pm 0,76$  y las vacas del T2 presentaron un promedio de  $4,88 \pm 0,64$  también con promedios similares entre los tres tratamientos indicada por la separación de medias de Tukey donde letras iguales corresponden a igualdad de medias.



**Ilustración 3-4:** Número de folículos de cada ovario antes y después del experimento.

**Realizado por:** Tapia M, 2023.

Al final del estudio con el uso de minerales comerciales inyectables, los resultados cambiaron de manera positiva en los tratamientos experimentales (T1 y T2); mientras en el tratamiento control (T0) no se mostró una variación numérica notable en relación al número de folículos contabilizados al inicio; así: para el conteo de número de folículos del ovario izquierdo T0 tuvo en promedio  $5,25 \pm 1,03$  folículos, mientras T1 se tuvo el mejor promedio con  $8,5 \pm 0,76$  unidades contabilizadas y en el T2 el promedio fue de  $6,25 \pm 0,46$ ; siendo entonces T1 el de mayor incremento de número de folículos del ovario izquierdo. En lo que se refiere al conteo de folículos en el ovario derecho T0 incrementó su numeración en forma mínima, ya que el promedio fue de  $5,38 \pm 1,30$ ; en cambio en T1 se tuvo un promedio de  $9 \pm 0,26$  y en el T2 se tuvo un promedio de  $6,88 \pm 0,35$ , confirmando que los minerales inyectables pudieron tener efecto positivo también en el incremento de número de folículos en los ovarios derechos de los tratamientos T1 y T2.

Se determina en conclusión que el T1 es el que mayor eficacia tuvo en el conteo de folículos tanto en ovario izquierdo como en el ovario derecho a un  $p \leq 0,05$  y que difieren estadísticamente de T2 y T0 a un nivel de significancia alta, como se observa en la ilustración 3-4 y en la tabla 3-4, donde las letras similares significan medias iguales y las letras diferentes determinan contraste de medias; ya que al concluir la investigación se observa un crecimiento mayor con respecto al número de folículos, este crecimiento en los folículos puede deberse a la aplicación de los minerales inyectables.

Con respecto a (Alfaro, 2017) en su investigación “Dinámica folicular en vacas criollas al pastoreo en la zona altoandina de Ayacucho” se puede apreciar que el número de folículos observados da

un promedio de  $5,05 \pm 0,97$  unidades, con la presencia de 8 folículos como máximo y 3 folículos como mínimo; resultados que difieren a los obtenidos en el presente estudio donde la cantidad de folículos antes del ensayo es menor en promedio al estudio de Alfaro y al terminar el ensayo este número es superior a lo reportado por dicho autor. Al igual que (Quispe, y otros, 2013) quien en su investigación “Estudio ultrasonografía de la dinámica folicular en vacas Brown Swiss en el altiplano peruano” observa de 5 a 6 folículos en los ovarios, que se reconoce una similitud al presenta estudio del promedio de número de folículos existentes tanto en el ovario izquierdo como en el ovario derecho al inicio de la investigación.

#### 4.4 Tamaño ovárico de las vacas antes y después del tratamiento.

##### 4.4.1 Tamaño de ovarios (mm)

Para saber que efecto tiene la aplicación de minerales inyectables en el tamaño del ovario izquierdo y el tamaño del ovario derecho de las hembras bovinas de la hacienda San Diego, se ejecutó la evaluación estadística de la variable tamaño de ovario inicial y tamaño de ovario final, aquellas fueron evaluadas y reportaron lo siguiente:

En el primer chequeo ginecológico, antes de la aplicación de los tratamientos experimentales los valores de los tres grupos no presentaron diferencias estadísticas significativas de las medias entre ellos; así: T1 al primer chequeo ecográfico antes de la aplicación de los minerales presenta en el ovario izquierdo un promedio de  $22,38 \pm 1,5$  mm y en el ovario derecho un promedio de  $23,13 \pm 0,99$  mm, en tanto T2 al primer chequeo presenta en el ovario izquierdo un promedio de  $22,13 \pm 0,83$  mm y en el ovario derecho un promedio de  $22,75 \pm 1,16$  mm.

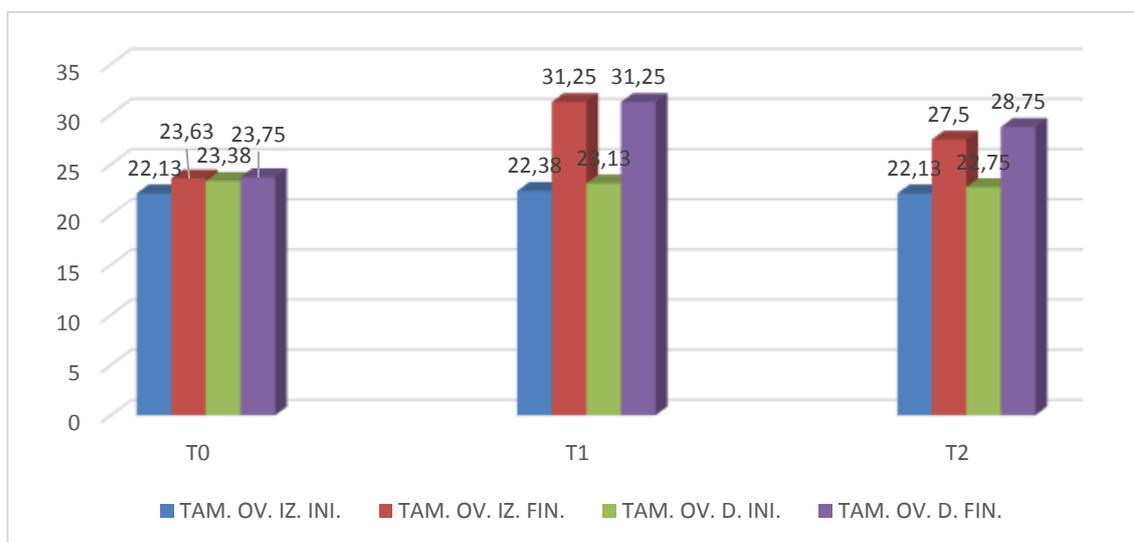
**Tabla 4-4:** Tamaño de ovarios derecho e izquierdo (mm).

VARIABLES	MINERALES INYECTABLES						E. E	PROB. P-valor	Sign.
	T0		T1		T2				
Tam. Ov. Iz. Ini.	22,13		22,4		22,1		-	-	-
Tam. Ov. Iz. Fin.	23,63	c	31,3	a	27,5	b	0,37	<0,0001	**
Tam. Ov. De. Ini.	23,38		23,1	a	22,8		-	-	-
Tam. Ov. De. Fin.	23,75	c	31,3	a	28,8	b	0,35	<0,0001	**

**Realizado por:** Tapia, M. 2023.

Para el tamaño del ovario izquierdo final de las hembras bovinas de la hacienda San Diego se obtuvo diferencias estadísticas altamente significativas  $p \leq 0,05$ ; observándose que el mejor

resultado se presentó en el T1 con una media de  $31,25 \pm 1,03$  mm; seguido del T2 con una media de  $27,5 \pm 1,41$  mm; y al final T0 con una media de  $23,63 \pm 0,5$  mm. En tanto T1 presenta diferencias significativas en relación con T0 y T2, por lo que se determina que T1 tiene mayor efectividad en cuanto al tamaño ovárico del ovario izquierdo.



**Ilustración 4-4:** Tamaño de ovarios al inicio y final de la aplicación de los diferentes minerales inyectables.

**Realizado por:** Tapia M, 2023.

Para el tamaño del ovario derecho final de las hembras bovinas de la hacienda San Diego se obtuvo diferencias estadísticamente significativas  $p \leq 0,05$ , observándose también que el mejor resultado se presentó en el T1 con una media de  $31,25 \pm 1,03$  mm; seguido del T2 con una media de  $28,75 \pm 1,03$  mm; y T0 con una media de  $23,75 \pm 0,88$  mm. También en el ovario derecho T1 presenta los mejores resultados estadísticos en cuanto al tamaño del ovario en relación con T0 y T2. Se observa que el tratamiento T1 es de mejor comportamiento al ser aplicado en forma inyectable los minerales comerciales, como se observa en la tabla 4-4, donde las letras similares significan medias iguales y las letras diferentes determinan contraste de medias; sin embargo T2 también mostro que puede ayudar de manera general a la parte reproductiva del animal específicamente en los ovarios, la ilustración 4-4 esquematiza dichas mejoras en el tamaño de los ovarios izquierdo y derecho de las vacas sometidas a experimentación en la Hacienda San Diego.

(Sanín, 2014) en su libro “Reproducción de la vaca” menciona que los ovarios de las vacas son ovalados y de una estructura densa. Sin embargo, la forma, la estructura, el tamaño y la actividad de este variará dependiendo de la edad, condición corporal, número de partos y condición fisiológica del animal. Con respecto a ello el tamaño y la estructura del ovario depende además del manejo nutricional que se les brinde a las hembras reproductoras ya que necesitan fuentes de

minerales y vitaminas que ayuden en la parte reproductiva y productiva del animal. Como afirma (Costales, 2015) en su investigación “Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo en vacas con la utilización de tres niveles de cardo-amino-fosfo-quelatos” los animales que presentan deficiencia de minerales pueden tener consecuencias grandes como problemas reproductivos y grandes pérdidas económicas para el ganadero.

Citando a (Gómez, y otros, 2006) en su estudio “Tamaño y forma de los ovarios y del cérvix de hembras Cebú de cuba y sus relaciones con la eficiencia reproductiva” manifiesta que el ovario izquierdo tuvo un promedio de  $3,0 \pm 0,98$  cm ( $30 \pm 9,8$  mm) y el ovario derecho tuvo un promedio de  $3,3 \pm 0,97$  cm ( $33 \pm 9,7$  mm) y de acuerdo a esta investigación los resultados son similares en el T1 ya que en el ovario izquierdo presenta un promedio de  $31,25 \pm 1,03$  mm y en el ovario derecho presenta un promedio de  $31,25 \pm 1,03$  mm.

#### 4.5 Tamaño del folículo preovulatorio de las vacas en celo sometidas a los tratamientos.

##### 4.5.1 Tamaño del folículo preovulatorio

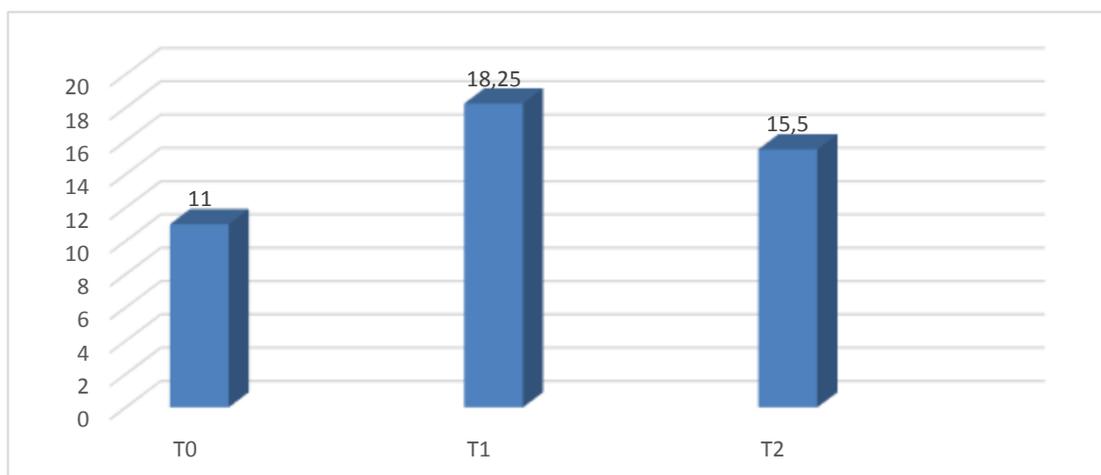
Para saber que efecto tiene la aplicación de minerales inyectables en el tamaño del folículo preovulatorio de las hembras bovinas de la hacienda San Diego, se ejecutó la evaluación estadística de la variable tamaño del folículo preovulatorio, aquellas fueron evaluadas y reportaron lo siguiente:

**Tabla 5-4:** Tamaño del folículo preovulatorio (mm).

VARIABLES	MINERALES INYECTABLES						E. E	PROB. P-valor	Sign.
	T0		T1		T2				
Tam. Fol. Pre. Ovulatorio	11	c	18,3	a	15,5	b	0,54	<0,0001	**

Realizado por: Tapia M, 2023.

Para el tamaño del folículo preovulatorio de las hembras bovinas de la hacienda San Diego se obtuvo diferencias estadísticamente significativas  $p \leq 0,05$ ; observándose que el mejor resultado se presentó en el T1 con una media de  $18,25 \pm 1,67$  mm; seguido del T2 con una media de  $15,5 \pm 1,77$  mm; y T0 con una media de  $11 \pm 1,06$  mm. En tanto T1 presenta diferencias significativas en relación con T0 y T2. Por lo T1 tiene mayor efectividad en cuanto al tamaño del folículo preovulatorio. Como se observa en la ilustración 5-4 y en la tabla 5-4 donde las letras similares significan medias iguales y las letras diferentes determinan contraste de medias.



**Ilustración 5-4:** Tamaño del folículo preovulatorio (mm) al final del estudio.

**Realizado por:** Tapia M, 2023.

Teniendo en cuenta a (Vergara, 2005) en su estudio “Relación entre el diámetro del folículo preovulatorio y el porcentaje de preñez en ganado lechero” obtiene un resultado promedio de 14,38 mm con diferencias de ( $P < 0,05$ ), presenta también 3 categorías en las que el diámetro de los folículos pequeños fue  $< 12$  mm, los folículos preovulatorios medianos fueron de 12.1 a 16 mm y los folículos preovulatorios grandes fueron de  $> 16$  mm. Por tanto, los resultados resultan similares a los de esta investigación, ya que las vacas del T1 presentaron un promedio de  $18,25 \pm 1,66$  mm de diámetro del folículo preovulatorio en relación con el T0 con un promedio de  $11 \pm 1,07$  mm y T2 con un promedio de  $15,5 \pm 1,77$  mm.

Por otro lado, según (López, 2006) en su estudio “Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein” fundamenta que los animales con restricción alimenticia obtienen un diámetro del folículo dominante de 10,5 mm Vs 15,8 mm. Por lo que en esta investigación resulta que los minerales inyectables aplicados pueden contribuir en la alimentación y la reproducción mejorando el desarrollo del folículo preovulatorio en vacas lecheras mestizas.

#### 4.6 Costos por tratamientos

Se determina la cantidad y el costo de cada uno de los insumos y materiales directos utilizados en el ensayo, como son: los minerales inyectables comerciales utilizados en cada tratamiento en el día 0; luego los costos unitarios de los insumos y materiales utilizados para la sincronización y el uso de materiales para los chequeos ginecológicos realizados durante todo el ensayo. Se excluye de este costo directo la mano de obra especializada y los equipos utilizados ya que se requiere conocer los costos directos del estudio de campo.

Los materiales utilizados durante todo el proceso y para todas las vacas incluidas en la investigación, son: guantes de diferentes tipos, jeringas de diferentes volúmenes, agujas hipodérmicas, entre otros; también se considera los insumos utilizados para la sincronización de celo de los animales; mientras que los minerales comerciales inyectables únicamente se incluyen en cada tratamiento experimental donde se utilizó, por lo que hay una ventaja económica en el tratamiento control que no utiliza dichos productos.

Se observa en la tabla 6-4 que T0 obtuvo un gasto total de \$ 99,27 por los productos e insumos utilizados para la sincronización y los chequeos ginecológicos durante todo el proceso, lo que establece un valor de \$ 12,42 por vaca; siendo el menor valor de entre los tres tratamientos por las razones ya mencionadas. En tanto T1 tuvo un costo total del tratamiento de \$ 224,57 debido al costo del producto mineral inyectable comercial, lo que significa un costo/vaca de \$ 28,07; mientras que en T2 se gastó \$243,77 que implica un costo individual de \$ 30,47 por unidad experimental. Se observa en la tabla 6-4 que, entre los tratamientos con minerales comerciales, los valores económicos de T1 es mejor que los costos de T2.

**Tabla 6-4:** Costo de cada tratamiento.

MINERALES INYECTABLES								
Concepto	Unidad	Cant/Dosis x vaca	Precio Unitario	Total dosis (ml)	U.E.	T0	T1	T2
Calfosvit Se	ml	20	\$0,12	960	8		\$115,20	
Thoromangan	ml	20	\$0,14	960	8			\$134,40
<b>SUBTOTAL</b>						0	\$115,20	\$134,40
SINCRONIZACION								
Concepto	Unidad	Cant/Dosis x vaca	Precio Unitario	Total dosis (ml)	U.E.	T0	T1	T2
Dispositivo intravaginal	Unidad	1	\$8,40			\$67,20	\$67,20	\$67,20
Benzoato de estradiol	ml	0,6	\$0,15		24	\$1,20	\$1,20	\$1,20
Prostaglandina	ml	2	\$2,08			\$16,64	\$16,64	\$16,64
Caja jeringas x 5 ml	Caja	1	\$8,00			\$2,67	\$2,67	\$2,67
<b>SUBTOTAL</b>						<b>\$87,71</b>	<b>\$87,71</b>	<b>\$87,71</b>
MATERIALES								
Concepto	Unidad	Cant/Dosis x vaca	Precio Unitario	Total dosis (ml)	U.E.	T0	T1	T2
Caja jeringas x 20 ml	Caja	1	\$10,00					
Caja agujas 18 x 1"	Caja	2	\$10,00					
<b>SUBTOTAL</b>							<b>\$10,00</b>	<b>\$10,00</b>
CHEQUEOS GINECOLÓGICOS								
Concepto	Unidad	Cant/Dosis x vaca	Precio Unitario	Total dosis (ml)	U.E.	T0	T1	T2
Caja de guantes ginecológicos	Unidad	1	\$14,00		24			
Gel	Galón	1	\$13,00					
Caja de guantes de látex	Unidad	1	\$8,00					
<b>SUBTOTAL</b>						<b>\$11,67</b>	<b>\$11,67</b>	<b>\$11,67</b>
<b>COSTO TOTAL</b>						<b>\$99,37</b>	<b>\$224,57</b>	<b>\$243,77</b>
<b>COSTO/VACA</b>						<b>\$12,42</b>	<b>\$28,07</b>	<b>\$30,47</b>

Realizado por: Tapia M, 2023.

## CONCLUSIONES

Luego de examinar los resultados obtenidos en esta investigación se exponen las siguientes conclusiones:

- Se evaluó la condición corporal (CC) de las vacas inmersas en el estudio con una calificación de 1 a 5 puntos de acuerdo con el esquema de evaluación de Edmonson antes y después de los tratamientos, concluyendo que los tres tratamientos iniciaron con puntajes de CC iguales estadísticamente, pero T2 con una media de  $2,89 \pm 0,11$  puntos presentaron una mejora en la CC al final del ensayo en relación con los tratamientos T0 y T1 a un nivel de significancia  $p \leq 0,05$  post aplicación de los minerales.
- La estadística descriptiva mediante la medición de frecuencias determinó que la presencia de cuerpo lúteo en las vacas chequeadas con el equipo de ultrasonografía es baja, así en T1 y T2 había presencia de cuerpo lúteo antes de la aplicación de los minerales en un 38% para cada grupo; mientras que T0 observó menor presencia de cuerpo lúteo con un 25% de vacas. Es decir, en la mayoría de las vacas en todos los tratamientos no había la presencia de cuerpo lúteo.
- Para el número de folículos a través de ultrasonografía se presentó diferencias estadísticamente significativas  $P \leq 0,05$  post aplicación de los minerales, observándose que el mejor resultado se presentó en los animales del tratamiento T1 tanto en las medias del ovario izquierdo como en el derecho; el T1 del ovario izquierdo presenta una media de  $8,5 \pm 0,75$  y el T1 del ovario derecho presenta una media de  $9 \pm 0,27$ .
- Se determinó el tamaño del ovario izquierdo donde se obtuvo diferencias estadísticamente significativas  $P \leq 0,05$ ; observándose que el mejor resultado se presentó en el T1 con una media de  $31,25 \pm 1,03$  mm así mismo en el ovario derecho se obtuvo diferencias estadísticamente significativas  $P \leq 0,05$ , observándose que el mejor resultado se presentó en el T1 con una media de  $31,25 \pm 1,03$  mm.
- Se valoró el tamaño del folículo preovulatorio de las vacas en celo sometidas a los tratamientos en el cual se obtuvo diferencias estadísticamente significativas  $P \leq 0,05$ ; observándose que el mejor resultado se presentó en el T1 con una media de  $18,25 \pm 1,67$  mm.
- Al analizar los costos de aplicación de minerales inyectables comerciales en los tratamientos experimentales (T1 y T2) se establece que el de mejor costo de aplicación es el T1 y que el

costo por animal es de \$ 28,07, mientras que en T2 se realizó un gasto por vaca de \$ 30,47. Los costos del tratamiento control (T0) únicamente fueron de insumos para los chequeos y la sincronización y establece un costo de \$12,42 por vaca.

## RECOMENDACIONES

- Revisar la condición corporal de las vacas como una práctica de manejo periódica dentro del hato para evitar anestros luego del parto y sobre todo en el pico de lactancia, ya que si los animales presentan valores menores a 2,5 es necesario recuperarlos inicialmente con alimentación balanceada y posteriormente realizar un tratamiento específico para aquellas vacas que no han logrado recuperarse adecuadamente, considerando la ingesta de minerales y las carencias que pudieran presentarse,
- La nutrición mineral y vitamínica es fundamental en el manejo reproductivo de las hembras bovinas ya que permitirá mantener ovarios funcionales que cumplan con un ciclo adecuado de los folículos desde el reclutamiento, la selección, el desarrollo y la ovulación que es la dinámica folicular óptima que se requiere, permitiendo al ecografista tomar decisiones para obtener indicadores reproductivos adecuados en el hato.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AGROCOR.** "*Curso teórico práctico de inseminación artificial en bovinos*". Sitio Argentino de Producción Animal. [En línea] 2005. [Citado el: 04 de Junio de 2023.], disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/36-curso\\_teorico\\_practico\\_ia.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/36-curso_teorico_practico_ia.pdf).
2. **AGROVET M.** "*Enfermedad quística ovárica en el ganado lechero, Quistes ováricos en el ganado lechero*". [En línea] 18 de Mayo de 2022. [Citado el: 30 de Mayo de 2023.] disponible en: <https://blog.agrovetmarket.com/quistes-ovaricos-ganado-lechero/>.
3. **ALFARO, M.** "*Dinámica folicular en vacas criollas al pastoreo en la zona altoandina de Ayacucho*". Lima.: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017. Tesis de Maestría.
4. **ANDRADE, J.** "*Quistes ováricos en bovinos*". Revista Colombia Ciencias Pecuarias. 1997, Vol. 10, 2.
5. **ARIAS, R, Y OTROS.** "*Seguimiento reproductivo de vacas multíparas servidas a los 15 meses de edad*". Revista Veterinaria Argentina. 2018, Vol. XXXV, 365.
6. **BARRAGAN, A; SANDEEN, A.** "*Reproducción en vacas lecheras, Anatomía y función de la vaca lechera*". PennStateExtension. [En línea] 19 de Octubre de 2020. [Citado el: 05 de Junio de 2023.] <https://extension.psu.edu/reproduccion-en-vacas-lecheras-101-anatomia-y-funcion-de-la-vaca-lechera>.
7. **CAMPOS, R; HÉRNANDEZ, E.** "*Efectos de la nutrición sobre las alteraciones del celo en vacas*". [En línea] 15 de Abril de 2018. [Citado el: 30 de Mayo de 2023.] disponible en: <https://zoovetesmpasion.com/ganaderia/alimentacion-bovina/como-la-nutricion-causa-alteraciones-del-celo-en-vacas>.
8. **CARVAJAL, A.** "*El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva*". Intituto de investigaciones agropecuarias. 2020, 246.
9. **CASTELLI, M.** "*Deficiencia de cobre en bovinos: algunas preguntas y respuestas*". Sitio Argentino de Producción Animal. 2011, 319.

10. **CORRIE, F.** "*El yodo y la ganadería*". London : s.n., 1992.
11. **COSTALES, C.** "*Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo en vacas con la utilización de tres niveles de cardo-amino-fosfo-quelatos*". Riobamaba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015. Tesis de pregrado.
12. **FAZZIO, L, Y OTROS.** "*Metabolismo y deficiencia de zinc en bovinos*". Universidad Nacional de la Plata. La Plata. Argentina : Analecta Veterinaria, 2008. 0365-5148.
13. **FILIPAK, Y, VIQUEIRA, M Y BIELLI, A.** "*Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos*". 2016, Vol. 52, 202.
14. **FLÓREZ, H.** "*Requerimientos y recomendaciones de suplementación con minerales en bovinos*". [ed.] CORPOICA. Colombia : La libertad, 2012.
15. **FRANCO, J; URIBE, L.** "*Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas rumiantes*". Biosalud. 2012, Vol. 11.
16. **FRAILE, O.** "*Importancia de los minerales en la producción bovina lechera*". Universidad Técnica de Babahoyo. [En línea] 2021. [Citado el: 09 de noviembre de 2023] disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10303/E-UTB-FACIAG-MVZ-000046.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. **FRICKE, P; SHAVER, R.** "*Manejando transtornos reproductivos en vacas lecheras*". 2016.
18. **GARCÍA, E.** "*Maduración del ovocito*". Revisión bibliográfica. [En línea] 2008. [Citado el: 30 de Mayo de 2023.] disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10850/egr03de10.pdf;jsessionid=386B987C760718FB0F7843F2034DCA51?sequence=3>.
19. **GLOOBE, H.** "*Anatomía aplicada del bovino*". [ed.] Intituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Primera. San José : IICA, 1989. 929039160-X.
20. **GÓMEZ, C; FERNÁNDEZ, M.** "*Minerales para mejorar producción de leche y fertilidad en vacas lecheras*". Universidad Nacional Agraria La Molina. [En línea] 2021. [Citado el:

01 de Junio de 2023.] disponible en: <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2021/05/MINERALES-PARA-MEJORAR-PRODUCCION-DE-LECHE-Y-FERTILIDAD-EN-VACAS-LECHERAS-.pdf>.

21. **GÓMEZ, L; OTROS.** "*Tamaño y forma de los ovarios y del cervix de hembras Cebu de cuba y sus relaciones con la eficiencia reproductiva*". Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. 2006, Vol. VII, 3, págs. 1-12.
22. **GÓMEZ, R, DEL CAMPO, M; GONZÁLES, M.** "*Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina*". [ed.] Universidad de Sucre. Revista Colombiana de Ciencia Animal. 2019, Vol. 11, 1.
23. **GÓNGORA, A; HERNÁNDEZ, A.** "*El posparto en la vaca*". Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2007, Vol. 54, 1, págs. 25-42.
24. **GRIGERA, J; BARGO, F.** "*Evaluación del estado corporal en vacas lecheras*". Sitio de la Producción Animal. El Sitio de la Producción Animal, 2005.
25. **HERNÁNDEZ, J. 2017.** "*Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros*". Coyoacán : Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2017.
26. **PÁRAMO, R.** "*Manual de la materia: Práctica de profundización en reproducción animal*" (Manejo reproductivo en bovinos lecheros). [En línea] 2013. disponibles en: [https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales\\_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20Animal%20\(Bovinos%20Lecheros\).pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20Animal%20(Bovinos%20Lecheros).pdf).
27. **HERNÁNDEZ, J.** "*El fósforo en la vaca lechera*". Sitio Argentino de Producción Animal. 2004.
28. **INIA.** "*Recuento de folículos antrales y concentraciones de hormona anti-mulleriana: dos potenciales herramientas de selección de reemplazo*". Montevideo : Unidad de comunicación y transferencia de tecnología de INIA, 2019. 978-9974-38-420-0.
29. **INTAGRI.** "*Características reproductivas de la hembra bovina*". [En línea] 2018. [Citado el: 05 de Junio de 2023.] disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/caracteristicas-reproductivas-de-la-hembra->



40. **MUFARREGE, D.** "*El magnesio en la alimentación del ganado bovino para carne*". Sitio Argentino de Producción Animal. 2001, 354.
41. **GUILLERMO, A.** "*Hierro y el Manganeso en la alimentación del ganado de carne en la región NEA*". Sitio Argentino de Producción Animal. 2003, 276.
42. **GUILLERMO, A.** "*Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la argentina*". Sitio Argentino de Producción Animal. 1999.
43. **MUFARREGE, D; AGUILAR, E.** "*Suplementación con Zinc de los bovinos para carne en laprovincia de corrientes*". Sitio Argentino de Producción Animal. 2001, 348.
44. **NAVARRO, L.** "*Evaluación del desempeño reproductivo en dos categorías de hembras cruza indica con protocolo convencional y J-Synch*". IRAC. 2020.
45. **OTALVARO, D; TOQUICA, M.** "*Influencia de los minerales en procesos reproductivos en hembras bovina*"s. 2020.
46. **PÉREZ, URI; OTROS.** "*Evaluación ultraconográfica en ganado Brown Swiss sometido a un protocolo de sincronización de celo en el altiplano peruano*". Revista Inv Vet Perú. 2019, Vol. 30.
47. **PITTALUGA, O.** "*Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en uruguay*". Montevideo : Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA, 2009. 978-9974-38-272-5, 2009.
48. **PORTILLA, ELMER; OTROS.** "*Relación calcio, fosforo, magnesio y selenio sobre la reproducción en vacas lecheras durante el periodo de transición*". Revista Colombiana de Ciencia Animal. RECIA, 2021, Vol. 13, 2.
49. **QUISPE, A; OTROS.** "*Estudio ultrasonografía de la dinámica folicular en vacas Brown swiss en el altiplano peruano*". Revista Spermova. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, 2013, Vol. 3, 1.
50. **RANGEL, L; OTROS.** "*Manual de prácticas de reproducción animal*". México : DCV F. Abril Braulio Ortiz, 2009. 978-607-02-0401-2.

51. **RESTREPO, G.** "*Reactivación ovárica postparto en bovinos*". Rev.Fac.Nal.Medellín. 2001, Vol. 54, 1y2, págs. 1285-1302.
52. **ROBERTS, S.** "*Disfusión ovárica en los bovinos*". Bogotá : Facultad de medicina veterinaria y de zootecnia, 1962.
53. **RODRÍGUEZ, LUIS; OTROS.** "*Efecto de suplementos minerales orales e inyectables en el desarrollo morfológico ode novillas cruzadas*". 2020. 2215-3527.
54. **ROSETO, R; POSADA, S.** *Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo*". Antioquia : Biogénesis, 2016. 978-958-8947-81-5.
55. **SALVETTI, N, REY, F Y ORTEGA, H.** "*Enfermedad quística ovárica bovina*". Revista FAVEC - Ciencias Veterinarias. 2007, Vol. 6, 1-2.
56. **SANÍN, Y.** "*Reducción de la vaca*". [ed.] Margarita Zapata. Medellín : Corporación Universitaria Remington, 2014. Vol. 1. 978-958-58070-5-1.
57. **SANZ, M.** "*Dinámica folicular en vacas nodrizas sometidas a condiciones nutricionales y de manejo del ternero diferentes. Factores de explotación asociados a la duración del anestro postparto*". Universidad de zaragoza. Zaragoza : s.n., 2000. Tesis.
58. **SCHINGOETHE, D; OTROS.** "*El azufre en los granos de destilería paraa alimentación de ganado lechero*". Sitio Argentino de Producción Animal. 2011, 48.
59. **SEPÚLVEDA, A.** "*Anatomía reproductiva de la vaca*". BovinosVirtual.con. [En línea] 2019. [Citado el: 26 de Mayo de 2023.] disponible en: [https://www.academia.edu/17955879/ANATOMIA\\_REPRODUCTIVA\\_DE\\_LA\\_VACA](https://www.academia.edu/17955879/ANATOMIA_REPRODUCTIVA_DE_LA_VACA).
60. **UDINA, A.** "*Necesidades de potasio (K+) en la alimentación de vacuno de leche y su efecto en la biohidrogenación de las grasas en el rumen y en el aumento de la grasa en leche*". Timac AGRO. 2021, 25.
61. **VALDERRAMA, F.** "*La energía y su importancia y su importancia en el desempeño r tancia en el desempeño reproductivo oductivo de vacas lecheras*". Bogotá : Universidad de la Salle, 2019.

62. **VARÓN, L.** *"Identificación de múltiples causas en el síndrome de vacas repetidoras de celo"*. Universidad Cooperativa de Colombia. 2018.
63. **VERGARA, Y.** *"Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio y el porcentaje de preñez en ganado lechero"*. Zamorano : Zamorano Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, 2005. Tesis de Pregrado.

## ANEXOS

### ANEXO A: ADEVA.

#### a. CONDICIÓN CORPORAL (PUNTOS)

##### - Condición corporal final

Variable	N	R	Aj	C.V	
CC FINAL	24	0,83	0,82	3,70	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	1,03	2	0,51	51,91	<0,0001
Error	0,21	21	0,01		
Total	1,23	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS= 0,12528					
Error: 0,0099	gl: 21				
TRAT	Medias	n	E. E		
T2	2,89	8	0,04	A	
T1	2,76	8	0,04	A	
T0	2,4	8	0,04		B

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

#### b. NÚMERO DE FOLÍCULOS DEL OVARIO DERECHO E IZQUIERDO (NÚM.)

##### - Número de folículos del ovario izquierdo final

Variable	N	R	Aj	C.V	
NUM.FOL.OV.IZ.FIN	24	0,77	0,75	11,80	
Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	44,33	2	22,17	35,81	<0,0001
Error	13	21	0,62		
Total	57,33	23			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS= 0,99159					
Error: 0,6190	gl: 21				
TRAT	Medias	n	E. E		
T1	8,5	8	0,28	A	
T2	6,25	8	0,28		B

T0	5,25	8	0,28			C
----	------	---	------	--	--	---

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

- **Número de folículos del ovario derecho final**

Variable	N	R	Aj	C.V	
NUM.FOL.OV.IZ.FIN	24	0,76	0,74	12,61	
<b>Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	53,08	2	26,54	33,28	<0,0001
Error	16,75	21	0,8		
Total	69,83	23			

<b>Test: Tukey Alfa=0,05 DMS= 1,12555</b>					
Error: 0,7976	gl: 21				
TRAT	Medias	n	E. E		
T1	9	8	0,32	A	
T2	6,88	8	0,32		B
T0	5,38	8	0,32		C

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

c. **TAMAÑO DE OVARIOS (DERECHO E IZQUIERDO) (mm).**

- **Tamaño de Ovario izquierdo final**

Variable	N	R	Aj	C.V	
TAM.OV.IZ.INI	24	0,91	0,9	3,84	
<b>Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	232,58	2	116,29	104,48	<0,0001
Error	23,38	21	1,11		
Total	255,96	23			

<b>Test: Tukey Alfa=0,05 DMS= 1,32964</b>					
Error: 1,1131	gl: 21				
TRAT	Medias	n	E. E		
T1	31,25	8	0,37	A	
T2	27,5	8	0,37		B
T0	23,63	8	0,37		C

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

- **Tamaño de ovario derecho final**

Variable	N	R	Aj	C.V	
TAM.OV.D.FIN	24	0,92	0,91	3,54	
<b>Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	233,33	2	116,67	119,51	<0,0001
Error	20,5	21	0,98		
Total	253,83	23			

<b>Test: Tukey Alfa=0,05 DMS= 1,24519</b>					
Error: 0,9762	gl: 21				
TRAT	Medias	n	E. E		
T1	31,25	8	0,35	A	
T2	28,75	8	0,35		B
T0	23,75	8	0,35		C

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

**d. TAMAÑO DEL FOLÍCULO PREEVULATORIO (mm).**

Variable	N	R	Aj	C.V	
TAM.OV.IZ.INI	24	0,81	0,79	10,29	
<b>Cuadro de análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRAT	214,33	2	107,17	45,46	<0,0001
Error	49,5	21	2,36		
Total	263,83	23			

<b>Test: Tukey Alfa=0,05 DMS= 1,93491</b>					
Error: 2,3571	gl: 21				
TRAT	Medias	n	E. E		
T1	18,25	8	0,54	A	
T2	15,5	8	0,54		B
T0	11	8	0,54		C

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

## ANEXO B: ESTADISTICA DESCRIPTIVA.

### CONDICION CORPORAL INICIAL

T0	
Media	2,3625
Error típico	0,02630521
Mediana	2,35
Moda	2,3
Desviación estándar	0,07440238
Varianza de la muestra	0,00553571
Curtosis	-0,1515088
Coefficiente de asimetría	0,8237683
Rango	0,2
Mínimo	2,3
Máximo	2,5
Suma	18,9
Cuenta	8

T1	
Media	2,3875
Error típico	0,02950484
Mediana	2,4
Moda	2,4
Desviación estándar	0,0834523
Varianza de la muestra	0,00696429
Curtosis	-1,391716
Coefficiente de asimetría	0,27652832
Rango	0,2
Mínimo	2,3
Máximo	2,5
Suma	19,1
Cuenta	8

T2	
Media	2,4
Error típico	0,02672612
Mediana	2,4
Moda	2,4
Desviación estándar	0,07559289
Varianza de la muestra	0,00571429
Curtosis	-0,7
Coefficiente de asimetría	0
Rango	0,2
Mínimo	2,3
Máximo	2,5
Suma	19,2
Cuenta	8

**PRESENCIA O NO DE CUERPO LÚTEO.**

<i>T0</i>	
Media	0,25
Error típico	0,163663418
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	0,46291005
Varianza de la muestra	0,214285714
Curtosis	0
Coefficiente de asimetría	1,4401646
Rango	1
Mínimo	0
Máximo	1
Suma	2
Cuenta	8

<i>T1</i>	
Media	0,38
Error típico	0,182981264
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	0,51754917
Varianza de la muestra	0,267857143
Curtosis	-2,24
Coefficiente de asimetría	0,644061189
Rango	1
Mínimo	0
Máximo	1
Suma	3
Cuenta	8

<i>T2</i>	
Media	0,38
Error típico	0,182981264
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	0,51754917
Varianza de la muestra	0,267857143
Curtosis	-2,24
Coefficiente de asimetría	0,644061189
Rango	1
Mínimo	0
Máximo	1
Suma	3
Cuenta	8

## NÚMERO DE FOLÍCULOS IZQUIERDO Y DERECHO

### - Número de folículos ovario izquierdo inicial

<i>T0 IZ INICIAL</i>	
Media	4,625
Error típico	0,26305214
Mediana	4,5
Moda	4
Desviación estándar	0,74402381
Varianza de la muestra	0,55357143
Curtosis	-0,1515088
Coefficiente de asimetría	0,8237683
Rango	2
Mínimo	4
Máximo	6
Suma	37
Cuenta	8

<i>T1 IZ INICIAL</i>	
Media	4,375
Error típico	0,18298126
Mediana	4
Moda	4
Desviación estándar	0,51754917
Varianza de la muestra	0,26785714
Curtosis	-2,24
Coefficiente de asimetría	0,64406119
Rango	1
Mínimo	4
Máximo	5
Suma	35
Cuenta	8

<i>T2 IZ INICIAL</i>	
Media	4,25
Error típico	0,16366342
Mediana	4
Moda	4
Desviación estándar	0,46291005
Varianza de la muestra	0,21428571
Curtosis	0
Coefficiente de asimetría	1,4401646
Rango	1
Mínimo	4
Máximo	5
Suma	34
Cuenta	8

- **Número de folículos del ovario derecho inicial**

<i>T0 DE INICIAL</i>	
Media	4,25
Error típico	0,25
Mediana	4
Moda	4
Desviación estándar	0,70710678
Varianza de la muestra	0,5
Curtosis	-0,2285714
Coefficiente de asimetría	-0,404061
Rango	2
Mínimo	3
Máximo	5
Suma	34
Cuenta	8

<i>T1 DE INICIAL</i>	
Media	4,5
Error típico	0,26726124
Mediana	4
Moda	4
Desviación estándar	0,75592895
Varianza de la muestra	0,57142857
Curtosis	0,875
Coefficiente de asimetría	1,32287566
Rango	2
Mínimo	4
Máximo	6
Suma	36
Cuenta	8

<i>T2 DE INICIAL</i>	
Media	4,875
Error típico	0,22658174
Mediana	5
Moda	5
Desviación estándar	0,64086994
Varianza de la muestra	0,41071429
Curtosis	0,74102079
Coefficiente de asimetría	0,06784257
Rango	2
Mínimo	4
Máximo	6
Suma	39
Cuenta	8

## TAMAÑO DE OVARIOS (DERECHO E IZQUIERDO)

### - Tamaño de ovario izquierdo inicial

<i>T0. IZ. INICIAL</i>	
Media	22,125
Error típico	0,44067724
Mediana	22
Moda	21
Desviación estándar	1,24642345
Varianza de la muestra	1,55357143
Curtosis	-0,7058264
Coefficiente de asimetría	0,87606986
Rango	3
Mínimo	21
Máximo	24
Suma	177
Cuenta	8

<i>T1. IZ. INICIAL</i>	
Media	22,375
Error típico	0,53243041
Mediana	22
Moda	21
Desviación estándar	1,50594062
Varianza de la muestra	2,26785714
Curtosis	-0,5423275
Coefficiente de asimetría	0,8208959
Rango	4
Mínimo	21
Máximo	25
Suma	179
Cuenta	8

<i>T2. IZ. INICIAL</i>	
Media	22,125
Error típico	0,29504842
Mediana	22
Moda	23
Desviación estándar	0,83452296
Varianza de la muestra	0,69642857
Curtosis	-1,391716
Coefficiente de asimetría	-0,2765283
Rango	2
Mínimo	21
Máximo	23
Suma	177
Cuenta	8

- **Tamaño de ovario derecho inicial**

<i>TO DE. INICIAL</i>	
Media	23,375
Error típico	0,32389923
Mediana	24
Moda	24
Desviación estándar	0,91612538
Varianza de la muestra	0,83928571
Curtosis	-1,0393843
Coficiente de asimetría	-0,9986555
Rango	2
Mínimo	22
Máximo	24
Suma	187
Cuenta	8

<i>T1 DE. INICIAL</i>	
Media	23,125
Error típico	0,35038244
Mediana	23,5
Moda	24
Desviación estándar	0,99103121
Varianza de la muestra	0,98214286
Curtosis	-2,3584793
Coficiente de asimetría	-0,3118882
Rango	2
Mínimo	22
Máximo	24
Suma	185
Cuenta	8

<i>T2 DE. INICIAL</i>	
Media	22,75
Error típico	0,41187724
Mediana	22,5
Moda	24
Desviación estándar	1,16496475
Varianza de la muestra	1,35714286
Curtosis	-1,6132964
Coficiente de asimetría	-0,0903574
Rango	3
Mínimo	21
Máximo	24
Suma	182
Cuenta	8

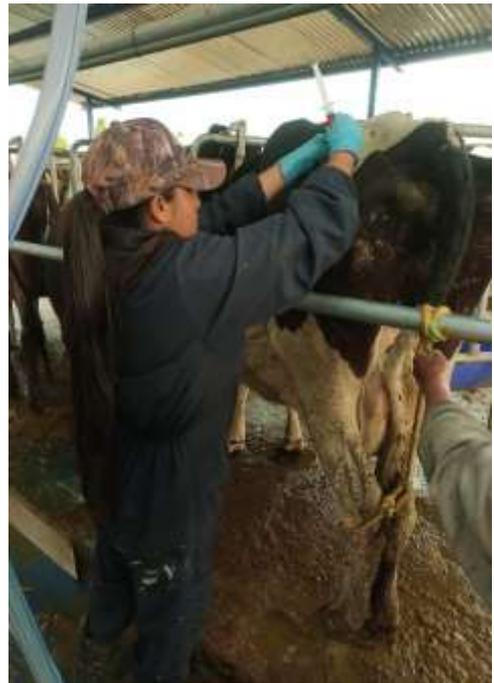
ANEXO C: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO.



Nota: Archivo personal

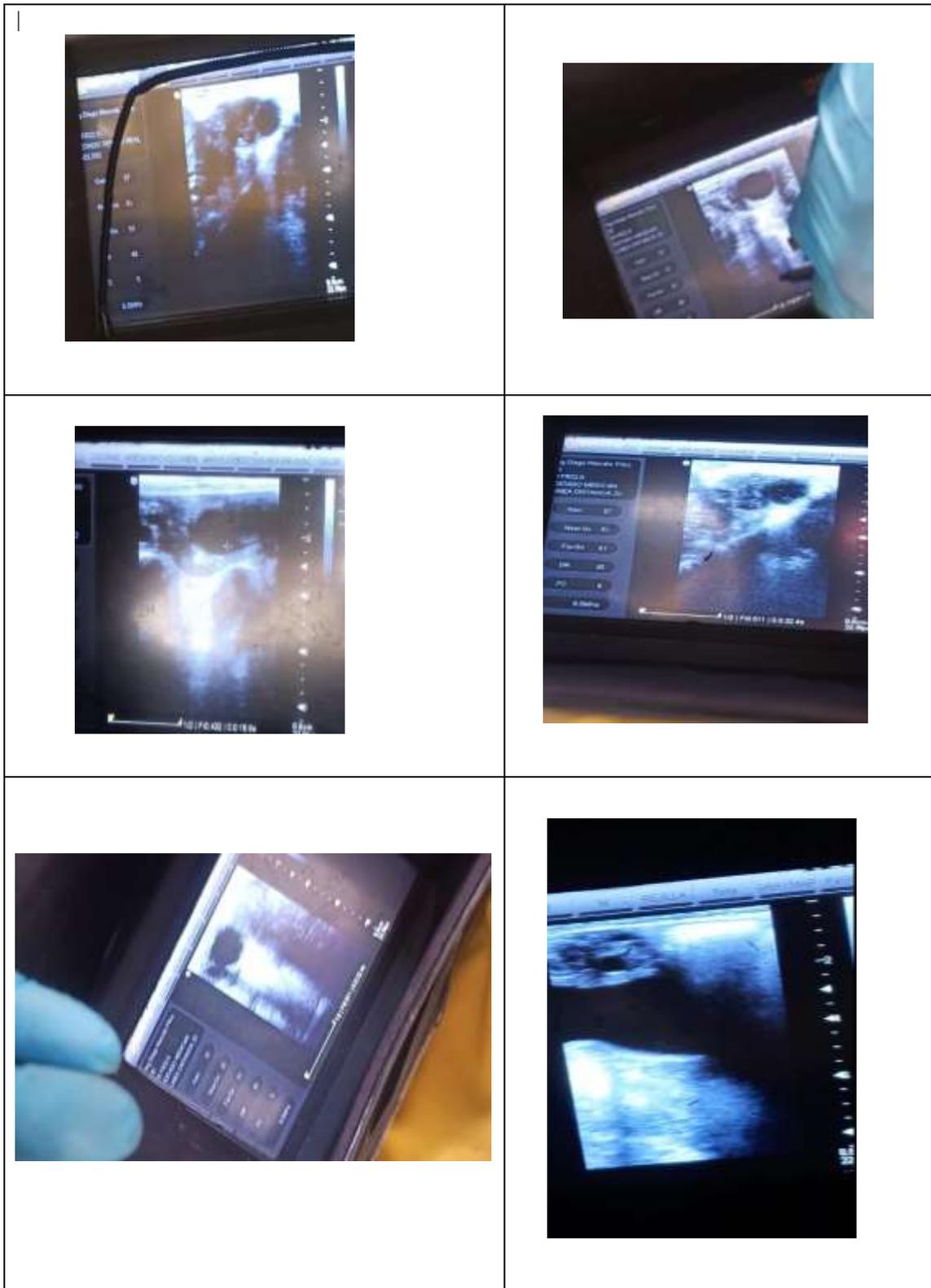


Nota: Archivo personal



**Nota:** Archivo personal

**ANEXO D: CAPTURAS DE LAS IMÁGENES REGISTRADAS POR EL ECÓGRAFO.**



**Nota:** Archivo personal