



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPLEJOS NUTRICIONALES  
EN VACAS ANÉSTRICAS NELORE INSEMINADAS A TIEMPO FIJO  
SOBRE LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS**

**AUTORES:**

**CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO**

**SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**

**TUTOR:**

**DR. JORGE IGNACIO MACÍAS ANDRADE Ph.D.**

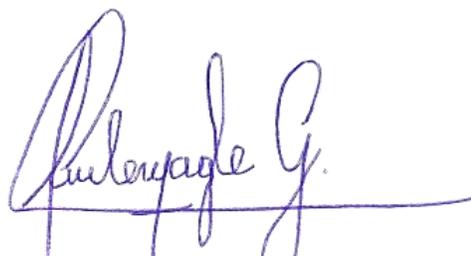
**CALCETA, NOVIEMBRE DE 2023**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO**, con cédula de ciudadanía 1718548074, y **SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**, con cédula de ciudadanía 1314257591, declaran bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: Efecto de la aplicación de complejos nutricionales en vacas anéstricas Nelore Inseminadas a Tiempo Fijo sobre los parámetros reproductivos es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de los autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



**CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO**  
CC: 1718548074



**SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**  
CC: 1314257591

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO**, con cédula de ciudadanía 1718548074, y **SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**, con cédula de ciudadanía 1314257591, autorizan a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: Efecto de la aplicación de complejos nutricionales en vacas anéstricas Nelore Inseminadas a Tiempo Fijo sobre los parámetros reproductivos, cuyo contenido, ideas y criterios son de muestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO**  
CC: 1718548074



---

**SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**  
CC: 1314257591

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Dr. Jorge Ignacio Macías Andrade Ph.D. certifico haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: Efecto de la aplicación de complejos nutricionales en vacas anéstricas Nelore Inseminadas a Tiempo Fijo sobre los parámetros reproductivos, que ha sido desarrollado por, **CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO** y **SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**, previo a la obtención del título de **Médico Veterinario**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Dr. JORGE IGNACIO MACÍAS ANDRADE Ph.D.**

**CC: 0910715200**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: Efecto de la aplicación de complejos nutricionales en vacas anéstricas Nelore Inseminadas a Tiempo Fijo sobre los parámetros reproductivos, que ha sido desarrollado por **CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO** y **SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**, previo a la obtención del título de **Médico Veterinario**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**MVZ. GUSTAVO ADOLFO  
CAMPOZANO MARCILLO, Mg.**

**CC:1311508731**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Dr. FERNANDO JAVIER  
RINCÓN ACOSTA, PhD**

**CC: 0963870449**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**M.V. EDWIN DARÍO  
VELÁSQUEZ ZAMBRANO, Mg.**

**CC:1313860304**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de acceder a una educación superior de calidad, así mismo a los docentes que durante toda la carrera universitaria han aportado con sus conocimientos a mi formación profesional.

A Dios por haberme dado salud, motivación e inspiración para seguir adelante durante todo el proceso académico.

Agradezco a mis padres Washington Álava y Juvelin Hidalgo, quienes me guiaron con sus consejos, enseñanzas, motivación, y siempre brindaron ese apoyo incondicional para poder alcanzar cada una de mis metas propuestas.

A mis hermanos, abuelos, tíos, primos y demás familiares que me motivaban con sus palabras para seguir adelante siempre.

A mi tutor de tesis M.V. Jorge Ignacio Macias Andrade su apoyo, sus conocimientos y su tiempo dedicado en esta investigación.

A la Hacienda Caletasame propiedad del Ing. David Pacheco Díaz por la oportunidad brindada y a la farmacéutica FIGA S.A. por los productos facilitados para la investigación.

**CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por todo el esfuerzo que hicieron por darme una excelente educación y estar siempre animándome para alcanzar mis metas, esto sin lugar a duda es para ellos y a la vez una muestra de que el sacrificio que hicieron no fue en vano.

Dedico este proyecto a ellos que pese a no haber podido estar cerca por motivos laborales me supieron alentar a que culmine mis estudios superiores y sea un profesional.

De igual forma a mis hermanos, y familia por su apoyo y ánimo.

Y dedico este trabajo a Dios, por regalarme salud, motivación e inspiración para seguir adelante en cada momento.

**CRISTOFER JESÚS ÁLAVA HIDALGO**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día; a cada uno de los docentes que formaron parte de este proceso y por los que gracias a su conocimiento impartido aprendí satisfactoriamente.

A Dios por ser el dador de la vida, y el que nos permite consolidar nuestras metas, ser ese guía que nos direcciona para ser unas personas de bien; a mis padres Johnny Tagle y Gissella González infinitas gracias por siempre apoyarme en cada paso y reto que me he trazado a lo largo de mi vida, a mis hermanas Rudy y Marllely Tagle que son ese apoyo moral incondicional que he necesitado siempre y a mis amigas las que con su carisma y consejos siempre estuvieron para mí.

Gracias a mis tíos, abuelos, y demás familiares que fueron un apoyo moral y económico a lo largo de mi carrera universitaria y que sin ellos esto no fuera posible. Un agradecimiento especial a mi compañero de vida, quien con su motivación me ayudó y estuvo conmigo en los momentos menos esperados.

A la hacienda Caletasame, del propietario Ing. David Pacheco Díaz quien nos abrió las puertas de su propiedad para consolidar este proyecto de tesis y de manera muy especial a nuestro tutor de tesis Dr. Ignacio Macías Andrade Ph.D. quien ha sido un guía, profesor, y compañero excepcional a lo largo de toda la carrera universitaria.

**SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**

## **DEDICATORIA**

Con todo el corazón este trabajo de investigación va dedicado a mis abuelitos Fernando Tagle y Bartolomé González quienes siempre quisieron verme triunfar como medica veterinaria y me dieron toda su motivación para que este sueño se consolidara.

A mi madre, que nunca descansó por verme contenta y sin que me faltara nada, aun estando en otra ciudad lejana a la de origen.

Pero sobre todo a mi esfuerzo y dedicación implementados en estos 5 años de estudio, que siempre estuvieron por delante de cualquier obstáculo.

**SULENY NOEMÍ TAGLE GONZÁLEZ**

## CONTENIDO GENERAL

CARÁTULA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
CONTENIDO GENRAL.....	x
CONTENIDO DE TABLAS.....	xiv
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN .....	xvi
PALABRAS CLAVES .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
KEY WORDS.....	xvii
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4. HIPÓTESIS .....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>

2.1. VITAMINAS.....	5
2.1.1. VITAMINAS ESENCIALES EN LA REPRODUCCIÓN BOVINA .....	5
2.1.1.1. VITAMINAS HIDROSOLUBLES .....	6
2.1.1.1.1. VITAMINAS DEL COMPLEJO B.....	6
2.1.1.1.2. TIAMINA (VITAMINA B1) .....	6
2.1.1.1.3. RIBOFLAVINA (VITAMINA B2) .....	7
2.1.1.1.4. NIACINA (VITAMINA B3) .....	7
2.1.1.1.5. PIRIDOXINA (VITAMINA B6) .....	7
2.1.1.1.6. CIANOCOBALAMINA (VITAMINA B12).....	7
2.2. MINERALES.....	8
2.2.1. MINERALES ESENCIALES EN LA REPRODUCCIÓN .....	8
2.2.1.1. COBRE (CU) .....	9
2.2.1.2. SELENIO (SE).....	10
2.2.1.3. FÓSFORO (P).....	10
2.2.1.4. ZINC (ZN).....	11
2.2.1.5. YODO (I) .....	11
2.2.1.6. MAGNESIO (MG) .....	12
2.3. AMINOÁCIDOS ESENCIALES.....	12
2.4. EFICIENCIA DEL USO DE MINERALES Y VITAMINAS EN PROTOCOLOS DE IATF.....	14
2.5. VITAMINAS Y MINERALES COMO ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS .....	15
2.6. ANESTRO .....	16
2.6.1. ANESTRO NUTRICIONAL .....	17
2.6.2. ANESTRO POSTPARTO .....	17

2.7. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS BOVINOS .....	19
2.7.1. EDAD AL PRIMER SERVICIO (EPS) .....	19
2.7.2. SERVICIOS POR CONCEPCIÓN (SC) .....	19
2.7.3. EDAD AL PRIMER PARTO (EPP) .....	19
2.7.4. DÍAS DEL PARTO A PRIMER SERVICIO (DPPS).....	19
2.7.5. INTERVALO PARTO-CONCEPCIÓN (IPC) .....	20
2.7.6. TASA DE CONCEPCIÓN (PC) .....	20
2.7.7. SERVICIOS POR CONCEPCIÓN (SPC).....	20
2.7.8. TASA DE PREÑEZ.....	20
2.8. DINÁMICA FOLICULAR BOVINA.....	21
2.9. PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO.....	24
2.9.1. PROTOCOLOS CON PROGESTÁGENOS Y ESTRÓGENOS PARA IATF	25
2.9.2.1. PROGESTERONA (P4).....	26
2.9.2.2. ESTRADIOL .....	26
2.9.2.3. PROSTAGLANDINA .....	26
2.9.2.4. GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG).....	26
2.9.2.5. DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES CON PROGESTERONA .....	27
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>	<b>29</b>
3.1. UBICACIÓN .....	29
3.1.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	29
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO .....	30
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	30
3.3.1. MÉTODOS.....	30
3.3.2. TÉCNICAS.....	30
3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL .....	30

3.5. VARIABLES A MEDIR.....	31
3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	31
3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	31
3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	31
3.6.1. SELECCIÓN DE ANIMALES.....	31
3.6.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE IATF .....	32
3.6.4. MEDICIÓN DEL FOLÍCULO DOMINANTE Y FOLÍCULO OVULATORIO ..	32
3.6.5. CÁLCULO DE LA TASA DE OVULACIÓN .....	33
3.6.6. ESTABLECER LA CORRELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO FOLICULAR SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN.....	33
3.6.7. DETECCIÓN DE PREÑEZ AL DÍA 30 POST INSEMINACIÓN .....	33
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	34
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
4.1. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE Y OVULATORIO .....	35
4.2. CÁLCULO DE LA TASA DE OVULACIÓN .....	36
4.3. CORRELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DEL FOLÍCULO OVULATORIO SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN .....	36
4.4. TASA DE CONCEPCIÓN AL DÍA 30 POST-INSEMINACIÓN. ....	38
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	39
5.2. RECOMENDACIONES .....	39
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>53</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>TABLA 2.1.</b> REQUERIMIENTOS MINERALES DE LOS BOVINOS .....	9
<b>TABLA 3.1.</b> CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN ATACAMES .	29
<b>TABLA 4.1.</b> MEDIDA DE RESUMEN DE DIÁMETRO DEL FOLÍCULO DOMINANTE Y OVULATORIO .....	35
<b>TABLA 4.2.</b> TASA DE OVULACIÓN EN VACAS .....	36
<b>TABLA 4.4.</b> TASA DE CONCEPCIÓN EN VACAS.....	38

## **CONTENIDO DE FIGURAS**

<b>FIGURA 3.1. UBICACIÓN DEL CANTÓN ATACAMES .....</b>	<b>46</b>
--	-----------

## RESUMEN

Evaluar el efecto de la aplicación de complejos nutricionales en vacas anéstricas Nelore inseminadas a tiempo fijo sobre los parámetros reproductivos fue el objeto de estudio. Se utilizaron 54 vacas de raza Nelore con cría al pie subdivididas en un primer grupo denominado control (n=27), y un segundo grupo llamado tratamiento (n=27), al cual se le aplicó multivitamínicos comerciales vía parenteral tanto al inicio del protocolo como en el día de retiro del Dispositivo Intravaginal Bovino. La evaluación estadística se realizó mediante el programa estadístico InfoStat V. 2020, a través de pruebas de t student, Chi cuadrado y correlación de Pearson. Se obtuvo una tasa de ovulación del 92,59%, comparable a la reportada por diversas investigaciones en vacas mestizas cebú. Así mismo, los resultados evidencian que el protocolo de sincronización implementado fue altamente efectivo en términos de inducción y coordinación de la ovulación. No existió correlación entre el tamaño del folículo ovulatorio y la tasa de concepción. La suplementación nutricional inyectable combinado con un protocolo de sincronización para IATF, mostró una tendencia en el aumento de la tasa de concepción en vacas anéstricas Nelore.

## PALABRAS CLAVES

Complejos nutricionales, Inseminación Artificial a tiempo Fijo (IATF), anestro, tasa de concepción.

## **ABSTRACT**

The study aimed to evaluate the effect of the application of nutritional complexes on inseminated at a fixed time anestrous Nelore cows on reproductive parameters. Fifty-four Nelore cows with calves at foot were divided into two groups: a control group (n=27) and a treatment group (n=27). The treatment group received commercial multivitamins via parenteral administration at the beginning of the protocol and on the day of removal of the Bovine Intravaginal Device. Statistical analysis was performed using the InfoStat V. 2020 statistical software, including t-tests, Chi-square tests, and Pearson correlation. An ovulation rate of 92.59% was obtained, comparable to rates reported in various studies on crossbred Zebu cows. Additionally, the results show that the synchronization protocol implemented was highly effective in terms of inducing and coordinating ovulation. There was no correlation between the size of the ovulatory follicle and the conception rate. Injectable nutritional supplementation combined with an inseminated at a fixed time (FTAI) protocol showed a trend towards increasing the conception rate in anestrous Nelore cows.

## **KEY WORDS**

Nutritional complexes, Fixed-Time Artificial Insemination (FTAI), Anestrus, conception rate.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una técnica biotecnológica de la reproducción que ha tenido un gran desarrollo productivo, permite preñar el 50% del hato en un día, indirectamente, permite mejorar todos los índices reproductivos y productivos de los hatos; sin embargo, existen numerosos factores que afectan el resultado de la IATF, y por ende la actividad reproductiva de los mismos, lo que da como resultado bajas tasas de preñez (Errico *et al.*, 2015).

Uno de los factores que afecta la eficiencia reproductiva es el anestro, el que se identifica como la ausencia del estro en el periodo de tiempo desde el parto hasta la recuperación total, prolongándose entre 60 a 90 días post parto, es de gran relevancia, debido a que optimiza el comportamiento reproductivo de la vaca y garantiza una producción constante y periódica de crías (Donzelli *et al.*, 2010).

Estudios demuestran que el comportamiento reproductivo del ganado de carne en regiones tropicales es deficiente, y se refleja en intervalos de parto a la siguiente concepción  $\geq 300$  días y porcentajes de concepción de 45 a 55%; condiciones a las que se han atribuido principalmente la presencia de ternero e ineficientes manejos nutricionales previo y post inicios reproductivos, lo que proporciona que se mantenga el estatus de inactividad ovárica después del parto, prolongando los días abiertos (Severino *et al.*, 2020).

Por otra parte, en las condiciones de producción bovina en el Ecuador, predominan los sistemas de alimentación a base de pastos, caracterizándose por un déficit de vitaminas y minerales en ciertas temporadas del año, es decir, que las deficiencias de éstos en el eje suelo-planta-animal guardan relación con otras propiedades químicas en el mismo y se relacionan con los problemas reproductivos de los bovinos en pastoreo (Rodríguez *et al.*, 2008; Noval *et al.*, 2014, citados por Balarezo *et al.*, 2017). Por consiguiente, en la investigación realizada por (Unzué

2020, citado por Chávez, 2022) indica que, “El uso del complejo vitamínico-mineral, al momento del manejo en la realización de IATF, mejora el porcentaje de preñez”.

Se evidencia que en el trópico bajo los pastos presentan deficientes niveles de vitaminas y minerales, aunado a la carencia de un manejo nutricional adecuado de los rebaños, lo cual, probablemente, incide en los anestro prolongados, disminuyendo la tasa de concepción. Ante la problemática expuesta, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son los efectos positivos sobre los parámetros reproductivos que presentan las vacas anéstricas de la raza Nelore con la aplicación de complejos nutricionales?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Según (Chifflet, 2020) en la totalidad de las producciones ganaderas, el objetivo es generar productos y recursos que ayuden a la sostenibilidad y rentabilidad de las granjas, ya sea producción cárnica o lechera, por lo cual su enfoque va a estar directamente relacionado con la reproducción de las hembras bovinas; Por lo que (Firmino y Chagas, 2021), indican que la (IATF) es la biotecnología reproductiva capaz de promover el aumento de los indicadores reproductivos, lo que da como resultado un aumento significativo en la eficiencia económica de la propiedad.

Quintana-Ultra *et al.* (2019) refieren que, en la ganadería el anestro post-parto y el nutricional, debido a la deficiencia en ingestión de nutrientes, son factores que desencadenan una baja tasa de preñez en los protocolos de IATF; No obstante (Sánchez, 2022) afirma que, “la implementación de programas de reproducción en las que se incluya la combinación de minerales, vitaminas y hormonas, representan una estrategia nutricional para contrarrestar las deficiencias nutricionales y el anestro post-parto”.

Este estudio tiene relevancia porque permitirá evaluar el efecto de la aplicación de vitaminas y minerales, con el fin de mejorar los parámetros reproductivos, teniendo en cuenta que numerosos estudios, tales como el de (Salamanca, 2010), demostraron que la aplicación de minerales produce un aumento en la tasa de preñez promedio para vacas y novillas de 33.2% a 60% en época de lluvias y de 30,7% a 61.2% en época de sequía. De la misma forma (Fazzio *et al*, 2017) refieren que, la suplementación mineral y vitamínica vía inyectable al inicio de un protocolo de IATF permite aumentar el porcentaje de preñez en vaquillonas.

En relación a lo expuesto, este trabajo tiene como finalidad evaluar el efecto de la aplicación de complejos nutricionales, sobre los parámetros reproductivos lo que permitirá determinar si se produce un incremento en la tasa de concepción; además, utilizar de base para la continuación de futuras investigaciones debido que permiten mejorar la tasa de concepción y por ende los parámetros reproductivos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la aplicación de complejos nutricionales en vacas anéstricas Nelore inseminadas a tiempo fijo sobre los parámetros reproductivos

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar el tamaño del folículo dominante y el folículo ovulatorio en las vacas Nelore anéstricas sometidas a protocolos de sincronización con y sin aplicación de complejos nutricionales previo a IATF.

Calcular la tasa de ovulación en las vacas Nelore anéstricas sometidas a protocolo de sincronización con y sin aplicación de complejos nutricionales previo a IATF

Establecer la correlación entre el tamaño del folículo ovulatorio sobre la tasa de concepción con o sin aplicación de complejos nutricionales previo a IATF

Identificar el efecto de la aplicación de complejos nutricionales previos a IATF sobre la tasa de concepción

### **1.4. HIPÓTESIS**

La aplicación de complejos nutricionales en vacas anéstricas Nelore inseminadas a tiempo fijo incide positivamente sobre los parámetros reproductivos e incrementa la tasa de concepción

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. VITAMINAS**

Numerosas investigaciones demuestran que son 13 los compuestos conocidos como vitaminas hidro y liposolubles, indispensables en la dieta diaria para mantener un estado óptimo de salud, es por ello que los requerimientos de cada una de estas sustancias varían de acuerdo a la edad, sexo y actividad física, adquiriéndose de vegetales, hongos y microorganismos capaces de elaborarlas por sí mismos (Apaza, 2014).

Obando (2020) menciona que las vitaminas son sustancias esenciales para la actividad metabólica de los animales, y por ende para su actividad reproductiva, existiendo 2 grandes grupos, las vitaminas hidrosolubles y las vitaminas liposolubles; las primeras conformadas principalmente por la C y el grupo de vitaminas B, éstas siendo precursores de coenzimas que participan en varios procesos metabólicos; y las vitaminas liposolubles por el contrario, las que solo se pueden disolver, asimilar y almacenar en tejidos grasos, estas son; A, D, E, K.

#### **2.1.1. VITAMINAS ESENCIALES EN LA REPRODUCCIÓN BOVINA**

Es evidente que el uso de la suplementación con vitaminas para el ganado, es una práctica común en la ganadería, ya sea con el fin de aumentar la productividad, prevenir la incidencia de enfermedades o como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades infecciosas; con el propósito de que estos efectos beneficiosos se correlacionen con la mayor eficacia del sistema inmunitario, observada por un menor estrés oxidativo y una mayor actividad fagocítica y bactericida de los fagocitos bovinos tal como lo mencionan (Martins *et al.*, 2016).

### **2.1.1.1. VITAMINAS HIDROSOLUBLES**

#### **2.1.1.1.1. VITAMINAS DEL COMPLEJO B**

Según Quesada y Gómez (2019) estas son sustancias frágiles, solubles en agua, las que en principio fueron consideradas como una sola sustancia, pero debido a sus variados componentes se designaron con la letra B y un subíndice numérico, las vitaminas pertenecientes al complejo B son importantes por intervenir en el metabolismo de los hidratos de carbono, permitiendo una producción eficiente de energía y aprovechar mejor los nutrientes.

Las vitaminas del complejo B generan beneficios en la ganadería tanto en la productividad y la reproducción, debido a que las vitaminas B ayudan a mantener una buena salud y un balance de energía positivo, lo que deriva en un correcto desempeño productivo y reproductivo, a su vez estas vitaminas participan en disminuir la incidencia de mastitis, enfermedades reproductivas como metritis, retenciones de placenta, cetosis, desplazamiento del abomaso e hipocalcemia (Ortíz, 2022).

#### **2.1.1.1.2. TIAMINA (VITAMINA B1)**

Es una vitamina esencial para el funcionamiento adecuado de los músculos, el corazón, el sistema digestivo y nervioso, esta vitamina regula el metabolismo de carbohidratos y

así la producción de energía, actúa como carboxilasa en el metabolismo de grasas, carbohidratos y proteínas; y como cofactor de la transcetolasa en la vía de las pentosas, donde proporciona energía para la supervivencia de las células del cerebro y del corazón, debido a ello esta se utiliza como coadyuvante para el tratamiento de trastornos neuromusculares (Craver *et al.*, 2018).

#### **2.1.1.1.3. RIBOFLAVINA (VITAMINA B2)**

Esta vitamina es requerida por todos los organismos, debido a que participa en reacciones de transferencia de electrones relacionadas con el metabolismo de energía, carbohidratos, lípidos y aminoácidos, funciones esenciales para el mantenimiento de las células y los tejidos, esta vitamina participa en procesos de respiración celular, desintoxicación del hígado y la coenzima flavina es necesaria para la activación y el metabolismo de otras vitaminas B, como el folato, la cianocobalamina y la piridoxina (Wu *et al.*, 2021).

#### **2.1.1.1.4. NIACINA (VITAMINA B3)**

Ringseis *et al.* (2018) indica que, es una vitamina hidrosoluble que se requiere en los tejidos de los animales como precursor de nicotinamida adenina dinucleótido fosfato y nicotinamida adenina dinucleótido, las cuales son coenzimas importantes en numerosas reacciones enzimáticas en el metabolismo intermediario, en vacas se realiza la administración de dosis de esta vitamina, para reducir o evitar la degradación ruminal.

#### **2.1.1.1.5. PIRIDOXINA (VITAMINA B6)**

Es una vitamina necesaria para el metabolismo de aminoácido, generalmente esta se asocia a la formación de anticuerpos y se recomienda su administración para evitar alteraciones en la piel, anemia y fatiga, ayuda a la formación de glóbulos rojos, esta vitamina facilita el crecimiento mediante su intervención en el metabolismo de los aminoácidos (Ashwin *et al.*, 2018).

#### **2.1.1.1.6. CIANOCOBALAMINA (VITAMINA B12)**

Duplessis *et al.* (2022) señalan que, la presencia de esta vitamina en pastos es prácticamente nula y por ello es de gran importancia su suplementación; por otra parte (Morrison *et al.*, 2018) refieren que, la vitamina B12 es esencial para la producción de enzimas necesarias para la regeneración de metionina y metilmalonil CoA mutasa, la cual es necesaria para que el propionato entre en el ciclo de Krebs,

siendo el propionato, un sustrato importante para la síntesis de glucosa en las vacas.

De acuerdo con (Vanacker *et al.*, 2020) esta vitamina es necesaria para el desarrollo, la función celular y la reproducción, la deficiencia de esta vitamina a nivel sérico se asocia también con la deficiencia de cobalto, presentándose deficiencia en el crecimiento, mal estado general del pelo, pérdida de peso, baja producción láctea e inapetencia.

## **2.2. MINERALES**

Fadlalla y Omer (2020) describen que, los minerales son sustancias indispensables para satisfacer los requisitos fisiológicos de la vida normal, debido a que estas tienen funciones muy importantes para la salud, el crecimiento y la reproducción, y para las funciones de los sistemas inmunitario y endocrino, los macrominerales requeridos incluyen calcio, magnesio, fósforo, potasio, sodio, cloro y azufre, mientras que los microminerales requeridos son: cromo, cobalto, cobre, yodo, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, selenio y zinc.

Desatender los requerimientos minerales de los bovinos puede conllevar a alteraciones metabólicas, las cuales terminan influyendo con el desempeño productivo del rebaño, estos requerimientos minerales dependen del nivel de producción, siendo los animales destinados a la producción de leche los animales requieren mayor atención a la suplementación mineral (Noruega y Ochoa, 2016).

### **2.2.1. MINERALES ESENCIALES EN LA REPRODUCCIÓN**

Los minerales se consideran como el tercer grupo de nutrientes limitante en la producción animal, debido a que minerales como calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc, son esenciales en el proceso reproductivo (Salamanca, 2010); asimismo, (Garmendia, 2006) indica que, procesos tales como la presencia de ciclo estrales, gestación, lactación y crecimiento son muy exigentes desde un punto de vista

mineral, por lo que se requiere un suministro idóneo de los mismos, para que se lleven a cabo de manera correcta estos procesos.

**Tabla 2.1.** Requerimientos minerales de los bovinos

ANIMALES	CALCIO	FÓSFORO	MAGNESIO	COBRE	ZINC
Novilla Gestante	0.3	0.25	0.20	10	40
Vaca Gestante	0.3	0.25	0.20	10	40
Novilla Primer Parto	0.4	0.3	0.30	10	40
Vaca Lactante 1 (5 a 8 kg de leche)	0.3	0.25	0.30	10	40
Vaca Lactante 2 (10 a 12 kg de leche)	0.3	0.25	0.35	10	40
Crecimiento	0.35	0.3	0.30	10	40
Ceba	0.3	0.2	0.30	10	40

Fuente: Garmendia (2006)

### 2.2.1.1. COBRE (Cu)

Otalvaro y Toquica (2020) señalan que, el cobre es protagonista en la mielinización de la médula ósea, formación de huesos y participa en el mantenimiento de hormonas hipofisarias, a su vez advierte que, el déficit de cobre desencadena crecimiento retardado, anemia, fragilidad en los huesos, desmielinización de los nervios, subfertilidad e infertilidad

En el ámbito reproductivo el Cu, está relacionado con la secreción y la síntesis de las gonadotropinas, así como modulando la capacidad de liberación de la hormona luteinizante (LH), por lo cual se sugiere que problemas reproductivos se deban a inhibición en la síntesis de hormonas gonadotrópicas, cuando se presentan deficiencias de cobre (Rendón *et al.*, 2019).

Si existe una deficiencia de Cu, los animales padecerán alteraciones en secreción hormonal y por ende, mostrarán perturbaciones en la duración del ciclo estral y aparición de anestro; repercutiendo en impacto negativo en los índices reproductivos; esta deficiencia de Cu constituye en uno de los déficits de minerales que más influye sobre el desempeño reproductivo, se plantea que la pubertad tardía, involución uterina tardía, abortos, anestro, retención de placenta y hembras repetidoras de servicios, son eventos que están relacionados con hipocupremia (Gómez *et al.*, 2019).

#### **2.2.1.2. SELENIO (Se)**

Matamoros y Moreno (2009) afirman que el Selenio es esencial para el mantenimiento y desarrollo de las funciones del organismo animal, la presencia de altas concentraciones de Selenio en tejidos como el ovario, la placenta, la hipófisis y las glándulas adrenales indica la importancia de una deficiencia del mismo en el área reproductiva.

Este se considera un mineral esencial en la reproducción, y su deficiencia se asocia a bajos niveles de concepción, infertilidad y baja producción de leche, a nivel reproductivo puede causar muerte embrionaria, retención de membranas fetales, metritis, retraso en la involución uterina y quistes (Rutigliano *et al.*, 2008).

Celis (2002) ratifica que los bajos niveles de Selenio afectan la eficiencia reproductiva, nacimiento de animales prematuros, débiles o muertos, quistes ováricos y muertes embrionarias, predisponiendo así, el aumento en el número de retenciones de placenta, lo que conlleva a aumentar el intervalo entre partos.

#### **2.2.1.3. FÓSFORO (P)**

Portilla *et al.* (2021) enfatizan que, el fósforo tiene relación directa con el comportamiento sexual, ya que diferentes hormonas involucradas están compuestas por lípidos cuya transformación depende de este elemento, la

deficiencia severa de fósforo es la causante de problemas de fertilidad, así como la reducción de los parámetros reproductivos.

Si hay deficiencia de fósforo hay reducción en la producción y en la reproducción; por lo que está directamente relacionado con la formación de ácidos grasos, los que son fundamentales para la producción de hormonas como los estrógenos, además, de ser importantes para la visibilidad de los signos de estro en las vacas; por ello cuando existe una deficiencia de fósforo, el ganado presenta graves problemas de reproducción, pudiendo pasar hasta tres o más años sin entrar en celo (Parra y Oñate, 2022).

#### **2.2.1.4. ZINC (Zn)**

Tiene efecto a nivel reproductivo, participando en el desarrollo de los órganos sexuales masculinos, y está involucrado en el desarrollo de la madurez sexual, es cofactor de diversas hormonas reproductivas como la prostaglandina; el zinc juega un papel fundamental como componente estructural, catalítico y de señalización (Horst *et al.*, 2019).

Cuando existe un déficit de este elemento, en las hembras bovinas, el estro es irregular o suprimido y baja fertilidad del hato, debido a que es esencial para la integridad del sistema inmune, el intercambio catión-anión, en la concentración normal de vitamina A en plasma y la función ovárica, varios de los problemas más evidentes en la deficiencia de Zn es el aumento de distocias, alteración del celo y de la respuesta inmune (Parra y Oñate, 2022).

#### **2.2.1.5. YODO (I)**

Moschini *et al.* (2010) describen que, el yodo es un oligoelemento esencial, que se encuentra muy involucrado en la regulación del metabolismo de la tiroides, participando en la síntesis de las hormonas que intervienen en el proceso reproductivo, este a su vez, es esencial en el estado antioxidante, y participa en el

desarrollo, crecimiento, reproducción y producción del bovino durante todas las etapas de su vida.

La deficiencia de este elemento conlleva a problemas reproductivos frecuentes del ganado bovino manifestados por el mal funcionamiento de la glándula tiroidea, tanto en la madre como en el feto, causada por una deficiencia de yodo en la dieta; el desarrollo fetal en madres deficientes puede detenerse en cualquier estado y causar muerte embrionaria temprana, reabsorción fetal, nacimiento de crías con bocio, débiles y sin pelaje; además prolongar el período de gestación, aumentar la incidencia de partos distócicos y la retención de placenta, causar ciclos estrales anormales y tasas de concepción bajas (González, 1995).

#### **2.2.1.6. MAGNESIO (Mg)**

Otalvaro y Toquica (2020) expresan que, a nivel reproductivo es importante ya que se requieren para mantener la lactancia temprana, igualmente está relacionado a la producción de la progesterona en el cuerpo lúteo y en la esteroidogénesis; por otra parte (Portilla *et al.*, 2021) mencionan que, cualquier alteración en la homeostasis de Ca-P-Mg puede impartir cierta influencia en la reproducción.

Leno *et al.* (2017) afirman que, el magnesio es un mineral importante en la ruta homeostática para regular el Ca en la sangre, y su suplementación en la dieta antes del parto se ha convertido en una práctica común para ayudar a prevenir la hipocalcemia durante el parto.

### **2.3. AMINOÁCIDOS ESENCIALES**

Los Aminoácidos (AA) son los componentes básicos de las proteínas, a pesar de que en la naturaleza existen más de 500 AA y de que cada especie biológica tiene un gran número de proteínas diferentes a las de los otros organismos, de manera común solamente intervienen en su constitución 20 AA diferentes, que se consideran indispensables para la vida (Aranda, 2002).

Villarreal (2019) describe que los aminoácidos esenciales son los que el organismo no los puede sintetizar, por esto se deben incluir en la alimentación, algunos alimentos de buena calidad son los que tienen proteínas con todos los aminoácidos esenciales, pero para que los animales tengan todos los aminoácidos se debe proporcionar una alimentación mixta, es decir forraje con balanceado

Frota *et al.* (2014) mencionan que la lisina y la metionina se consideran los principales aminoácidos limitantes para la producción y síntesis de proteína láctea de vacas de alto rendimiento.

### **2.3.1. LISINA**

Es un aminoácido que no puede ser sintetizado, por lo cual se requiere que sea suministrado, es esencial en la formación de proteínas así también es importante en la producción de diferentes hormonas que son necesarias para el funcionamiento adecuado del organismo, reparación de tejidos después de una herida y en la producción de enzimas y anticuerpos (Palhares *et al.*, 2020).

Juega un rol importante en la absorción del calcio así como a la construcción de las proteínas musculares ayudando al cuerpo a recuperarse de una herida o inflamación; además actúa como catalizador, esta no se sintetiza como aminoácido esencial, debe ser ingerida como lisina o como proteína que contenga lisina, a su vez desempeña una función importante en la formación de colágeno y es muy importante para la formación de huesos, cartílagos, tendones y tejidos incluyendo la piel (Villarreal, 2019).

### **2.3.2. METIONINA**

La metionina es un aminoácido esencial es decir que no se sintetiza en el organismo; es por esto que se debe obtener por medio de la alimentación, este aminoácido aporta varios elementos y compuestos que el organismo necesita para su correcto crecimiento y desarrollo, la metionina pertenece a un grupo de sustancias químicas que ayudan a que el hígado procese las grasas, es un

elemento principal al momento de reforzar las proteínas que están presentes en las células y tejidos (Zhang, 2018).

El aminoácido metionina puede estar presente en muchos puntos de la secuencia de aminoácidos de una proteína; sin embargo, también ocupa un lugar singular en la síntesis de proteínas, el primer aminoácido de toda proteína que se sintetiza es la metionina, ésta ayuda a evitar la acumulación de grasa en el hígado y arterias, es importante para conseguir un buen rendimiento muscular (Ruan *et al.*, 2017).

### **2.3.3. TRIPTÓFANO**

El triptófano se sintetiza a partir del ácido corísmico en una ruta de cinco pasos catalizada por tres enzimas diferentes, contiene los cinco genes estructurales que codifican subunidades diferentes tal como lo menciona (Villarreal, 2019).

Los aminoácidos cumplen una función importante en el organismo la cual es la de formar proteínas, para poder formar proteínas dentro del organismo se requiere la intervención de los diferentes aminoácidos dentro de la biosíntesis proteica, para la reparación tanto de células como de tejido se requiere un proceso de formación de proteínas que se lleva a cabo en el organismo con la presencia del triptófano (Larraín *et al.*, 2014).

## **2.4. EFICIENCIA DEL USO DE MINERALES Y VITAMINAS EN PROTOCOLOS DE IATF**

Con respecto a la investigación realizada por (Leonetti *et al.*, 2019) la aplicación de un complejo vitamínico/mineral al momento del inicio del protocolo de IATF permite suplir una carencia que puede haber sido generada por pastos de baja calidad nutricional, por lo que se produce un aumento en el porcentaje de preñez con el complejo vitamínico mineral.

Chávez (2022) considera que la IATF es una práctica reproductiva que ha tenido un gran desarrollo durante los últimos tiempos y que además implica en algunos casos

el encierre de vientres potencialmente carentes en vitaminas y minerales, el comienzo del protocolo de IATF podría ser un momento idóneo para la suplementación de los mismos, así como también el uso de minerales y vitaminas son herramientas que reducen el daño oxidativo que se genera a nivel celular por situaciones estresantes como lo son los encierres y el trabajo en la manga.

En una investigación realizada por (Leonetti, 2020) describe que, suplementar con vitaminas y minerales, al momento de colocar los dispositivos intravaginales con progesterona, produce un impacto positivo sobre la tasa de preñez.

## **2.5. VITAMINAS Y MINERALES COMO ESTRATEGIAS PARA MEJORAR LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS**

Leonetti (2020) indica que la adición de un complejo vitamínico-mineral, mejora de manera significativa la tasa de preñez, siendo más marcada esta mejora en aquellas vacas, que ingresan al protocolo de IATF con una baja condición corporal.

Resulta claro que, en determinadas circunstancias, el mal manejo de los animales durante la implementación de los protocolos de IATF se ha traducido en una disminución en el porcentaje de preñez como lo explica (Vater *et al.*, 2009), quien a su vez indica que, el uso de un complejo vitamínico-mineral ayudaría a mejorar las condiciones en las cuales el animal se defiende de dicho proceso, hecho que se traduciría en una mejora en el porcentaje de preñez post IATF.

Montiel *et al.* (2018) en sus investigaciones encontraron que las vitaminas juegan un rol indispensable en los procesos reproductivos, debido a que deficiencias de éstas vitaminas ocasionan un alto porcentaje (80%) de casos de retención de membranas fetales, esto se debe a la falla de la separación de la unión feto-maternal, las vacas que llegan al parto con baja condición corporal tienen mayor probabilidad de presentar retención de membranas fetales lo que puede ser atribuido a una deficiencia de vitamina.

Investigaciones realizadas por (González-Maldonado *et al.*, 2019) demuestran que la adición de vitamina E en conjunto con otras vitaminas, al integrarlo en los protocolos de IATF, se ha evidenciado que aumentan el número de vacas preñadas, esto posiblemente debido a que, al ser inyectadas las vacas con dichas vitaminas, producen ovocitos de mejor calidad y por lo tanto embriones viables en comparación con las vacas que no son vitaminadas.

En un estudio realizado por Vedovatto *et al.* (2019) demostraron que la administración de una sola dosis de minerales traza (MT) (60, 10, 5 y 15 mg/mL de Zn, Mn, Se y Cu, respectivamente) 30 días antes de la inseminación artificial, incrementa las concentraciones plasmáticas de enzimas antioxidantes en todas las vacas que se les aplicó, independientemente de la condición corporal y las vacas con condición corporal <5 puntos tendieron a mejorar la tasa de preñez, pero no en aquellas cuya condición corporal fue  $\geq 5$  (escala de 1-9).

## **2.6. ANESTRO**

López-Gatius *et al.* (2008) en su investigación describe que el anestro ha sido considerado durante mucho tiempo como la causa más común de infertilidad en el ganado bovino, estudios demuestran que es definido como la ausencia de estro dentro de los 35 días posteriores a la inseminación fallida, y su incidencia aumenta fuertemente en un clima cálido; las posibles formas de anestro clínico incluyen subestro, enfermedad ovárica quística e inactividad ovárica, los enfoques terapéuticos mencionan tratamientos basados en progesterona los que se consideran apropiados para la sincronización del estro en vacas anéstricas, protocolos de sincronización específicos también se han propuesto para cada tipo de anestro clínico.

De igual manera (Viracocha, 2020) menciona que el anestro es el periodo de inactividad reproductiva y calma hormonal, aun cuando existe desarrollo folicular gracias a la producción de bajos niveles de FSH, en esta fase no habrá cambios conductuales, ni morfológicos en las hembras, es decir, no hay la presencia de celo

en los animales, puede ser una etapa temporal como el caso de la preñez o puede ser permanente debido a patologías o malformaciones ováricas; existen varias causas para que las vacas presenten anestro como lo son los factores endógenos y exógenos.

Por consiguiente (De León-García *et al.*, 2023) coincide que en las vacas anéstricas existen cambios significativos en los patrones de crecimiento y desarrollo del folículo ovárico y aunque son capaces de responder a la manipulación hormonal e inducir las a la ovulación, habitualmente los folículos y el cuerpo lúteo formado son pequeños, provocando la ocurrencia de ciclos cortos, fase luteales largas y anestro posterior al servicio, ocasionando una baja tasa de concepción.

### **2.6.1. ANESTRO NUTRICIONAL**

Según Ninabanda (2018) el anestro nutricional es uno de los principales problemas en la reproducción, ya que las vacas debido a las deficiencias nutricionales no presentan su ciclicidad normal, provocando un notable incremento en el número de días abiertos, lo que finalmente se traduce en un aumento del intervalo entre partos; asimismo (Avilés-Ruiz *et al.*, 2022) señalan que, el periodo de anestro se presenta en mayor medida en aquellos animales que presentan una mala condición nutricional, por lo que la evaluación del estado nutricional de los vientres, a través de la medición de condición corporal, permitirá tomar medidas nutricionales sobre los animales que la requieran.

### **2.6.2. ANESTRO POSTPARTO**

Para Navarro *et al.* (2019) el anestro posparto es el estado de inactividad ovárica que se caracteriza por pasividad sexual sin manifestación de celo, y ausencia de ovulación, acompañada de concentraciones séricas de progesterona (P4) menores de 0.5 ng/ml.

El anestro posparto afecta directamente la eficiencia reproductiva, es el periodo de tiempo del parto al reinicio de la actividad cíclica posparto o primer estro con

ovulación, de modo que el reinicio de la etapa reproductiva posparto ocurre cuando la hembra bovina presenta un ciclo estral con ovulación que produce un ovocito viable; sin embargo, se ha demostrado que los principales factores que determinan la duración del anestro posparto son la época de parto y la paridad; el amamantamiento y la nutrición, ésta última, está muy relacionada con factores como la pérdida de condición corporal, balance energético negativo y desórdenes metabólicos (Avilés *et al.*, 2022).

En vacas de carne, el estado nutricional, la lactancia y la presencia de ternero se consideran las principales causas de la prolongación del anestro en el posparto; durante el embarazo se mantienen los pulsos de FSH y la aparición de ondas de crecimiento folicular, hasta alrededor de los 21 días preparto y a partir de ahí, los altos niveles de P4 y E2 provenientes del ovario y la placenta provocan un feedback negativo sobre el hipotálamo y la pituitaria anterior, suprimiendo la producción y secreción de GnRH, FSH y LH y cesando la actividad ovárica después del parto, la pulsatilidad de la FSH se restablece rápidamente y alrededor de los 10 días comienzan nuevamente las ondas de crecimiento folicular (Buss, 2020).

Báez y Grajales (2009) corroboran que en este proceso, la ovulación del folículo dominante depende del restablecimiento de las reservas de LH en la hipófisis anterior, que se agotan durante el embarazo; la frecuencia y amplitud de liberación de esta hormona aumentan gradualmente, alcanzando las concentraciones necesarias para la ovulación alrededor de los 25 a 30 días posparto, así, se puede decir que en condiciones fisiológicas normales, la actividad ovárica de las hembras bovinas puede reanudarse alrededor de los 30 días posparto y cuando esto no sucede, la vaca se encuentra en anestro.

## **2.7. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS BOVINOS**

### **2.7.1. EDAD AL PRIMER SERVICIO (EPS)**

Hidalgo y Vera (2019) manifiestan que, la edad idónea al primer servicio en vaquillonas es de 15 meses, sin embargo, resultados obtenidos en sus investigaciones, reflejan una edad promedio de 26 meses al primer servicio.

### **2.7.2. SERVICIOS POR CONCEPCIÓN (SC)**

Guerra *et al.* (2020) indica que, los servicios por concepción aceptables son de 1.5 a 1.8, lo cual se refiere a la cantidad de servicios necesarios para que una vaca quede gestante, esto depende de la eficiencia en la detección de estros, el manejo del semen, reabsorciones embrionarias, calidad del semen, técnica de inseminación, entre otros.

### **2.7.3. EDAD AL PRIMER PARTO (EPP)**

Es el intervalo que transcurre entre el parto y la detección del primer celo después del parto, en la mayoría de ocasiones el reinicio de la actividad ovárica se ve retardado respecto por las deficiencias nutricionales y el amamantamiento, provocando que el primer estro puede presentarse hasta 3 meses después del parto tal como lo describe el Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI, 2018).

### **2.7.4. DÍAS DEL PARTO A PRIMER SERVICIO (DPPS)**

Se lo denomina así al tiempo que transcurre desde el parto hasta que se da el primer servicio, durante el cual se lleva a cabo la involución uterina, este periodo debe ser menor a 85 días, el incremento en la duración de este periodo, puede ser considerado como sospecha de una patología, debido a que las infecciones uterinas son en mayor medida las causantes de retraso en la involución uterina (Montiel *et al.*, 2020).

### **2.7.5. INTERVALO PARTO-CONCEPCIÓN (IPC)**

Según La Roche *et al.* (2019) este parámetro no debe exceder de los 100 días, y corresponde al tiempo que transcurre entre el parto y la nueva gestación, los cuales pueden ser denominados como días abiertos.

### **2.7.6. TASA DE CONCEPCIÓN (PC)**

Es representado como un porcentaje, el cual se refiere al número de animales que quedan preñados, en relación del número total de animales inseminados, esta puede ser un indicador del estatus reproductivo de la ganadería, de 55 al 80% se considera un buen porcentaje de concepción (Ukita *et al.*, 2022).

### **2.7.7. SERVICIOS POR CONCEPCIÓN (SPC)**

El número requerido de servicios para que se constituya una gestación permite determinar la fertilidad de individuo o lote de individuos, es por ello que este parámetro es importante para conocer los aspectos fisiológicos de la hembra durante el desarrollo embrionario temprano y la implantación, así como los factores que influyen sobre esta fase inicial de gestación (temperatura, manejo, nutrición) (Villaroel, 2022).

### **2.7.8. TASA DE PREÑEZ**

Esta se refiere al número de vacas que quedan gestantes, durante un periodo determinado dividido entre el total de vacas en el hato elegibles para ser servidas, la tasa de preñez se considera un rápido e importante indicador de la eficiencia reproductiva, el cual está influenciado por: el método de detección de estros, tipo de empadre, técnica de inseminación, calidad del semen, tamaño del hato, raza, edad, enfermedades infecciosas, reabsorciones embrionarias y muerte fetal (Minela *et al.*, 2021).

## 2.8. DINÁMICA FOLICULAR BOVINA

De Moraes *et al.* (2004) describen que la hembra bovina presenta, al nacer, alrededor de 100.000 folículos primordiales en los ovarios, estos folículos que componen este grupo de reserva pueden permanecer en estado de reposo o iniciar un proceso de desarrollo irreversible que culmina en la ovulación o atresia; de igual manera mencionan que el número de folículos en fase antral en un momento dado del ciclo estral depende de la tasa de movilización de la reserva de folículos primordiales y, consecutivamente, del apoyo que brindan los factores de crecimiento y las gonadotropinas hipofisarias.

Para (Filipiak *et al.*, 2016) el crecimiento folicular en bovinos sexualmente maduros ocurre en “ondas” de crecimiento folicular, a su vez (Motta *et al.*, 2011) refieren que, la dinámica folicular en la hembra bovina es desencadenante de los procesos reproductivos y de las fases del ciclo estral, no obstante, estos eventos están regulados por un complejo conjunto de elementos que se interrelacionan y permiten que se presente la ovulación como punto final del ciclo estral y punto inicial en la vida reproductiva de la hembra bovina; a su vez se afirma que las hormonas sexuales juegan un papel influyente en el ciclo estral, mismas que se encuentran reguladas por el sistema neuroendocrino del eje hipotálamohipófisis-ovarios-útero.

Titi *et al.* (2020) describen que la dinámica folicular podría definirse como un proceso de crecimiento continuo y de regresión de folículos antrales, lo cual conlleva al desarrollo de un folículo pre-ovulatorio; mencionan además que en las vacas, la dinámica folicular se desarrolla en forma de ondas, fueron descritas dos o tres ondas foliculares durante el ciclo estral.

Por consiguiente (Alfaro-Astamina *et al.*, 2020) en su investigación agregan que, la comprensión actual que se le da a la dinámica folicular es la suma de estudios endocrinológicos e histológicos que se apoyan siempre con técnicas ecográficas; las variaciones en la dinámica folicular se pueden deber a factores externos como

la estación, la alimentación o el manejo, pero también pueden variar por factores internos como la raza

### **2.8.1. FASES DEL DESARROLLO FOLICULAR**

De acuerdo con (Borges, 2001) el monitoreo diario de las estructuras ováricas mediante ultrasonografía ha demostrado que el ganado tiene ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral, las vacas y novillas pueden tener dos o tres ondas por ciclo, siendo un folículo dominante en cada una de ellas; por lo tanto, se encuentra una población de folículos pequeños, medianos y grandes en cada ovario durante todos los días del ciclo estral.

El número de ondas parece estar asociado con la duración del ciclo y la duración de la fase lútea) lo que conlleva a que las ondas de crecimiento folicular se pueden detectar en los días 0 y 9 o 0, 9 y 16 para ciclos con dos o tres ondas, respectivamente y está compuesto por un folículo dominante y sus subordinados. (Fortune y Kastelic, 1994 citado por Borges, 2001).

#### **2.8.1.1. RECLUTAMIENTO DE FOLÍCULOS PRIMORDIALES**

Gigli *et al.* (2006) indican que éstos se caracterizan por el ovocito I detenido en la profase de su primer división meiótica (diploteno) rodeado por una capa plana de células de la granulosa los que van a formar parte de la reserva gametogénica que una hembra va a utilizar en toda su historia reproductiva; es a partir de esta población que se origina toda la población de folículos en crecimiento, se estima que en el bovino se encuentran alrededor de 42.00-325.000 folículos primordiales, lo que la mayoría de ellos se atresian antes de adquirir las condiciones de folículo preovulatorio

Por consiguiente (Vargas, 2020) corrobora que, dentro de las ondas foliculares se lleva a cabo el reclutamiento de una cohorte de folículos antrales pequeños en la superficie de los ovarios y la selección de un folículo dominante que continúa creciendo, mientras los demás desarrollan atresia.

A su vez (Castañeda, 2009) describe que, el reclutamiento es el proceso por el cual un grupo de folículos, provenientes del conjunto de folículos en crecimiento lento, inicia un crecimiento rápido bajo el estímulo de la oleada de FSH, cuando ésta alcanza su pico de concentración los folículos más grandes de la onda tienen un diámetro de aproximadamente cuatro mm; posterior a ello, tres días después, cuando los folículos más grandes miden aproximadamente ocho mm de diámetro, se selecciona un solo folículo para continuar creciendo que se transforma en dominante, mientras que los demás regresan.

#### **2.8.1.2. SELECCIÓN**

Se describe como selección al proceso de reducir los folículos reclutados a un porcentaje menor para que ocurra la ovulación en una especie específica, estos folículos seleccionados empiezan a secretar estrógeno, dando inicio a mecanismos de retroalimentación negativa, regulando las gonadotropinas FSH y LH durante el ciclo (Colazo, y Mapletoft, 2017). Por ende, La FSH es decisivo para el desarrollo folicular y la LH es crucial para los folículos ovulatorios ya que al final de una onda, cuando ocurre la ovulación, sobre el folículo las concentraciones de FSH circulantes aumentan 1.5 a 2 veces durante los siguientes 2 días y alcanza un máximo en 12 a 24 horas aproximadamente antes de la emergencia de una onda folicular (Calsin, 2019).

#### **2.8.1.3. DOMINANCIA**

Filipiak *et al.* (2016) describen en su investigación que, es el proceso por el cual el folículo seleccionado domina ejerciendo un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. (Gigli, 2006) corrobora que éste folículo alcanza un tamaño marcadamente superior a los demás, y es responsable de la mayor secreción de estradiol y continúa su desarrollo; la causa por la cual regresiona el folículo dominante de las primeras ondas (1 de 2 ondas y 2 de 3 ondas) sería la presencia de una baja frecuencia de los pulsos de LH debido a los altos niveles de

progesterona, que provocan una menor síntesis de andrógenos y en consecuencia una menor síntesis de estradiol que inician la atresia folicular.

### **2.8.2. ONDAS FOLICULARES**

Una onda de crecimiento folicular se desarrolla durante el ciclo estral del bovino que llevará a cabo la ovulación, ésta en su forma completa, constituye el desarrollo sincrónico entre 3 a 6 folículos pequeños, empezando con tamaños de 4 a 5 mm, con la selección de un Folículo Dominante (FD); a través de una observación constante de ondas foliculares vía ecografía, el bovino tiene en cualquier parte, de una a cuatro ondas foliculares, Además, estudios han mostrado que un 95% de ciclos estrales de bovinos contienen dos o tres ondas tal como lo describe (Vargas, 2020).

En su investigación (Colazo y Mapletoft, 2017) afirman que los ciclos estrales de cuatro ondas se observan ocasionalmente en *Bos indicus*, además, refieren a que los ciclos estrales compuestos por 4 o más ondas foliculares son acompañados por un intervalo interovulatorio prolongado como consecuencia del retraso en la luteólisis o una falla de ovulación, es decir que, en los animales *Bos indicus* mayor cantidad de folículos son reclutados en cada onda folicular y tienen más ondas foliculares por ciclo estral, a su vez se refleja que el diámetro del folículo ovulatorio es más pequeño y consecuentemente el tamaño del CL y la concentración de P4 circulante serán menores.

## **2.9. PROTOCOLOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO**

Según (Raso y Esquel, 2012) “la Inseminación artificial a Tiempo Fijo es una técnica que, mediante la utilización de hormonas, permite sincronizar los celos y ovulaciones con lo cual es posible inseminar una gran cantidad de animales en un período corto de tiempo”; además (López, 2017) menciona que, a lo largo del tiempo se desarrollado múltiples tratamientos hormonales, que son capaces de controlar el

momento de la ovulación, tratamientos que han sido ampliamente utilizados en vacas en condiciones de anestro.

Hay una amplia variedad de protocolos para la sincronización del ciclo estral, empleando productos hormonales, tal como los dispositivos intravaginales con progesterona y estrógenos, junto con un agente luteolítico al final del tratamiento que permiten controlar el ciclo estral y conducir efectivamente a llevar a cabo la IA, lo cual puede ser hecho en animales cíclicos como en animales que estén en condición de anestro (Rodríguez, 2021).

### **2.9.1. PROTOCOLOS CON PROGESTÁGENOS Y ESTRÓGENOS PARA IATF**

Consisten en la inserción de un dispositivo intravaginal de P4 junto a una dosis de 2 mg Benzoato de estradiol (BE) en cualquier momento del ciclo, lo que induce la atresia folicular y sincroniza la emergencia de una nueva onda aproximadamente 4 días más tarde, logrando un alto porcentaje de animales sincronizados, lo que permite que al día 7 u 8 de colocado el dispositivo de P4, haya un ovocito viable y con tamaño suficiente (>10mm) capaz de ovular, al mismo tiempo se retira el dispositivo y se aplica una dosis luteolítica de prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ), adicional una dosis de Gonadotrofina coriónica equina (eCG) debido a su comprobada mejoría en las tasas de preñez tanto en multíparas como en nulíparas (Yáñez *et al.*, 2018).

Se puede aplicar 1 mg BE 24 hora más tarde como inductor de la ovulación, o 0,5 mg de Cipionato de Estradiol (ECP) en el momento de remoción del dispositivo, se menciona que el tratamiento con ECP es el más utilizado actualmente por la reducción en el número de veces que los animales deben pasar por las mangas: posterior a ello, la inseminación se hace entre las 48 y 56 horas de retirado el dispositivo y administrada la PGF2 $\alpha$  (Bruschi, 2020).

## **2.9.2. HORMONAS UTILIZADAS EN LOS PROTOCOLOS DE IATF**

### **2.9.2.1. PROGESTERONA (P4)**

Como expresa (Álvarez, 2022) la progesterona es una hormona esteroide secretada por el cuerpo lúteo y por la placenta, esta hormona participa en los procesos reproductivos, como lo son el establecimiento, y el mantenimiento de la gestación; en cuanto a su síntesis (Aréchiga *et al.*, 2019) manifiestan que la progesterona es sintetizada a partir del colesterol, el cual lo obtiene de la circulación sanguínea unido a lipoproteínas de alta densidad (HDLP) y de baja intensidad (LDPL).

### **2.9.2.2. ESTRADIOL**

Atuesta y Diaza (2011) mencionan que es un estrógeno secretado por el folículo, el cual posee relación con la expresión del celo en las vacas, esto está asociado con el aumento de los niveles circulantes de estradiol y la disminución de los niveles de progesterona; según (Dysart *et al.*, 2021) la incorporación de estradiol en un régimen de tratamiento de sincronización puede mejorar las tasas de preñez porque las concentraciones preovulatorias de estradiol son importantes para el establecimiento de la gestación.

### **2.9.2.3. PROSTAGLANDINA**

De acuerdo con (Juengel *et al.*, 2022) estas son reguladores importantes de la fertilidad que participan en múltiples procesos reproductivos como, la involución uterina, la progresión de la enfermedad uterina, la función lútea, la ovulación, el desarrollo embrionario temprano y el parto, generalmente el útero es una fuente importante para la producción de prostaglandinas.

### **2.9.2.4. GONADOTROPINA CORIÓICA EQUINA (eCG)**

Es una glicoproteína que a través de su actividad FSH y LH estimula el crecimiento folicular, aumentando el tamaño del folículo y las concentraciones plasmáticas de

progesterona, la adición de eCG al momento del retiro del dispositivo intravaginal, mejora el desarrollo embrionario y el mantenimiento de la preñez (Souza, 2009).

#### **2.9.2.5. DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES CON PROGESTERONA**

Estos son una herramienta eficaz para optimizar el rendimiento reproductivo de los rebaños, el uso de dispositivos con progesterona está ampliamente establecido, como una estrategia para mejorar la sincronización y aumentar la fertilidad en programas de IATF (Oliveira *et al.*, 2021).

### **2.10. PRODUCTOS IMPLEMENTADOS DE LA COMPAÑÍA FIGA EN EL PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN PREVIO A IATF**

#### **2.10.1. COMPUESTO MULTIVITAMÍNICO NUTRIFIG®**

##### **2.10.1.1. PRINCIPIOS ACTIVOS**

Cada 100 mL de solución inyectable estéril contiene:

Cloruro de sodio 50 mg (Aporta sodio 19 mg), Cloruro de magnesio 6H<sub>2</sub>O 651 mg (Aporta magnesio 78 mg), Cloruro de zinc 20 mg (Aporta zinc 10 mg), Sulfato de cobre 5H<sub>2</sub>O 19 mg (Aporta cobre 5 mg), Sulfato de cobalto 7H<sub>2</sub>O 20 mg (Aporta cobalto 4 mg), Yoduro de potasio 15 mg (Aporta yodo 11 mg), Fosfato monosódico 1600 mg (Aporta fosforo 413 mg), Excipientes c.s.p. 100 ml.

Piridoxina 300 mg, Nicotinamina 400 mg, Tiamina HCL 10 mg, Riboflavina 5-fosfato sódico 5 mg, Cianocobalamina 1mg, D-Pantenol 15 mg, S-Adenosil-L-Metionina (SAME) 50 mg, Glutamato monosodico 30 mg, L-Lisina HCl 1000 mg, DL-Metionina 250 mg.

Concentrado de aminoácidos 30000 mg:

(L-Arginina 180 mg, Glicina 180 mg, L-Histidina 60 mg, L-Leucina 180 mg, L-Triptofano 60 mg, L-Valina 120 mg, L-Isoleucina 120 mg, L-Fenilalanina 180 mg,

Ácido aspártico 540 mg, L-Serina 270 mg, L-Treonina 150 mg, L-Alanina 360 mg, L-Prolina 240 mg, L-Tirosina 90 mg, Cisteina 30 mg, Ácido glutámico 870 mg, L-Metionina 45 mg, L-Lisina 210 mg).

## **2.10.2. COMPLEJO MINERAL FOSFOLAMINA-SE®**

### **2.10.2.1. PRINCIPIOS ACTIVOS**

Cada ml de solución inyectable, contiene:

Fosforilcolamina 120 mg (equivalente a 26 mg de fósforo), Sulfato de zinc heptahidrato 15 mg (equivalente a 3,4 mg de Zinc), Yoduro de potasio 20 mg (equivalente a 15 mg de Yodo), Selenito de sodio 0,34 mg (equivalente a 0,1 mg de Selenio), Vitamina B12 (cianocobalamina) 50 µg, Excipientes c.s.p. 1 mL.

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en la provincia de Esmeraldas en el cantón Atacames, en el sitio Same, en la Hacienda Caletasame, ubicada entre las coordenadas geográficas  $0,8548^{\circ}$  o  $0^{\circ} 51' 17''$  de latitud norte,  $-79,9147^{\circ}$  o  $79^{\circ} 54' 53''$  de Longitud oeste, y se halla a una altitud de 5 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.)

Figura 3.1. Ubicación del cantón Atacames



Fuente: Google Maps (2022)

#### 3.1.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Tabla 3.1. Condiciones meteorológicas del cantón Atacames

Variables	Promedio
Precipitación media anual	600 mm
Temperatura media anual	25.5°
Humedad Relativa anual	83%

Fuente: Municipio de Atacames (2020)

## **3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO**

Esta investigación tuvo una duración de 24 semanas a partir de la aprobación de la planificación del proyecto, las cuales se distribuyeron en 16 semanas de trabajo de campo y posterior a ello 8 semanas para redacción, tabulación de datos y presentación de resultados al tribunal de tesis.

## **3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

### **3.3.1. MÉTODOS**

En la presente investigación se empleó el método experimental, el cual consiste en someter a un objeto o grupo de individuos en determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente) (Guevara *et al.*, 2020); adicional, se utilizó el método analítico sintético, el que permite realizar la síntesis de los resultados obtenidos, y así descubrir las relaciones y características generales entre ellos (López y Ramos, 2021).

### **3.3.2. TÉCNICAS**

En esta investigación se empleó las técnicas de observación y medición, a través de la ultrasonografía transrectal de tiempo real con transductor lineal 7.5 MHz (Mindray® DP-50 Vet, Shenzhen, China), para determinar el diámetro de las diferentes estructuras ováricas a medir y a su vez la evaluación de la variable de respuesta, como lo es la tasa de concepción.

## **3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL**

Las unidades experimentales se conformaron por un total de 54 vacas cebuinas adultas de raza Nelore con cría al pie; del total de las vacas, 27 fueron suplementadas con vitaminas y minerales en combinación con el protocolo de IATF y 27 vacas consideradas como grupo control (sin suplemento).

### **3.5. VARIABLES A MEDIR**

#### **3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Compuesto multivitamínico Nutrifig®

Complejo mineral Fosfolamina-Se®

#### **3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Diámetro del folículo dominante (mm)

Diámetro del folículo ovulatorio (mm)

Tasa de ovulación (%)

Tasa de concepción (%)

### **3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.6.1. SELECCIÓN DE ANIMALES**

En primera instancia, se seleccionaron 54 vacas que cumplieron con los requerimientos fisiológicos reproductivos adecuados para la investigación, tales como: Condición Corporal (CC) óptima; aquellas vacas que se encuentren en un intervalo de 2,5 a 3,5 en una escala de 1 a 5, en la que 1 corresponde a un animal extremadamente flaco y 5 extremadamente gordo. De igual manera, animales que no hayan presentado patologías reproductivas (partos distócicos, infecciones uterinas y tracto reproductivo, retención placentaria, entre otras). Para efecto de esto, se utilizó la observación objetiva general y la ultrasonografía transrectal respectivamente.

Luego de la selección, estos animales fueron divididos en dos grupos: 27 vacas para el grupo control y 27 vacas para el grupo tratamiento.

### **3.6.2. APLICACIÓN DE COMPLEJOS NUTRICIONALES (FOSFOLAMINA-SE® Y NUTRIFIG®)**

Posterior a la selección de animales, y en combinación con el protocolo de IATF se realizó la aplicación de complejos nutricionales Fosfolamina-Se® y Nutrifig®, la que se llevó a cabo en dos aplicaciones; la primera al iniciar el protocolo de IATF y la segunda el día del retiro del Dispositivo Intravaginal Bovino (DIB); la aplicación de estos se efectuó de la siguiente manera:

Se aplicó 20 ml del complejo mineral vía intramuscular a los 27 animales del grupo tratamiento, con un intervalo de 8 días con un total de 2 aplicaciones por animal.

El compuesto multivitamínico fue aplicado a razón de 8 ml por animal vía intramuscular, con un intervalo de 8 días con un total de 2 aplicaciones a los 27 animales del grupo tratamiento.

### **3.6.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE IATF**

Se inició el protocolo de sincronización convencional con dispositivo intravaginal, el cual se llevó a cabo mediante la administración de hormonas, y el procedimiento a realizar se describe a continuación:

Al día 0 del protocolo se aplicó el Dispositivo Intravaginal Bovino (DIB) que contiene 0,5 gr de progesterona + 2 mg (2 ml) vía I.M. de benzoato de estradiol (BE); 8 días después se retiró el DIB y se administró 1 mg (1 ml) vía I.M. de cipionato de estradiol (ECP) + 0,15 mg (2 ml) vía I.M. de prostaglandina (PG F2 $\alpha$ ) + 400 UI (2 ml) de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) administradas vía I.M.

### **3.6.4. MEDICIÓN DEL FOLÍCULO DOMINANTE Y FOLÍCULO OVULATORIO**

Posteriormente, tras el retiro del DIB y aplicación de complejo mineral Fosfolamina-Se® y compuesto multivitamínico Nutrifig®, se procedió a realizar la ecografía transrectal para determinar el tamaño del folículo dominante.

Al día 10 del protocolo de sincronización se realizó una ecografía transrectal para determinar el diámetro del folículo ovulatorio y posteriormente se procedió a realizar la inseminación artificial.

### **3.6.5. CÁLCULO DE LA TASA DE OVULACIÓN**

Mediante la ultrasonografía transrectal se procedió a la búsqueda de cuerpo lúteo como indicativo de ovulación, esto se realizó 72 horas post inseminación artificial.

### **3.6.6. ESTABLECER LA CORRELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO FOLICULAR SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN.**

Los resultados obtenidos de la medición del folículo ovulatorio y tasa de ovulación, fueron evaluados mediante el uso de software estadístico InfoStat versión 2020 aplicando el método de Pearson; el cual permitió medir si existen o no grados de asociación entre el tamaño del folículo ovulatorio y la tasa de concepción.

### **3.6.7. DETERMINACIÓN DE CONCEPCIÓN AL DÍA 30 POST INSEMINACIÓN**

Una vez realizada la IATF, se llevó a cabo la detección de concepción en la totalidad de las vacas sometidas al experimento, mediante la técnica de palpación rectal y el uso de ultrasonografía, esto se llevó a efecto al día 30 post inseminación artificial para detectar gestación temprana.

Con los resultados obtenidos, se analizó si existen efectos de la aplicación de complejos nutricionales sobre la tasa de concepción, para lo cual se compararon los datos expuestos de las vacas que fueron sometidas al tratamiento frente a las que conformaron el grupo control mediante el uso de la prueba estadística Chi cuadrado.

### **3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL**

En esta investigación experimental, no fue posible la aplicación de un diseño experimental clásico, debido a que la misma se realizó mediante una comparación de dos grupos homogéneos, conformados por grupo control y tratamiento.

### **3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En la presente investigación se implementó t de Student mediante el uso de software estadístico InfoStat versión 2020 como prueba de análisis estadístico, debido a que esta permite determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos grupos, cuyas variables dependientes tienen una distribución normal (Shah *et al.*, 2014).

Adicional a esto se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Mann-Whitney U) empleada para la comparación de dos muestras independientes, ya sea con variables cuantitativas o cualitativas ordinales (de rango) (Rivas- Ruiz, R. *et al.*, 2013).

Para los objetivos donde se pretendió medir la relación entre el tamaño del folículo ovulatorio sobre la tasa de concepción se utilizó correlación de Pearson, lo cual permitió establecer la relación entre las variables de estudio, en un rango de valores de (+1 a -1) (Lalinde *et al.*, 2018).

Para verificar si los resultados obtenidos en la tasa de concepción eran independientes o dependientes de los complejos nutricionales se utilizó la prueba estadística no paramétrica Chi- cuadrado la cual es un contraste para determinar la dependencia o independencia de caracteres cualitativos (Saldaña, 2011).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE Y OVULATORIO

El tamaño del folículo dominante obtenido en el grupo de vacas al cual se le aplicó el complejo nutricional es significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) al exhibido por el grupo al cual no se le suministro. Así mismo, se observó que el diámetro del folículo ovulatorio no evidenció diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ), Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Medida de resumen de diámetro del folículo dominante y ovulatorio

Tratamiento	Número de vacas	Folículo Dominante	Folículo Ovulatorio
T0: Protocolo convencional	27	10.14 $\pm$ 1.99 <sup>a</sup>	11.13 $\pm$ 1.39 <sup>a</sup>
T1: Protocolo convencional + complejos nutricionales	27	8.90 $\pm$ 1.83 <sup>b</sup>	11.23 $\pm$ 1.31 <sup>a</sup>

Valores en columnas con letras distintas existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

Los valores obtenidos en el presente estudio (11,23 mm) son análogos a los observados en vacas de raza Nelore (11,10 mm), localizadas en Brasil (Sá Filho *et al.*, 2010). Sin embargo, en raza Holstein en condiciones reproductivas normales y suplementadas con Vitamina C (6000 mg) y vitamina E (6000 UI), se obtuvieron folículos ovulatorios de 16,5 mm. (González-Maldonado *et al.*, 2019).

Estas diferencias se han atribuido a factores tales como: el tipo de alimentación, condiciones agroecológicas y raza (Perry *et al.*, 2005)

Un estudio realizado por Borges *et al.* (2004), demostraron que en condiciones normales el diámetro del folículo dominante de las vacas Nelore después del inicio de cualquiera de las ondas foliculares, la tasa de crecimiento folicular fue de 1,1 a 1,4 mm/día hasta alcanzar el diámetro máximo; resultados que varían frente a la presente investigación, debido a que bajo en condiciones de anestro se obtuvo una

tasa de crecimiento menor, siendo ésta de 0.49 mm/día para T0, mientras que T1 con la administración de complejos nutricionales en combinación con protocolos de sincronización de IATF, mostró una tasa de crecimientos de 1,16 mm/día, la cual se encuentra en el rango expresado por Borges *et al.* (2004).

Los complejos nutricionales (vitaminas y minerales) inducen un balance energético positivo, atenuando la apoptosis de las células foliculares, promoviendo la activación, crecimiento e incremento de los folículos, y disminuyendo el número de folículos atrésicos, (Perdomo *et al.*, 2017; Gonzalez-Maldonado *et al.*, 2019).

## 4.2. CÁLCULO DE LA TASA DE OVULACIÓN

La tasa de ovulación fue del 92,59 % para ambos tratamientos aplicados; Tabla 4.2. No se evidenció diferencia estadística ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 4.2.** Tasa de ovulación en vacas

Tratamiento	Nº Vacas	No ovulación	Ovulación	% de tasa de ovulación
T0: Protocolo convencional	27	2	25	92.59% <sup>a</sup>
T1: Protocolo convencional + complejos nutricionales	27	2	25	92.59% <sup>a</sup>
<b>P-valor</b>	<b>&gt;0,9999</b>			

Valores en columnas con letras iguales, no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

Los resultados obtenidos (92.59%) son comparables a los reportados por Portilla *et al.*, 2015; Ortiz *et al.*, 2019, quienes obtuvieron un valor de 95,2% de ovulación en novillas mestizas Cebú y 94% en vacas mestizas en la Amazonía ecuatoriana respectivamente, aplicando el protocolo de sincronización, empleado en la presente investigación; pero mayor a los observados en vacas Bos indicus (84,9 %) (Sá Filho *et al.*, 2010)

El resultado obtenido demuestra que, bajo las condiciones de manejo y el ambiente en el que se llevó a cabo el experimento, la implementación de complejos nutricionales con componentes que contribuyen a mejorar la eficiencia reproductiva, no logró alcanzar una mayor tasa de ovulación. Sin embargo, evidencia que el protocolo de sincronización implementado fue altamente efectivo en términos de inducción y coordinación de la ovulación en las vacas involucradas en el estudio.

#### 4.3. CORRELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DEL FOLÍCULO OVULATORIO SOBRE LA TASA DE CONCEPCIÓN

La tabla 4.3 muestra mediante el coeficiente de correlación de Pearson los siguientes valores: en T0 se obtuvo un valor ( $r = -0.02$ ) lo que indica una relación nula entre el tamaño del folículo ovulatorio y la tasa de concepción para T1 el valor fue ( $r = 0.25$ ), lo que determina una correlación débil, entre la tasa de concepción y el tamaño del folículo ovulatorio; los valores ( $P > 0.05$ ) obtenidos en ambos tratamientos indican que no existe diferencia significativa en ninguno de los casos.

**Tabla 4.3.** Correlación entre el tamaño del folículo ovulatorio sobre la tasa de concepción

Tratamiento	Número de vacas	Coefficiente de Correlación de Pearson	P- valor
T0: Protocolo convencional	27	-0.02	0.91
T1: Protocolo convencional + complejos nutricionales	27	0.25	0.21

\* Indica  $P \leq 0.05$ , correlación significativa

Estos resultados concuerdan con los reportados por Flores *et al.* (2020) donde se observó que no existe relación entre el diámetro del folículo ovulatorio y el porcentaje de concepción Sin embargo, Correa *et al.* (2013) evidenciaron una relación positiva en vacas Brahman, entre el diámetro del folículo ovulatorio y la tasa de concepción, a mayor tamaño del folículo ovulatorio se incrementó la probabilidad de concepción.

#### 4.4. TASA DE CONCEPCIÓN AL DÍA 30 POST-INSEMINACIÓN

Los resultados de esta investigación en la tabla 6 evidenciaron que los porcentajes de concepción de tratamiento T1, correspondiente a la combinación de complejos nutricionales con el protocolo de sincronización obtuvo un promedio de 33,33% de concepción, mientras que el tratamiento T0 correspondiente al protocolo convencional, obtuvo un porcentaje de concepción más bajo 29,63%, sin embargo, al realizar la prueba Chi-cuadrado se obtuvo un p-valor ( $p > 0.05$ ), lo que determina que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

**Tabla 4.4.** Tasa de concepción en vacas

Tratamiento	Vacas gestantes	Tasa de concepción día 30 post IA
T0: Protocolo convencional	8/27	29,63% <sup>a</sup>
T1: Protocolo convencional + complejos nutricionales	9/27	33,33% <sup>a</sup>
<b>P-valor</b>	0,7695	

Valores en columnas con letras iguales no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ )

Los resultados obtenidos son similares a los de otros estudios realizados en Sudamérica, en los que se reportó que la suplementación vitamínico mineral, previo a la IATF, tanto en vaquillonas de primer servicio, como en vacas lecheras no aumentó los porcentajes de concepción de manera significativa (Di Liscia, 2020 y Tramontin, 2020); sin embargo, en la investigación realizada por (Fazzio, 2017) la suplementación mineral y vitamínica vía inyectable al inicio de un protocolo de IATF logró aumentar de manera significativa el porcentaje de concepción en vaquillonas; así mismo (De Gouvêa, 2018) encontró un efecto positivo de la combinación de  $\beta$ -caroteno y vitaminas ADE + biotina aumentando la tasa de concepción en la primera IATF en vacas de carne en pastoreo.

Los parámetros reproductivos en líneas generales varían en función de las condiciones agroecológicas, raza, época del año, control sanitario, manejo, entre otros aspectos (Montiel *et al.*, 2018).

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

La aplicación de complejos nutricionales mejoró la tasa de crecimiento folicular en vacas anéstricas Nelore

No se evidenció aumento de la tasa de ovulación al combinar el uso de complejos nutricionales y el protocolo IATF, sin embargo, los valores obtenidos en el presente estudio son aceptables.

No existió correlación entre el tamaño del folículo ovulatorio y la tasa de concepción.

La suplementación nutricional inyectable combinado con un protocolo de sincronización para IATF, mostró una tendencia en el aumento de la tasa de concepción en vacas anéstricas Nelore.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

Evaluar el protocolo aplicado en la presente investigación incrementando el número de animales y establecer como criterio condiciones climáticas.

Ensayar multivitamínicos (vitaminas y minerales), modificando la dosis y frecuencias de aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro-Astorima, M. I., Ormachea-Sánchez, H. H., y Alvarado-Malca, A. E. (2020). Dinámica folicular ovárica en vacas criollas bajo condiciones de pastoreo en la zona altoandina del Perú. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 621-628. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.18>
- Álvarez, A. (2022). Señales embrionarias y hormonas placentarias: bases moleculares y potencial uso para el diagnóstico y el seguimiento de la gestación en animales de interés productivo. *Latin American Archives of Animal Production*, 30(3), 155-178. <https://doi.org/10.53588/alpa.300302>
- Apaza, P. J.J. (2014). Vitaminas liposolubles. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 41,2151. [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v41/v41\\_a06.p](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v41/v41_a06.p)
- Aranda, J. (2002). *Desarrollo de un método por cromatografía de líquidos de alta resolución para análisis de aminoácidos en ingredientes utilizados en la alimentación animal (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León)*. <http://eprints.uanl.mx/5793/1/1020148806.PDF>
- Aréchiga, C., Cortés, Z., Hernández, P., Flores, G., Rochín, F., & Ruiz-Fernández, E. (2019). Function and regression of the corpus luteum during the estrous cycle. *Abanico veterinario*, 9. <https://doi.org/10.21929/abavet2019.924>
- Ashwin, K., Paladan, V., Uniyal, S., Sahoo, J. K., Perween, S., Gupta, M., & Singh, A. (2018). An update on B vitamin nutrition for cattle. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7(07), 188-192. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.023>
- Atuesta, J., y Díaz, A. (2011). Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos. *Spei Domus*, 7(14). <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/sp/article/download/598/565>
- Avilés-Ruiz, R., Barrón-Bravo, O., Alcalá-Rico, J., Salinas-Chavira, J., Flores-Nájera, M., Ruiz-Albarrán, M. (2022). Deficiencias nutricionales que afectan al reinicio de la ciclicidad posparto en bovinos doble propósito. *Abanico Veterinario*, 12, e2022-18. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.251>
- Báez, G., y Grajales, H. (2009). Anestro posparto en ganado bovino en el trópico. *Revista MVZ Córdoba*, 14(3), 1867-1875. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-02682009000300011&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682009000300011&lng=en&tlng=es)
- Balarezo, L., García, J., Artiles, E., Benavides, H., Mora, S., Vargas, S. (2017). Contenido mineral en suelo y pastos en rebaños bovinos lecheros de la región andina de Ecuador. *Centro Agrícola*.

- Ballene, M., Landi, H., Bilbao, G., Dick, A. Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche: una actualización bibliográfica. [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2003/99A-2/99A-2\\_04.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2003/99A-2/99A-2_04.pdf)
- Borges, Á. Torres, C., Ruas, J., Rocha, V., Carvalho, G. (2001). Dinâmica folicular ovariana em novilhas mestiças Holandês-Zebu. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia [online]*. v. 53, n. 5., pp. 595-604. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352001000500015>
- Borges AM, Torres CAA, Rocha Júnior VR, Ruas JRM, Gioso MM, Fonseca JF, Carvalho GR, & Maffili VV. (2004). Dinâmica folicular y momento de la ovulación en vacas Gir y Nelore no lactantes durante dos temporadas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 56 (3), 346–354. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352004000300010>
- Bruschi, M. (2020). *Comparación de la tasa de preñez de los protocolos J-synch y convencional en vaquillonas de carne* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba). <https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/COMPARACION-DE-LA-TASA-DE-PRENEZ-DE-LOS-PROTOCOLOS-J-SYNCH-Y-CONVENCIONAL-EN-VAQUILLONAS-DE-CARNE-ALONSO.pdf>
- Buss, V. (2020) Efeito da dose e momento de administração da eCG em protocolos de IATF aplicados a vacas de corte em anestro pós-parto. <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgca/files/2021/12/dissertacao-de-mestrado-vanessa-buss-assinado-entregar.pdf>
- Calsin, R. (2019). Dinámica folicular ovárica del bovino nelore en la Región de Madre de Dios. <https://n9.cl/hm2wj>
- Castañeda, L. (2009). Fisiología de la reproducción bovina: desde la fecundación hasta la implantación embrionaria. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1312&context=medicina\\_veterinaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1312&context=medicina_veterinaria)
- Celis, Z. C. (2002). Efecto de la suplementación parenteral con Selenio, Cobre, Zinc y Yodo sobre los días abiertos en hembras de carne del departamento del Meta. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/139>
- Chávez, N. (2022). Efecto de minerales y vitaminas en protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), como mejoradores de la gestación en vacas. *Universidad Técnica de Babahoyo*. <https://n9.cl/v3fqs>
- Chifflet, R. B. (2020). *Uso de la IATF como herramienta para mejorar la rentabilidad en establecimientos de cría en Uruguay* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba). <https://iracbiogen.com/wp->

content/uploads/2021/06/Usode-la-iatf-como-herramienta-para-mejorar-la-rentabilidad-en-establecimientos-de-cria-en-Uruguay-Bardier.pdf

Cravero, E., Martino, Pontarelli, F., Ruiz, M., Aguirre, F., Russi, N., Allasia, M. (2018). Descripción de dos casos de carencia vitamínica con similar signología nerviosa. VI JORNADA DE DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN: [https://www.fcv.unl.edu.ar/investigacion/wp-content/uploads/sites/7/2018/11/SA\\_CRAVERO\\_DESCRIPCION.pdf](https://www.fcv.unl.edu.ar/investigacion/wp-content/uploads/sites/7/2018/11/SA_CRAVERO_DESCRIPCION.pdf)

Colazo, M., y Mapletoft, R. (2017). Fisiología del ciclo estral bovino. *Ciencia Veterinaria*, 16(2), 31-46. <https://doi.org/10.19137/cienvet20141623>

Correa-Orozco, A., Uribe-Velásquez, L., y Pulgarín-Velásquez, E. (2013). Factores que afectan la preñez en vacas Brahman sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista MVZ Córdoba*, 18(1), 3317-3326. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682013000100010&script=sci\\_arttext#fig2](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682013000100010&script=sci_arttext#fig2)

De León-García, R., González, R., y Chavarría, J. (2023). Efecto de dos tratamientos hormonales sobre la actividad ovárica post parto en vacas lecheras. *Ciencia Agropecuaria*, (36), 118-138. <http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/608>

De Moraes, A., Moreira, J., De Almeida L., Ferreira W., Carvalho P. (2004). Población folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas Gir. *Revista Brasileira de Zootecnia [en línea]*, v. 33, núm. 6. págs. 1689-1694. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000700007>

Di Liscia, L. (2020). *Efecto de la suplementación vitamínico mineral sobre los porcentajes de preñez en vaquillonas inseminadas a tiempo fijo* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba). <https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/Efecto-de-la-suplementacion-vitaminico-mineral-sobre-los-porcentajes-de-prenez-en-vaquillonas-inseminadas-a-tiempo-fijo-Di-Liscia.pdf>

De Gouvêa, V. N., Colli, M. H. A., Junior, W. A. G., Motta, J. C. L., Acedo, T. S., Tamassia, L. F. M., & Baruselli, P. S. (2018). The combination of  $\beta$ -carotene and vitamins improve the pregnancy rate at first fixed-time artificial insemination in grazing beef cows. *Livestock Science*, 217, 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.09.002>

Dominguez-Viveros, J., González-Prieto, S., Palacios-Espinosa, A., Suárez-Tronco, M. A., Rodríguez-Almeida, F. A., Espinoza-Villavicencio, J. L., Rodríguez-Castro, M. (2019). Parámetros de crecimiento y sus efectos en la edad al primer empadre de vacas Siboney. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 383–389. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.1786>

- Donzelli, M., Catalano, R., Burges, J., Machado, C. (2010). Efecto de la nutrición sobre la duración del anestro postparto en vacas de cría. *In Vet*, 12(2), 183-194. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1668-34982010000200008&lng=es&tlng=](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-34982010000200008&lng=es&tlng=)
- Duica, A., Tovío, N., y Grajales, H. (2007). Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la hembra receptora en un programa de trasplante de embriones bovinos. *Revista de Medicina Veterinaria*. <https://www.redalyc.org/pdf/951/95101409.pdf>
- Duica, A. (2010). Efecto del diámetro del folículo ovulatorio, tamaño del cuerpo lúteo y perfiles de progesterona sobre la tasa de preñez en la hembra receptora de embriones bovinos. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7399>
- Duplessis, M., Gervais, R., Lapierre, H., & Girard, C. L. (2022). Combined biotin, folic acid, and vitamin B12 supplementation given during the transition period to dairy cows: Part II. Effects on energy balance and fatty acid composition of colostrum and milk. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 7097-7110. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21678>
- Dysart, L. M., Messman, R. D., Crouse, A. A., Lemley, C. O., & Larson, J. E. (2021). Effects of administration of exogenous estradiol benzoate on follicular, luteal, and uterine hemodynamics in beef cows. *Animal Reproduction Science*, 232, 106817. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106817>
- Errico, A., Errico, R., Errico, S., Mihura, H., Cabodevila, J., Callejas, S. (2015). Efecto del manejo sobre el comportamiento y la preñez a la IATF en vaquillonas Angus. *Revista Taurus*.
- Fadlalla, M., Omer, A., & Atta, M. (2020). Determination of some serum macroelement minerals levels at different lactation stages of dairy cows and their correlations. *Scientific African*, 8, e00351. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00351>
- Fazzio, L., Galvan, R., Pesoa, J., Rodriguez, P. Mattioli, G. (2017). Suplementación inyectable con vitaminas y minerales con efecto antioxidante sobre la tasa de 38 preñez de vaquillonas. XII Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/2810/Sanchez%20Silva%20Jhoiver.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Filipiak, Y, Viqueira, M, y Bielli, A. (2016). Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(202), 2. <https://n9.cl/jbm7xt>
- Firmino, A. y Chagas, J. (2021). Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) em bovinos de corte na Fazenda Alfredo de Maya no município de

- Cacimbinhas/AL. *Diversitas Journal*, 6(4), 4159-4170.  
<https://doi.org/10.48017/dj.v6i4.1695>
- Flores-Escobar, O. I., López-Salazar, C. D., Amaya-Montoya, C. S., y Leyton-Barrientos, L. V. (2020). Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio con el porcentaje de preñez en vacas encastadas sometidas a un protocolo de sincronización de celo en el municipio de San Miguel, San Miguel, El Salvador. *Revista Agrociencia*, 4(17), 20-29.  
<https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/122>
- Frota, H.N, Reis, R.B, Faria, B.N, Coelho, S.G y Saturnino, H.M (2014). Suplementación de lisina y metionina en asociación o no con aceite de soja en la dieta de vacas lecheras. *Archivo Brasileño de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 66, 1121-1128. <https://doi.org/10.1590/1678-6471>
- Garmendia, J. (2006). Los minerales en la Reproducción Bovina. *Maracay, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias*. <http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/minerales.pdf>
- Gigli, I, Russo, A., y Agüero, A. (2006). Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *InVet*, 8(1), 183-204.  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1668-34982006000100018&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-34982006000100018&lng=es&tlng=en)
- Gómez R. J., Del Campo, M., y González T. M. (2019). Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 11(1), 80-89. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.716>
- González, A. (2015). Manejo animal asociado a la inseminación artificial a tiempo fijo y sus efectos sobre la preñez en bovinos: revisión bibliográfica. <https://n9.cl/t1kx2p>
- González, J. (1995). El yodo en la nutrición del ganado bovino. *Nutrición animal tropical*, 2(1), 95-120.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5166261>
- González-Maldonado, J., Rangel-Santos, R., Rodríguez-de Lara, R., Ramírez-Valverde, G., Ramírez Bribiesca, J. E., & Monreal-Díaz, J. C. (2019). Supplementation of ascorbic acid to improve fertility in dairy cattle. Review. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(4), 1000-1012.  
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4703/4749>
- González-Maldonado, J., Rangel-Santos, R., Rodríguez-de Lara, R., Ramírez-Valverde, G., Ramírez Bribiesca, J. Efrén, Vigil-Vigil, J., & García-Espinosa,

- M. F. (2019). Effects of injecting increased doses of vitamins C and E on reproductive parameters of Holstein dairy cattle. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(3), 571-582. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4481>
- González T. M., Garcés Y. P., López H. L., Braña V. D., González P. E. (2019). Efecto de la suplementación con minerales de fuentes queladas o inorgánicas y vitamina E en la calidad y estabilidad oxidativa de la carne de bovinos. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(4), 837-854. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4847>
- Guerra, F., Villacís, V., Haro, M., y Nájera, R. (2020). Análisis de los parámetros reproductivos en la raza jersey en la ganadería El Puente y su impacto en la rentabilidad. *Ciencia Digital*, 4(3), 164-176. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i3.1313>
- Guevara, G., Verdesoto, A., y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hidalgo B. G., y Vera R. J. (2019). Edad al primer servicio y al parto sobre producción láctea en primera lactación en vaquillonas lecheras. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 11(2), 721. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.721>
- Horst, E. A., Mayorga, E. J., Al-Qaisi, M., Abeyta, M. A., Goetz, B. M., Ramirez, H. R., & Baumgard, L. H. (2019). Effects of dietary zinc source on the metabolic and immunological response to lipopolysaccharide in lactating Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 102(12), 11681-11700. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17037>
- INTAGRI. 2018. Parámetros Reproductivos del Ganado Bovino. Serie Ganadería Núm. 15. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/parametros-reproductivos-del-ganado-bovino>
- Juengel, J., Mosaad, E., Mitchell, M., Phyn, C., French, M., Meenken, E., & Meier, S. (2022). Relationships between prostaglandin concentrations, a single nucleotide polymorphism in HSD17B12, and reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4643-4652. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21298>
- Khatti, A., Mehrotra, S., Patel, P.K., Singh, G., Maurya, V.P., Mahala, A.S., Krishnaswamy, N. (2017). Supplementation of vitamin E, selenium and increased energy allowance mitigates the transition stress and improves postpartum reproductive performance in the crossbred cow. *ELSEVIER*, 104,

142-148.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X17303990>

Lalinde, D., Castro, F., Rodríguez, J., Rangel, G., Sierra, A., Torrado, K., y Pirela, J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595. <https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf>

Larraín, R. E., Marín, G., Matilla, E., Bolívar, V. (2014). NyA 17 Uso de triptófano y vitamina E para reducir estrés en bovinos: efecto en características de la carne. [https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5cc899890adfc.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc899890adfc.pdf)

La Roche L. A., Vargas L. B., Camacho S. J., Castillo B. G., Romero Z. J. (2019). Intervalo Parto-Concepción en Ganado Lechero Especializado de Costa Rica. *Ciencias Veterinarias*, 37 (1), 27-45. <https://doi.org/10.15359/rcv.37-1.3>

Leno, M., LaCount, E., Ryan, M., Briggs, D., Crombie, M., & Overton, R. (2017). The effect of source of supplemental dietary calcium and magnesium in the peripartum period, and level of dietary magnesium postpartum, on mineral status, performance, and energy metabolites in multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7183-7197. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12773>

Leonetti, T., Chayer, R., González, S., Cabodevila, J., Callejas, S. (2019). Efecto de un complejo vitamínico-mineral sobre la preñez pos-inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1811-1815. <http://dx.doi.org/10.15381/rivpe.v30i4.17170>

Leonetti, T. (2020). Efecto de un complejo vitamínico-mineral sobre la preñez post-IATF en vacas de cría (*Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA*). <https://n9.cl/hgu4v>

López, A., y Ramos, G. (2021). Acerca de los métodos teóricos y empíricos de investigación: significación para la investigación educativa. *Revista Conrado*, 17(S3), 22-31. <https://n9.cl/5kpb4>

López-Gatius, F., Mirzaei, A., Santolaria, P., Bech-Sàbat, G., Nogareda, C., García-Ispuerto, I., & Yániz, J. (2008). Factors affecting the response to the specific treatment of several forms of clinical anestrus in high producing dairy cows. *Theriogenology*, 69(9), 1095-1103. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.01.023>

López, J. (2017). Comparación de protocolos de IATF convencionales con un protocolo con proestro prolongado en vacas doble propósito en la amazonía

- ecuatoriana (*Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba*).  
<https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/COMPAR1.pdf>
- Martins, E., Bertagnon, H., Batista, C., Gomes, R., Santos, K., Bellinazzi, J. Della, A. (2016). Influência da suplementação de vitaminas A, D e E na função imune de bezerros alimentados com dieta á base de feno capim tifton (*Cynodon spp.*). *Pesquisa Veterinária Brasileira [online]*. v. 36, n. 05 pp. 453-459. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000500016>
- Matamoros, J., y Moreno, J. (2009). Efecto de la aplicación de Calfosvit® Se sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/026b0a4f-2508-49cd-8ff3-8cfe68ea8949/content>
- Minela, T., Santos, A., Schuurmans, E. J., Middleton, E. L., & Pursley, J. R. (2021). The effect of a double dose of cloprostenol sodium on luteal blood flow and pregnancy rates per artificial insemination in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(11), 12105-12116. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20113>
- Montiel-Olguín, L.J., Estrada-Cortés, E., Espinosa-Martínez, M.A., Miguel, M., Hernández-Vélez, J.O., Martínez-Trejo, G., Ruiz-López, F.J., & Vera-Ávila, H.R. (2019). Risk factors associated with reproductive performance in small-scale dairy farms in Mexico. *Tropical animal health and production*, 51, 229-236. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1681-9>
- Montiel-Olguín, L., Espinosa-Martínez, M., Ruiz-López, F., Estrada-Cortés, E., Durán-Aguilar, M., Vera-Avila, H. (2020). El día de parto y tamaño del hato impactan indicadores reproductivos en establos familiares. *Abanico veterinario*, 10. <https://doi.org/10.21929/abavet2020.23>
- Morrison, E. I., Reinhardt, H., Leclerc, H., DeVries, T. J., & LeBlanc, S. J. (2018). Effect of rumen-protected B vitamins and choline supplementation on health, production, and reproduction in transition dairy cows. *Journal of dairy science*, 101(10), 9016-9027. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14663>
- Moschini, M., Battaglia, M., Beone, G. M., Piva, G., & Masoero, F. (2010). Iodine and selenium carry over in milk and cheese in dairy cows: effect of diet supplementation and milk yield. *Animal*, 4(1), 147-155. <https://doi.org/10.1017/S175173110999098X>
- Motta, A., Ramos, N., González, M., Castro, E. (2011). *Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina*. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4459>
- Navarro, Á., Hoyos, A., y Álvarez, F. (2019). Evaluación de dos protocolos hormonales para la inducción del celo e inseminación artificial a término fijo

- (IATF) a vacas en el postparto temprano y en anestro, como herramienta para aumentar la productividad. *LOGINN Investigación Científica y Tecnológica*, 3(1), 94-104. <https://doi.org/10.23850/25907441.2604>
- Ninabanda, J. J. (2018). Impacto del balance energético negativo en vacas lecheras tratadas con somatotropina recombinante bovina. *Revista veterinaria*, 29(1), 68-72. <http://dx.doi.org/10.30972/vet.2912794>
- Noguera, R., y Ochoa, L. (2016). Cálculo de sales minerales para vacunos en pastoreo. *Fondo Editorial Biogénesis*, 1-29. <https://n9.cl/vwfan>
- Obando, A. (2020). *Efecto de factores medioambientales sobre los parámetros productivos y reproductivos del hato lechero en la hacienda el prado* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Córdoba) <https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/Efecto-de-factores-medioambientales-sobre-los-parametros-productivos-y-reproductivos-del-hato-lechero-en-la-hacienda-el-prado-Olmedo-Obando.pdf>
- Oliveira, L., Valenza, A., Lemos, R., Da Silva, M., Barreiro, T., Lemos, J., Tambor, J., Madureira, G., Hênryli, A., Sartori, R. (2021). Progesterone release profile and follicular development in Holstein cows receiving intravaginal progesterone devices. *Theriogenology*, 172, 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.07.001>
- Ortiz Naveda, N. R., Chugñay Cargua, M. I., Veloz Veloz, D. M., y Castro Guamán, W. E. (2019). Porcentaje de ovulación utilizando protocolos de IATF en vacas mestizas en la Amazonía Ecuatoriana. *Ciencia Digital*, 3(3.2.1), 122-132. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.786>
- Ortíz, V. (2022). La importancia de las vitaminas del complejo B en la nutrición de vacas lecheras en invierno. *Diario Lechero*. <https://www.diariolechero.cl/noticia/innovacion-y-tecnologia/2022/06/la-importancia-de-las-vitaminas-del-complejo-b-en-la-nutricion-de-vacas-lecheras-en-invierno>
- Otalvaro, D. L., y Toquica, M. L. (2020) Influencia de los minerales en procesos reproductivos en hembras bovinas. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/28457>
- Palhares, L. O., Dutra Júnior, W. M., Lourenço-Silva, M. I., Carmo, M. R., Serafim, J. E., Gasparini, S. P., Lima, T.S., & Holanda, M. C. R. (2020). Efeito dos níveis de lisina/proteína ideal sobre desempenho, características de carcaça, digestibilidade e parâmetros sanguíneos de suínos machos, castrados, da raça Duroc, de 30kg a 50kg. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72, 1305-1312. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11240>

- Palomares-Naveda, R., De Ondiz-Sanchez, A., Sandoval-Martínez, J., Goicochea-Llaque, J., González-Villalobos, D., Soto-Belloso, E. (2005). Efecto de dos protocolos hormonales a base de progesterona sobre la tasa de ovulación y ocurrencia de celos anovulatorios en vacas mestizas tropicales. *Revista Científica*, XV (3), 242-251
- Parra, J., y Oñate, A. (2022). Efecto de las Vitaminas (B12 y E), Macro y Micro Minerales Inyectables en la Reproducción de la Hembra Bovina. <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/dee50449-c00c-4658-a26c-fcc96f2230e8/content>
- Perdomo Calderón, M., Peña Bosa, L. F., Carvajal Yasnó, J., y Murillo Saldaña, L. Y. (2017). Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1-19. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009019.pdf>
- Perry, G. A., Smith, M. F., Lucy, M. C., Green, J. A., Parks, T. E., MacNeil, M. D., & Geary, T. W. (2005). Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(14), 5268-5273. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501700102>
- Piccardi, M., Capitaine, A., Bó, G., Balzarini, M. (2011). Impacto del nivel de producción, estación de parto y el tipo de servicio sobre la tasa de preñez acumulada a 100 días en vacas lecheras en la Argentina. *Agriscientia*, 28(2), 127-135. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1668-298X2011000200004](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1668-298X2011000200004)
- Portilla, E. C., Reyes, B. J., Cardona, J. A., Monter, D. (2021). Relación calcio, fosforo, magnesio y selenio sobre la reproducción en vacas lecheras durante el periodo de transición. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 13(2), e889. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.889>
- Portillo-Martínez, G. E., Gutiérrez-Añez, J. C., & De Ondiz, A. D. (2015). Efecto de la dosis de eCG sobre las características foliculares y luteales, momento y tasa de ovulación de novillas mestizas Cebú sincronizadas con progestágeno intravaginal. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56(1), 035-041. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-65762015000100005](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762015000100005)
- Quesada, D., y Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista De Nutrición Clínica Y Metabolismo*, 2(1), 79–86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>
- Quintana-Utra, M. D., Preval, A. B., y Paihama, D. K. (2019). Efecto de la condición corporal sobre la actividad ovárica en hembras bovinas. *Pastos y*

*Forrajes*, 42(3), 193-196. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942019000300193](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000300193)

- Raso, M., y Esquel, T. I. (2012). Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). *Ganadería. Carpeta Técnica EEA Esquel* pág, 203-205. <https://n9.cl/77xco>
- Rendón, J. G., Del Campo, M., & Tous, M. G. (2019). Algunas anotaciones sobre la importancia del cobre en la reproducción bovina. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(1). <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.716>.
- Ringseis, R., Zeitz, J. O., Weber, A., Koch, C., & Eder, K. (2019). Hepatic transcript profiling in early-lactation dairy cows fed rumen-protected niacin during the transition from late pregnancy to lactation. *Journal of dairy science*, 102(1), 365-376. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15232>
- Rivas-Ruiz, R., Moreno-Palacios, J., y Talavera, J. O. (2013). Investigación clínica XVI. Diferencias de medianas con la U de Mann-Whitney. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 51(4), 414-419. <https://www.redalyc.org/pdf/4577/457745490011.pdf>
- Rodríguez, A. C. (2021). Uso de la técnica de inseminación artificial en los programas de repoblamiento bovino, como una alternativa para generar desarrollo ganadero en el municipio de Güepsa, Santander. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/35418>
- Ruan, T., Li, L., Peng, X., & Wu, B. (2017). Effects of methionine on the immune function in animals. *Health*, 9(5), 857-869. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=76409>
- Rutigliano, H. M., Lima, F. S., Cerri, R. L., Greco, L. F., Vilela, J. M., Magalhães, V., & Santos, J. E. (2008). Effects of method of presynchronization and source of selenium on uterine health and reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3323-3336. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1005>.
- Sá Filho, M. D., Crespilho, A. M., Santos, J. E. P., Perry, G. A., & Baruselli, P. S. (2010). Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Animal Reproduction Science*, 120(1-4), 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>
- Saldaña, M. R. (2011). La prueba chi-cuadrado o ji-cuadrado (Ö2). *Revista enfermería del trabajo*, 1(1), 31-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3995561>

- Salamanca, A., (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(9), 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63615732008.pdf>
- Severino, L. V., Montiel, P. F., Ahuja, A. C., Gómez, D. H., Chay, C. A. (2020). Efecto del amamantamiento restringido y la complementación alimenticia sobre las ganancias de peso y anestro posparto en vacas cárnicas. *Biotecnia*, 22(1), 109-116. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1158>
- Souza, A., Viechnieski, S., Lima, F., Silva, F., Araújo, R., Bó, G., & Baruselli, P. (2009). Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cows. *Theriogenology*, 72(1), 10-21. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.12.025>
- Tramontin, M. L. D. (2020). Efeitos da suplementação mineral e vitamínica injetável na fertilidade de vacas leiteiras em protocolo de IATF. [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=9325575](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=9325575)
- Titi, J., Calsin, R., Mollinedo, R., y Figueroa, W. (2020). Dinámica folicular ovárica del bovino nelore en la región de madre de dios. *Ceprosimad*, 8(2), 54-60. <https://www.journal.ceprosimad.com/index.php/ceprosimad/article/view/113>
- Ukita, H., Yamazaki, T., Yamaguchi, S., Abe, H., Baba, T., Bai, H., y Kawahara, M. (2022). Factores ambientales que afectan las tasas de concepción de vacas lecheras nulíparas y primíparas. *Revista de ciencia láctea*, 105 (8), 6947-6955. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21948>
- Vanacker, N., Girard, C., Blouin, R., & Lacasse, P. (2020). Effects of feed restriction and supplementary folic acid and vitamin B12 on immune cell functions and blood cell populations in dairy cows. *Animal*, 14(2), 339-345. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002301>
- Vargas, C. (2020). Crecimiento Folicular y niveles Sericos de Progesterona en vacas criollas sometidas a protocolos de sincronizacion de celo en el centro de desarrollo ganadero (CEDEGA)-Puerto Maldonado. <https://n9.cl/qof3d>
- Vater, A., Rodríguez, S., Loza, J., Otero, M., Cabodevila, J., Callejas, S. (2009). Efecto del manejo de vacas con cría durante la implementación de una IATF sobre la tasa de preñez. *XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría*. <https://n9.cl/mwss5>
- Vedovatto, M., Moriel, P., Cooke, R. F., Costa, D. S., Faria, F. J. C., Neto, I. M. C., & Franco, G. L. (2019). Effects of a single trace mineral injection on body parameters, ovarian structures, pregnancy rate and components of the innate immune system of grazing Nelore cows synchronized to a fixed-time AI

- protocol. *Livestock Science*, 225, 123-128.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.011>
- Villarreal, D. (2019). *Inclusión de cuatro aminoácidos esenciales (Lisina, Metionina, Treonina, Triptófano) en un programa de alimentación forraje–balanceado para el engorde de cuyes (Cavia porcellus) (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica Estatal del Carchi)*.  
<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/837/3/368-%20VILLARREAL%20M%c3%89NDEZ%20DIANA%20JANETH.pdf>
- Villarreal Herbas, J. (2022). COMPORTAMIENTO DE PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y PRODUCTIVOS.  
<http://hdl.handle.net/123456789/27796>
- Viracocha, N. A. (2020). *Revisión sistemática de la eficacia del método destete temporal sobre el reinicio del ciclo estral en vacas con anestro lactacional en el continente americano* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2020). <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12515>
- Wu, H., Zhang, J., Wang, C., Liu, Q., Guo, G., Huo, W., Zhang, S. (2021). Effects of riboflavin supplementation on performance, nutrient digestion, rumen microbiota composition and activities of Holstein bulls. *British Journal of Nutrition*, 126(9), 1288-1295. <https://doi.org/10.1017/S0007114520005243>
- Yáñez-Avalos, D., López-Parra, J., Moyano-Tapia, J., Quinteros-Pozo, R., y Marini, P. (2018). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con proestro prolongado de 60 y 72 horas. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 363-373. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29503>
- Zhang, N. (2018). Role of methionine on epigenetic modification of DNA methylation and gene expression in animals. *Animal Nutrition*, 4(1), 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.08.009>

# **ANEXOS**

**ANEXO 1.** Selección de animales



**ANEXO 2.** Inicio de protocolo de Sincronización



**ANEXO 3.** Aplicación de primera dosis de Complejos nutricionales



**ANEXO 4.** Medición del diámetro del folículo dominante



**ANEXO 5.** Aplicación de segunda dosis de complejos nutricionales



**ANEXO 6.** Medición del diámetro del folículo ovulatorio



**ANEXO 7.** Preparación de pistola de inseminar



**ANEXO 8.** Inseminación Artificial



**ANEXO 9.** Prueba de Wilcoxon para el diámetro del folículo dominante

## Prueba de Wilcoxon para muestras independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
tratamiento	FD tamaño	t0	t1	27	27	10.14	8.90	1.99	1.83	868.00	0.0299

**ANEXO 10.** Prueba t student para el diámetro del folículo ovulatorio

## Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
tratamiento	FO tamaño	{t0}	{t1}	27	27	11.13	11.23	-0.10	-0.84	0.64	0.7559	-0.28	52	0.7834	Bilateral

**ANEXO 11.** Prueba de Correlación de Pearson entre folículo ovulatorio sobre la tasa de preñez

## Coeficientes de correlación

Tratamiento = T0

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Tamaño Respuesta	
Tamaño	1,00	0,91
Respuesta	-0,02	1,00

Tratamiento = T1

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Tamaño Respuesta	
Tamaño	1,00	0,21
Respuesta	0,25	1,00

## ANEXO 12. Prueba Chi cuadrado para tasa de ovulación

## Tablas de contingencia

## Frecuencias absolutas

En columnas:Ovulación

Tratamiento	NO	SI	Total
t0	2	25	27
t1	2	25	27
Total	4	50	54

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	0,00	1	>0,9999
Chi Cuadrado MV-G2	0,00	1	>0,9999
Irwin-Fisher bilateral	0,00		>0,9999
Coef.Conting.Cramer	0,00		
Kappa (Cohen)	0,00		
Coef.Conting.Pearson	0,00		
Coeficiente Phi	0,00		

## Cocientes de chance (odds ratio)

Estadístico	Estim	LI 95%	LS 95%
Odds Ratio 1/2	1,00	0,16	6,28
Odds Ratio 2/1	1,00	0,16	6,28

## ANEXO 13. Prueba Chi cuadrado para tasa de preñez

## Tablas de contingencia

## Frecuencias absolutas

En columnas:Preñez

Tratamiento	0	1	Total
T0	19	8	27
T1	18	9	27
Total	37	17	54

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	0,09	1	0,7695
Chi Cuadrado MV-G2	0,09	1	0,7695
Irwin-Fisher bilateral	0,04		0,7793
Coef.Conting.Cramer	0,03		
Kappa (Cohen)	0,04		
Coef.Conting.Pearson	0,04		
Coeficiente Phi	0,04		

## Cocientes de chance (odds ratio)

Estadístico	Estim	LI 95%	LS 95%
Odds Ratio 1/2	1,19	0,39	3,65
Odds Ratio 2/1	0,84	0,27	2,59