



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

**CARRERA DE PECUARIA**

...

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

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**INDUCCIÓN DE LA PUBERTAD EN VACONAS BRANGUS CON  
DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES DE PROGESTERONA Y  
BENZOATO DE ESTRADIOL**

**AUTORES:**

**ARIEL MARIANO WILLIAMS ZAMBRANO  
JENIFFER ALEJANDRA TRUJILLO VERA**

**TUTOR:**

**DMVZ, JORGE IGNACIO MACIAS ANDRADE, PhD.**

**CALCETA, JULIO DE 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Ariel Mariano Williams Zambrano, con cédula de ciudadanía 131082110-1 y Jeniffer Alejandra Trujillo Vera, con cédula de ciudadanía 131476941-3 declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: Inducción de la pubertad en vaconas BRANGUS con dispositivos intravaginales de progesterona y benzoato de estradiol, es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he 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 autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos. Creatividad e Innovación.



---

Ariel Mariano Williams Zambrano  
CC: 131082110-1



---

Jeniffer Alejandra Trujillo Vera  
CC: 131476941-3

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Ariel Mariano Williams Zambrano, con cédula de ciudadanía 131082110-1 y Jeniffer Alejandra Trujillo Vera, con cédula de ciudadanía 131476941-3, 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: Inducción de la pubertad en vaconas Brangus con dispositivos intravaginales de progesterona y benzoato de estradiol, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

Ariel Mariano Williams Zambrano

CC: 131082110-1



---

Jeniffer Alejandra Trujillo Vera

CC: 131476941-3

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

DMVZ. Jorge Ignacio Macías Andrade, PhD, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: Inducción de la pubertad en vaconas Brangus con dispositivos intravaginales de progesterona y benzoato de estradiol, que ha sido desarrollado por Ariel Mariano Williams Zambrano y Jeniffer Alejandra Trujillo Vera, 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.

---

**DMVZ, Jorge Ignacio Macias Andrade, PhD.**

**CC: 091071520-0**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: Inducción de la pubertad en vacas BRANGUS con dispositivos intravaginales de progesterona y benzoato de estradiol, que ha sido desarrollado por Ariel Mariano Williams Zambrano y Jeniffer Alejandra Trujillo Vera, 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.

---

**Q.F. Johnny Bravo Loor, PhD**  
**CC: 130314734-0**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**M.V. Leila Vera Loor. MG.**  
**CC: 131195543-7**  
**Miembro del tribunal**

---

**M.V. Vicente Intriago Muñoz**  
**CC: 130980873-9**  
**Miembro del tribunal**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme salud y sabiduría, que me guio durante todo este camino de enseñanza, y que me dio el empujón más importante para no quedarme atrás y seguir.

A mis padres, hermanas y sobrinos por ser el pilar fundamental y la motivación en todos los momentos de mi carrera que a pesar de las dificultades nunca dejaron de creer en mí.

A mi madrina, Raquel Williams por ese apoyo incondicional cuando empecé este camino.

A mi compañera de tesis, que, a pesar de las circunstancias y dificultades, con paciencia y esfuerzo siempre estuvo dando ese empujón para poder llegar a esta meta.

A mi tutor de tesis el DMVZ, Jorge Ignacio Macias Andrade, PhD por todo su apoyo, paciencia, motivación y esfuerzo de siempre estar pendiente en el desarrollo de la tesis aportando de sus conocimientos, experiencias y sugerencias.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por haberme brindado la oportunidad de una educación superior de calidad, y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

---

Ariel Mariano Williams Zambrano

## **DEDICATORIA**

Este logro se lo dedico a Dios, por ser mi guía espiritual y a mi familia, por haberme apoyado en todo este proceso de mi carrera profesional en especial a mis padres por su apoyo incondicional y ser un ejemplo de superación, constancia y trabajo duro.

---

Ariel Mariano Williams Zambrano

## AGRADECIMIENTO

A mis padres Pedro Pablo Trujillo Trujillo y María Luisa Vera Rendón, por ser el motor fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional y por cada palabra de motivación para cumplir mi meta.

A mis hermanas Mónica y Elizabeth Trujillo Vera, a Kevin CA ya que gracias a su apoyo moral han aportado un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

A mi tutor el DMVZ, Jorge Ignacio Macias Andrade, PhD por todo su apoyo y siempre estar pendiente en el desarrollo de la tesis con sus conocimientos, experiencia y sugerencias.

A mi compañero de tesis porque a pesar de las adversidades, pudimos culminar nuestra meta.

A la Escuela Superior Politécnica 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.

---

Jeniffer Alejandra Trujillo Vera



## DEDICATORIA

A Dios por su infinita bondad, amor y permitirme cumplir mis sueños

A mis padres Pedro Pablo Trujillo Trujillo y María Luisa Vera Rendón, por su apoyo incondicional y por cada palabra de motivación.

A mis hijos Allison y Dylan Vaca Trujillo, por ser mi motor principal para cumplir esta meta, por ser pacientes y comprender que mamá no podía estar en ocasiones, por llevar a cabo una meta de la cual son parte de ella, por y para ustedes.

---

Jeniffer Alejandra Trujillo Vera

## CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
CONTENIDO.....	x
CONTENIDO DE TABLAS .....	xiv
CONTENIDO DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRAC .....	xvi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1.PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3.OBJETIVOS .....	3
1.3.1.OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.4.HIPÓTESIS .....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA HEMBRA BOVINA.....	5
2.1.1.CICLO ESTRAL BOVINO.....	5
2.1.2.PRIMER CICLO ESTRAL.....	5
2.1.3.PERMANENCIA DEL CICLO ESTRAL .....	5

2.1.4.CONDUCTA SEXUAL Y CELO .....	6
2.1.5.DETECCIÓN DE CELO.....	6
2.1.6.MANIFESTACIONES DE CELO .....	6
2.2.EJE HIPOTÁLAMO-HIPÓFISIS-OVARIO .....	7
2.3.FASES DEL CICLO ESTRAL.....	8
2.3.1.FASE FOLICULAR O DE REGRESIÓN LÚTEA - PROESTRO.....	8
2.3.2.FASE PERIOVULATORIA – ESTRO O CELO .....	8
2.3.3.METAESTRO.....	8
2.3.4.FASE LUTEAL - DIESTRO .....	9
2.3.5.DINÁMICA FOLICULAR PREPUBERAL EN BOVINOS.....	9
2.4.PUBERTAD EN BOVINOS.....	10
2.5.PUBERTAD Y PESO CORPORAL .....	12
2.6.CLASIFICACIÓN DE LOS FOLÍCULOS.....	12
2.6.1.FOLÍCULOS PRIMORDIALES .....	12
2.6.2.FOLÍCULOS PRIMARIOS .....	13
2.6.3.FOLÍCULOS SECUNDARIOS.....	13
2.6.4.FOLÍCULO ANTRAL .....	13
2.7.SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN.....	13
2.8.FACTORES QUE INFLUYEN EN LA APARICIÓN DE LA PUBERTAD.....	14
2.8.1.EDAD Y PESO .....	14
2.8.2.NUTRICIÓN Y MANEJO .....	15
2.9.REGULACIÓN DE LA SECRECIÓN DE GONADOTROPINAS .....	15
2.10.INDUCCIÓN A LA PUBERTAD PRECOZ .....	16
2.11.EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN EXÓGENA DE PROGESTÁGENOS PARA INDUCIR LA PUBERTAD EN VAQUILLONAS PARA CARNE .....	16
2.12.PROTOCOLOS CON DISPOSITIVOS DE PROGESTERONA Y ESTRADIOL.....	17

2.12.2.PROGESTERONA Y ESTRADIOL .....	17
2.12.3.BENZOATO DE ESTRADIOL (BE) .....	17
2.13.FACTORES A CONSIDERAR QUE DETERMINAN EL ÉXITO O FRACASO DEL PROGRAMA .....	18
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	18
3.1.UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
3.2.CONDICIONES CLIMÁTICA .....	19
3.3.DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.4.MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	19
3.4.1.MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO.....	19
3.4.2.MÉTODO DEDUCTIVO INDUCTIVO .....	20
3.4.3.TÉCNICA DE OBSERVACIÓN .....	20
3.4.4.TÉCNICA CUANTITATIVA.....	20
3.5.FACTOR DE ESTUDIO.....	20
3.6.TRATAMIENTOS .....	20
3.7.UNIDADES EXPERIMENTALES .....	21
3.8.VARIABLES EN ESTUDIO.....	21
3.8.1.VARIABLES INDEPENDIENTES.....	21
3.8.2.VARIABLES DEPENDIENTES.....	21
3.9.MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	22
3.9.1.SELECCIÓN DE ANIMALES.....	22
3.10.APLICACIÓN DE LOS PROTOCOLOS .....	22
3.10.1.PROTOCOLO UNO.....	23
3.10.2.PROTOCOLO DOS.....	23
3.11.TAMAÑO DE FOLÍCULO DOMINANTE.....	23
3.12.OBSERVACIÓN DE ANIMALES QUE MUESTRAN CELO.....	23
3.13.TAMAÑO DE CUERPO LÚTEO .....	23

3.14.DISEÑO EXPERIMENTAL .....	24
3.15.ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE SOBRE EFECTO DE LA INDUCCIÓN A LA PUBERTAD .....	26
4.2.ESTABLECIMIENTO DE LA TASA DE OVULACIÓN EN LAS VACONAS SOMETIDAS AL TRATAMIENTO SOBRE EL EFECTO DE LA INDUCCIÓN A LA PUBERTAD .....	27
4.3. VALORACIÓN DEL TAMAÑO DEL CUERPO LÚTEO SOBRE EL EFECTO DE LA INDUCCIÓN A LA PUBERTAD .....	28
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30
5.1.CONCLUSIONES.....	30
5.2.RECOMENDACIONES .....	31
BIBLIOGRAFÍA .....	32
ANEXOS .....	40

## CONTENIDO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Condiciones climáticas del cantón Flavio Alfaro	19
<b>Tabla 2.</b> Distribución de unidad experimental	21
<b>Tabla 3.</b> ANOVA	24
<b>Tabla 4.</b> Análisis de la varianza y valor de probabilidad del diámetro del folículo dominante	26
<b>Tabla 5.</b> Tasa de presentación de ovulación a los 7 días y 14 días post aplicación del protocolo	27
<b>Tabla 6.</b> Análisis de la varianza y valor de probabilidad del diámetro del cuerpo lúteo	29

## CONTENIDO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la hacienda Las Hierbas.....	19
--	----

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la inducción a la pubertad en vaconas Brangus con dispositivos intravaginales de progesterona con y sin benzoato de estradiol sobre sus parámetros reproductivos. El estudio se desarrolló en 94 vaconas pre púberes, con un peso promedio de 325 kilogramos y una edad entre 20 y 24 meses; empleando un protocolo con dispositivo intravaginal de progesterona y benzoato de estradiol (P4+BE) y folículo  $\geq 8$  mm, los cuales fueron divididos en cuatro tratamientos: T1; P4+BE y folículo  $\leq 8$  mm, T2; P4 y folículo  $\geq 8$  mm, T3; P4 y folículo  $\leq 8$  mm, T4; P4 y folículo  $\leq 8$  mm; el experimento se planteó con un diseño completamente al azar, los resultados determinaron significancia estadística entre tratamientos para las variables de tamaño de folículo dominante y tasa de ovulación ( $p < 0,05$ ), mientras que en la variable tamaño de cuerpo lúteo no se presentó diferencia estadística significativa ( $p > 0,05$ ). Se concluye que la utilización de dispositivos intravaginales de progesterona con y sin benzoato de estradiol en vaconas Brangus, provoca la llegada a la pubertad, donde el T4 (P4) folículo  $\leq 8$  mm, muestran un mayor diámetro 9,81mm del folículo dominante al momento de retirar del dispositivo  $p < 0,0073$  que los folículos de menor tamaño.

**PALABRAS CLAVE:** Vaconas, protocolo, ovulación, tamaño folicular, cuerpo lúteo.

## ABSTRAC

The objective of the present investigation was to evaluate the induction of puberty in Brangus cows with intravaginal progesterone devices with and without estradiol benzoate on their reproductive parameters. The study was developed in 94 prepubertal cows, with an average weight of 325 kilograms and an age between 20 and 24 months; using a protocol with intravaginal device of progesterone and estradiol benzoate (P4+BE) and follicle  $\geq 8$  mm, which were divided into four treatments: T1; P4+BE and follicle  $\leq 8$  mm, T2; P4 and follicle  $\geq 8$ mm, T3; P4 and follicle  $\leq 8$  mm, T4; the results were carried out with a completely randomized design, and the results determined statistical significance between treatments for the variables of dominant follicle size and ovulation rate ( $p < 0.05$ ), while in the variable size of the corpus luteum it was not found. presented a significant statistical difference ( $p > 0.05$ ). It is concluded that the use of intravaginal progesterone devices with and without estradiol benzoate in Brangus cows, causes the arrival of puberty, where the T4 (P4) follicle  $\leq 8$ mm, show a greater diameter 9.81mm of the dominant follicle at the time of delivery. remove from the device  $p < 0.0073$  than smaller follicles.

**KEY WORDS:** Cows, protocol, ovulation, follicular size, corpus luteum.



# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La edad a la cual las vaquillonas son servidas para parir por primera ocasión tiene relevantes efectos en el desempeño productivo y reproductivo de las vaquillas en la primera y subsiguiente lactancias. Además, un primer servicio a temprana edad disminuirá en forma notable el lapso improductivo de la vaca debido a que el animal pasa de una etapa improductiva a generar ingresos en el sistema ganadero (González *et al.*, 2010).

En vaquillonas que son destinadas a la producción de carne, la aparición precoz de la pubertad reviste trascendencia económica, debido a que se demostró que las vaquillas que poseen su primer becerro cerca de los dos años de edad, generan más becerros en su vida que esas que poseen su primera cría a los tres o más años. Una virtud adicional, es que se acorta el intervalo entre generaciones proporcionando un más grande desarrollo genético (González, 2008).

La tasa de preñez debe conseguir un 35 % para que la reproducción sea apto de aprovechar al máximo el ingreso económico por vaca, el niveles elevados de 22 % son suficientes para tener un más grande beneficio potencial. La tasa de preñez (TP) más elevada de 35 % supone que el celos y fertilidad debe aumentar de tal forma que 73 % de los animales en gestación luego de tres ciclos. Para conseguir aquella tasa podrían ser elementales tamaño de DC y F de 60 - 70 %, un porcentaje complicado de tener en ganaderías de doble propósito (Carlos *et al.*, 2003).

Los métodos que proporcionan la sincronización del estro en hembras ciclantes, así como la inducción de un estro ovulatorio en vacas no púberes y en vacas postparto en anestro, sirven para incrementar los índices reproductivos y precipitar el aumento genético. Además, se debe recalcar que el uso de agentes exógenos para sincronizar estros, debe ser considerado en relación con su posible efecto sobre la concepción (Navarro, 2004).

¿La inducción a la pubertad en vaquillas Brangus, mediante la utilización de dispositivo intravaginales con progesterona y benzoato de estradiol podrá mejorar los parámetros reproductivos?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que contribuyen a garantizar el éxito económico de una explotación ganadera, la sincronización del estro en hembras ciclando, así como la inducción de un estro ovulatorio en novillas prepúberes y en vacas posparto en anestro, sirven para aumentar los índices reproductivos y acelerar el progreso genético aumentando la tasa de preñez (Rojas, 2017).

Álvaro (2004), menciona que la pubertad es el momento en que el animal es capaz de reproducirse por primera vez, edad a la cual es factible la concepción física y fisiológica. El control del periodo estral puede minimizar los inconvenientes de funcionamiento asociados a la detección de celo en vacas, en especial en sistemas de producción recientes donde la intensificación además ha influido de manera negativa para que las vacas manifiesten precisamente signos de estro.

El reto reproductivo pide una máxima eficiencia para asegurar el retorno económico en la cría, donde la mejora de la eficiencia reproductiva es uno de los más importantes componentes que contribuyen a la mejora de las ganancias. La finalidad de la inducción a menor edad es minimizar el lapso improductivo de las vaquillonas e incrementar los kilogramos de terneros por año (Cuestas *et al.*, 2007).

Este trabajo tiene la finalidad de determinar los parámetros reproductivos con la aplicación de protocolo de sincronización para inducción a la ciclicidad en vacas de la raza Brangus pre púber y así proporcionar información válida que permita a los ganaderos de la zona mejorar sus indicadores reproductivos y productivos.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la inducción de la pubertad en vaconas Brangus con dispositivos intravaginales de progesterona con y sin benzoato de estradiol.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Estimar el tamaño del folículo dominante al inicio del tratamiento (mayor a 8 mm y menor a 8 mm) sobre el efecto de la inducción a la pubertad.

Establecer la tasa de ovulación en las vaconas sometidas al tratamiento sobre el efecto de la inducción a la pubertad.

Valorar el tamaño del cuerpo lúteo con relación al efecto de los protocolos con progesterona intravaginal y benzoato de estradiol.

## **1.4 HIPÓTESIS**

La inducción a la pubertad con dispositivos de progesterona con y sin benzoato de estradiol influye sobre los parámetros reproductivos en vaconas Brangus.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DE LA HEMBRA BOVINA**

Según Hincapie *et al.* (2005), La reproducción en cada una de las especies animales está regulada por un mecanismo neurohumoral en los dos sexos que debería estar sincronizado puesto que se inicia con cambios químicos en diferentes sitios y fases, y que comienza a presentarse en el cortejo. La eficiencia reproductiva en las hembras bovinas está definida desde el desarrollo de los folículos contenidos en los ovarios involucrando de manera directa el manejo de los hatos bovinos (Arroyo *et al.*, 2012).

#### **2.1.1. CICLO ESTRAL BOVINO**

De acuerdo a (Hernández, 2016), la hembra bovina muestra ciclos estrales en intervalos de 19 a 23 días, y dichos solamente se interrumpen a lo largo de la gestación o debido a alguna enfermedad. El estro es el lapso de aprobación de la cópula y tiene una duración de ocho a 18 horas. A lo largo del metaestro pasa la ovulación y se da el crecimiento del cuerpo lúteo. El diestro es la fase más extensa del periodo y se caracteriza por la existencia de un cuerpo lúteo. Si la gestación no está establecida, el endometrio secreta prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>) lo cual induce a la luteolisis, iniciando de esta forma un nuevo periodo estral (Rippe, 2009).

#### **2.1.2. PRIMER CICLO ESTRAL**

Robinson (1977) describe que la pubertad es definida por una fase en la que ocurre la primera ovulación, que define como el transcurso por medio del cual obtienen la posibilidad de reproducirse. La pubertad pasa por distintos elementos, influyendo edad, peso y condición corporal, alimentación, raza, estación del año y hasta elementos sociales o fases de la luna. El tamaño del cuerpo, conjunto a la nutrición son importantes ya que la edad del animal para predecir el instante de la pubertad (Morán *et al.*, 1989).

#### **2.1.3. PERMANENCIA DEL CICLO ESTRAL**

El periodo estral en las vacas, se fundamenta con un padrón regulador de 21 días, integrando tres oleadas de aumento folicular. La duración periódica del tiempo de cada oleada es cerca de siete días, y el folículo más enorme en la tercera oleada,

ovula. En novillas el ciclo estral, generalmente es unos días más corto que en la vaca. Los ciclos estrales cortos, son una de las principales causas de la baja tasa de concepción al primer servicio en vacas con becerro o con la administración de hormonas como es el caso de la Gonadotropina coriónica humana (Hcg) (Hernández, 2016).

#### **2.1.4. CONDUCTA SEXUAL Y CELO**

El celo es un período de aceptación para el apareamiento (receptividad sexual) que normalmente se presenta en novillas pubescentes que han alcanzado la pubertad y vacas no preñadas. Este período de receptividad puede durar de seis a 30 horas y ocurre cada 21 días en promedio pudiendo variar normalmente de 18 a 24 días (Tovío, 2011).

#### **2.1.5. DETECCIÓN DE CELO**

Para esta etapa se necesita de una profunda observación. Posibilita aumentar la vida útil de la vaca tomando en cuenta el lapso de espera voluntario, obteniendo un becerro al año. Distancia entre partos más largos tienen un impacto negativo en la vida productiva de la vaca. La observación de celo es un elemento crítico de un óptimo desempeño reproductivo en la explotación lechera (Llera, 1994).

#### **2.1.6. MANIFESTACIONES DE CELO**

La mayor parte de las vaquillonas tienen un padrón de comportamiento que cambia gradualmente a partir del inicio finalmente del celo. Uno de los mejores indicadores de que una vaquillona entra en celo se preserva mansa y dejar subir a sus compañeras o al toro, ahora mismo el animal esta quieta, donde se observa algunos signos asociados con el celo temprano y el tardío como son los balidos semejantes a los de un toro, estas señales en general son de nerviosismo, el animal permanece inquieto como si estuviese atacando (Hermosilla, 2009).

El animal choca cabeza a cabeza con otra vaca en el cual muchas veces se observa, encuentros o empujones hacia los costados de las demás vacas, olfateo la vulva o la orina de otros animales en compañía en ocasiones con inversión de los agujeros nasales (flemen). Una vez que las vacas se colocan en un círculo, aquella en celo aspira reposar su barbilla en la espalda de otra. Esto puede conducir

o no a la actividad de querer montar. La vulva presenta un color rosado e inflamado descargando un moco claro. Acompañados a dichos signos, hay una disminución del antojo, los animales presentan raspaduras y posible pérdida de pelos en la base de la cola (Hermosilla, 2009).

## **2.2. EJE HIPOTÁLAMO-HIPÓFISIS-OVARIO**

Los eventos endocrinos presentes lo largo del periodo estral son disminuido por el hipotálamo por medio de la segregación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), la hipófisis y su segregación de hormona luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH), el folículo al secretar estrógenos e inhibina, el cuerpo lúteo (que segrega progesterona y oxitocina) en cuanto al útero se encarga de la producción de prostaglandina F<sub>2</sub>α (Viñoles, 2003).

La luteólisis es definida como la lisis o pérdida estructural del cuerpo lúteo. En la mayoría de las especies mamíferas, la luteólisis es dependiente de la presencia del útero. La luteólisis inicia en los días 16 y 17 post estro en la vaca. La prostaglandina F<sub>2</sub>α (PGF<sub>2</sub>α), secretada por el útero, es ampliamente reconocida como la principal luteolisina endógena en los rumiantes domésticos (Shirasuna, 2010).

La secreción de la PGF<sub>2</sub>α depende de la unión de la oxitocina a sus receptores en el endometrio. A partir del día 16 del ciclo en la vaca, aumenta el número de receptores de oxitocina en el endometrio, y este evento determina el momento en que inicia la luteólisis (Spencer *et al.*, 2004).

McCracken *et al.*, 1984) plantearon un modelo en el que revelan un mecanismo en el que está establecido la segregación pulsátil de PGF<sub>2</sub>α: la neurohipófisis emite oxitocina en forma pulsátil, dichos pulsos emite la descarga de PGF<sub>2</sub>α. Este primer pulso de PGF<sub>2</sub>α, disminuye la intensidad, se da un estímulo a la liberación de oxitocina de procedencia lútea. De esta forma, está establecido un mecanismo de retroalimentación positivo entre estas dos hormonas (Spencer *et al.*, 2004).

## **2.3. FASES DEL CICLO ESTRAL**

### **2.3.1. FASE FOLICULAR O DE REGRESIÓN LÚTEA - PROESTRO**

Es la fase que precede al estro, comienza cuando la progesterona desciende sus niveles como resultado de la luteólisis este período tiene una duración de tres días y es el período de mayor transición endocrina, comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación de celo. Las gonadotrofinas FSH y LH son las principales responsables de esta transición, se estimula el aumento del tamaño folicular con el desarrollo de un enorme folículo y el crecimiento en los niveles de estradiol. Una vez que los estrógenos alcanzan cierto grado, se estimula la receptividad al macho y empieza el lapso de celo o estro (Rippe, 2009).

### **2.3.2. FASE PERIOVULATORIA – ESTRO O CELO**

En esta fase se encuentra la producción de estrógenos por el folículo en desarrollo, este crea un máximo en la liberación de la hormona luteinizante y la hormona foliculoestimulante por la glándula hipófisis, emite una mayor producción de estrógenos por el folículo. El aumento de estrógenos son los causantes del comportamiento y señales del celo, maximizando los espasmos del tracto reproductor femenino para facilitar la coincidencia del óvulo con el espermatozoide (Guáqueta, 2009).

En este periodo la hembra tiene receptividad sexual, acepta la cópula y entre otros signos que se puede observar, inquietud, inflamación de la vulva, presentan descarga de mucus con mínima viscosidad (filante), cuyo olor atrae y excita al toro (presencia de feromonas), edema de vulva y en el útero se produce un aumento del tono miometrial, detectado fácilmente por palpación transrectal (Guáqueta, 2009).

### **2.3.3. METAESTRO**

Es la etapa posterior al estro tiene una duración de tres a cuatro días al celo se conoce como metaestro está condicionado por eventos endocrinos que controlan la dinámica del ovario durante este tiempo en esta etapa sucede la ovulación y posterior a ello el desarrollo del cuerpo lúteo. Una vez que ocurre la ovulación el



lugar ocupado por el folículo ovulatorio hay una depresión  $\pm 1$  cm en donde aparecerá el cuerpo hemorrágico este es el cuerpo lúteo en transcurso de formación. En el metaestro el nivel de progesterona se incrementa hasta alcanzar niveles mayores de 1ng/ml, por lo que se considera como el momento de la madurez el cuerpo lúteo (Hernández, 2016).

#### **2.3.4. FASE LUTEAL - DIESTRO**

Es la fase de mayor duración del ciclo estral de 12 a 14 días se caracteriza por el dominio del cuerpo lúteo, el mantenimiento del cuerpo lúteo, así como la síntesis de progesterona está ligada a la hormona LH que es progesterotrófica y luteotrófica, además en esta etapa se pueden encontrar folículos de diferente tamaño debido a las oleadas foliculares. Durante este periodo se produce el inicio de la primera onda folicular que se relaciona con el pico postovulatorio de FSH, en algunos casos hay la presencia de un sangrado, el llamado sangrado metaestral (Guáqueta, 2009).

El autor antes mencionado afirma que existen hormonas que intervendrán en la síntesis de progesterona, como la hormona foliculoestimulante y la prostaciclina. La FSH se une con los receptores localizados en el CP y ocasionan el incremento en la segregación de progesterona. Referente a la prostaciclina estimula a las células luteales creando P4, incrementa la sangre a grado ovárico teniendo un impacto positivo. Si el huevo no es fecundado, el cuerpo lúteo permanece servible hasta el día 15-20, a partir de la cual empieza la regresión en preparación para un nuevo lapso estral.

#### **2.3.5. DINÁMICA FOLICULAR PREPUBERAL EN BOVINOS**

La dinámica folicular de terneras durante los primeros 5 meses que anteceden a la pubertad todas las ondas son anovulatorias en animales prepúberes; la fase de crecimiento del folículo dominante y del primer folículo subordinado tienen menor duración en animales prepúberes; el tamaño de los folículos dominantes y del primer folículo subordinado a lo largo de la etapa estática son intensamente inferiores en animales prepúberes ante animales postpuberales ( $11,2 \pm 0,2$  vs.  $15,8 \pm 0,5$  mm y  $7,1 \pm 0,3$  vs.  $8,2 \pm 0,4$  mm, correspondientemente); la etapa estática del folículo dominante y del primer folículo subordinado tiene poca duración en animales prepúberes ( $5,1 \pm 0,3$  vs.  $5,8 \pm 0,5$  y  $1,8 \pm 0,2$  vs.  $2,1 \pm 0,3$  días,

correspondientemente); el tiempo entre las ondas es menor en prepúberes ( $8,0 \pm 0,4$  vs.  $9,7 \pm 0,2$  días) (Filipiak *et al.*, 2016).

El padrón de ondas foliculares es notable a partir de las dos semanas de edad y a lo largo de toda la vida reproductiva, con diversidad importante ya que el diámetro más grande del folículo dominante y el del más grande folículo subordinado se aumenta con la edad. Es decir que el más grande crecimiento de dichos diámetros pasa entre las dos y las ocho semanas de edad. Por esto se observa un incremento en el número de folículos tanto grandes como pequeños, desde los ocho meses de edad, son mínimas las variaciones que ocurren en la dinámica folicular de las hembras hasta la primera ovulación, no encontrando alteración significativa en el diámetro mayor de los folículos dominantes o subordinados (Filipiak *et al.*, 2016).

Mientras que sí se encuentra una mínima diferencia en el intervalo entre las ondas foliculares de terneras prepúberes en comparación con vaquillonas postpuberales, siendo de mayor duración en vaquillonas postpuberales de dos ondas foliculares por ciclo, que en terneras prepúberes o vacas de tres ondas foliculares (Filipiak *et al.*, 2016).

El crecimiento folicular en terneras prepúberes ocurre en “ondas” de crecimiento folicular (Pierson, 1988). Un grupo de folículos antrales emerge de forma sincrónica y un folículo dominante crece a un diámetro mayor que el resto (folículos subordinados). El periodo estral en bovinos abarca dos o tres ondas de desarrollo folicular. Cada onda comienza con el reemplazo de pequeños folículos antrales (cuatro o cinco mm), los cuales se desarrollan, uno de ellos consigue dominancia, alcanzando un diámetro intensamente preeminente y ajusta el incremento de los folículos subordinados. En donde el folículo dominante de la última onda folicular tiende a ovular. Alrededor de la ovulación, se observa un incremento y regresión de folículos grandes usando ultrasonografía (Roche *et al.*, 1991).

## **2.4. PUBERTAD EN BOVINOS**

La pubertad se define como la principal conducta estral frecuentado por el crecimiento del cuerpo lúteo este se mantiene por un periodo de tiempo característico para cada especie, la manifestación del primer celo o estro

acompañado de la primera ovulación y el inicio de la pubertad, tiempo en el que ocurren ciclos cortos y ovulaciones silentes. En esta fase las hembras alcanzan su madurez sexual, teniendo valores normales de gonadotropinas, evolución completa de los genitales y caracteres sexuales secundarios, haciéndose apto para la gestación (Panissa, 2009).

En este período de vida del animal en el que inicia la etapa de la madurez sexual o capacidad para reproducirse, se presenta los primeros caracteres sexuales secundarios y adquieren un gran desarrollo los órganos genitales, sin embargo, cuando decrece la tasa de transformación normal del cuerpo es una vez que se desarrolló los genitales, la pubertad es un fenómeno de relevancia en la vida productiva del bovino. El saber de los componentes que decretó su aparición tiene una enorme trascendencia una vez que se pretende entorar precozmente a las vaquillonas para obtener su primer servicio a los dos años de edad, la condición de crecimiento de la vaquillona permite que la preñez no afecte el desarrollo final del cuerpo de la hembra (Bavera, 2000).

La pubertad en vacas inicia con la primera ovulación (con o sin manifestación de celo) y concluye cuando se adquiere la ciclicidad, Instante en que los ciclos estrales con manifestaciones externas de baladro y ovulación se suceden a intervalos regulares (en la vaquillona 20 días), en el primer pico preovulatorio de LH (hormona luteinizante). Durante todos los procesos que se dan previo a este suceso componen el lapso prepuberal y también los que se generan previo al lapso puberal. Los ovarios de las terneras prepuberales poseen folículos en desarrollo donde padecen en ese momento de atresia, dichos regresan y al final desaparecen para ser reemplazados por otros que se desarrollan, sin embargo, vuelven a aparecer después de este proceso (Bavera, 2000).

En este periodo recesivo se aplaza hasta la aparición de la pubertad, donde los folículos se desarrollan hasta el lapso de folículo de Graaf. Con periodicidad, cada uno de los folículos puede ovular sin signos acompañantes de un estro externo (celos), supuestamente en dichos casos el volumen de estrógenos no es el indicado para inducir ciertos cambios de conducta en el animal, siendo primordial para generar estro psíquico, además de una producción de estrógenos, también una

mínima cantidad de progesterona procedente del cuerpo lúteo en regresión (Bavera, 2000).

## **2.5. PUBERTAD Y PESO CORPORAL**

La pubertad se obtiene cuando la vaquillona alcanza aproximadamente el 65 % del peso adulto en las novillas de razas cárnicas, mientras que las novillas de producción lechera un 55 % del peso vivo. Sin embargo, el peso de las vaquillonas al inicio de la pubertad oscila entre 240 y 260 kilogramo, en la raza Aberdeen Angus entre 230 y 250 Kilogramo, aunque la pubertad está enlazada con el peso y la edad en dichas especies, es de este modo que en el bovino el peso y la edad son relativamente importantes para la decisión de la pubertad, de esta forma se adelanta al desarrollo corporal, dando a entender que las hembras pueden multiplicarse antes de que sus órganos estén en plenitud de su capacidad para la producción y reproducción (Araujo, 2004).

El peso corporal al primer parto es un factor de heredabilidad relativamente alta comparado con otros factores de selección e integración de la alteración genética mejoraría la genética de las crías. Se podría alterar la CC en escasas generaciones y escoger vaconas de reemplazo más pequeñas al primer parto logrando aumentar la eficacia del alimento, sin interrumpir la producción de leche (Ballent *et al.*, 2003).

## **2.6. CLASIFICACIÓN DE LOS FOLÍCULOS**

### **2.6.1. FOLÍCULOS PRIMORDIALES**

Tiene formas redondeada, se observan alrededor de circulares al corte, en cortes sagitales se observara un perfil algo más oblongo. Permanecen conformados por un oocito cuyo incremento está detenido en la etapa de diploteno de la profase I de la meiosis (fase única de la meiosis de las hembras, llamada dictioteno) alrededor se encuentra una sola capa de células epiteliales foliculares pre granulosas que son células planas de aspecto fusiforme (Nilsson *et al.*, 2001).

Rajakoski (1960) señalan que, en las vacas se aprecia un promedio de cinco células pre granuloso en la parte que corta al folículo fundamental por un gran diámetro. Generalmente, muestra una disminución de células planas pre granuloso. El

diámetro del ovocito en este periodo es de 0,03 mm, aunque el folículo fundamental consta de diámetro total menor a 0,04 mm (Fortune, 2003).

### **2.6.2. FOLÍCULOS PRIMARIOS**

Cada folículo consta de un ovocito rodeado por una capa de células granulosas obtiene una forma cuboidal. El folículo se incrementa su diámetro a unos 0,04 -0,08 mm, rodeado por 10 a 40 células de la granulosa. Las células granulosas cuboidal se parten conformando algunas capas en torno al ovocito llamado folículo multilaminar (Fortune, 2003).

### **2.6.3. FOLÍCULOS SECUNDARIOS**

Estos folículos poseen algunas capas de células granulosas, que recubre paralelamente por células de la teca, también el folículo se incrementa (0,08 a 0,25 mm). Las células granulosas empiezan a secretar un líquido (licor folicular) conformando espacios entre sí; dichas áreas confluyen después en una cavidad nombrada antro folicular; paralelamente estas células secretan mucopolisacáridos conforman un halo defensor en torno al ovocito (Fortune, 2003).

### **2.6.4. FOLÍCULO ANTRAL**

El antro folicular incrementa su tamaño hasta obtener las características de folículo preovulatorio nombrado folículo de Graaf. El desarrollo del antro se origina en folículos de 0,2-0,4 mm de diámetro en bovinos, el ovocito tiene 0,093 mm de diámetro. Los folículos preovulatorios logran 15 mm. Las células granulosas siguen propagándose, esta difusión está unida la estructura de estroma conjuntivo la cual limita, formándose así las tecas foliculares interna y externa (Fortune, 2003).

## **2.7. SINCRONIZACIÓN DE LA OVULACIÓN**

El logro reproductivo en los mamíferos, incluidos los rumiantes, se basa en la coordinación de varios eventos. En el caso de la ovulación, ésta es de suma importancia ya que incrementa el éxito en la reproducción, en este proceso el ovocito es liberado desde el ovario para seguir el camino hacia el oviducto, donde se logra la fecundación. El tiempo necesario para los picos de LH natural o ya sea inducido para provocar la ovulación, es variable en las vaquillonas (Bruce, 2011).

## **2.8. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA APARICIÓN DE LA PUBERTAD**

### **2.8.1. EDAD Y PESO**

Generalmente, en casi todas las especies de animales, la pubertad va más adelantada que el desarrollo corporal. Esto quiere decir que las hembras pueden reproducirse antes de que sus órganos estén completamente desarrollados y aptos para la producción y reproducción. La capacidad reproductiva aparece cuando el animal alcanza aproximadamente entre el 45 y el 67 % del peso adulto, lo que dependerá del tipo de raza o cruzamiento (Halac, 2016).

La edad de la pubertad es un componente importante para la manufactura del ganado vacuno, se pone cada vez más énfasis en la aparición de vaquillas a la época de dos años y el uso temprano para la reproducción, convirtiendo así el desarrollo temprano en un carácter económico de particular relevancia. Las vaquillas llegan a la pubertad demasiado tarde para permitir la parición a los dos años aún en mejores condiciones, que es cuando se les puede utilizar para la reproducción del hato (Randel, 2000).

En las vaquillonas la pubertad transcurre después de una etapa de seis a 24 meses de maduración postnatal, es una tasa que depende principalmente de factores ambientales y genéticos, bajo dichas circunstancias una vacona no podrá ingresar a la pubertad hasta no alcanzar un estado de desarrollo que permita tener la capacidad de cuidar una cría. Por esta razón la pubertad no está asociado con la edad cronológica específicamente, sino más bien está relacionada con el estado de desarrollo, peso vivo y presencia de adecuadas reservas corporales, no obstante, las variaciones en el momento de inicio de la pubertad dependen principalmente del nivel de alimentación que reciban las vaquillonas (Panissa, 2009).

Se puede decir que el peso es un factor más determinante que la edad, ya que determina el momento de aparición de la pubertad, aunque siempre es necesaria una edad mínima. Otros indicadores muy relacionados con estos son la Condición Corporal (CC) que estima las reservas energéticas y la Calificación del Tracto

Reproductivo (CTR), que es un indicador del desarrollo genital del animal; los dos constituyen una expresión del estado fisiológico y metabólico (Arango *et al.*, 2002).

Basado en estos parámetros, un animal que presente un adecuado peso mínimo, posea una condición corporal entre tres y cuatro y una CTR de cuatro en adelante, estaría en condiciones de llevar a cabo su comportamiento reproductivo (Halac, 2016).

### **2.8.2. NUTRICIÓN Y MANEJO**

Pocos estudios han analizado el mecanismo endócrino por el cual la nutrición afecta la pubertad. Algunos autores proponen que este hecho radica en la pulsabilidad de la hormona LH que se vería afectada en vaquillonas en desarrollo. En los animales, la subalimentación produce un retraso en la llegada de la pubertad, mientras que un plano nutricional adecuado a alto la acelera. La sobrealimentación, aunque acelera el crecimiento del animal y favorece la actividad cíclica, tiene efecto desfavorable sobre el comportamiento reproductivo subsiguiente (Halac, 2016).

Otros factores muy importantes son los relacionados con el manejo de enfermedades, que indirectamente retrasan el inicio de la pubertad al verse afectado el animal y la presencia de sexo opuesto, que genera un estímulo beneficioso en las vaquillonas prepúberes con respecto a la edad y peso a la pubertad (Maquivar *et al.*, 2011).

### **2.9. REGULACIÓN DE LA SECRECIÓN DE GONADOTROPINAS**

Las dos hormonas más importantes en esta regulación son el estradiol y la progesterona. El primero es un regulador importante en la secreción de GnRH y también de la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y LH. En tanto, la progesterona tiene un efecto opuesto, ya que inhibe la expresión y la sensibilidad del hipotálamo a la acción de los estrógenos (Pfeifer *et al.*, 2009).

Un incremento de la secreción de gonadotropina se da como resultado de la maduración posnatal temprana del eje hipotalámico–hipofisario. Generalmente, es continuo por la instauración de las influencias inhibitorias, que conserva la secreción de gonadotropinas, hasta que se logra un estado necesario de

crecimiento somático o desarrollo general del animal. Por esto, se ha sugerido que el estradiol posee dos mecanismos de acción. Uno sería la inducción de un pico preovulatorio de LH, incrementando la expresión de los receptores de GnRH. Posteriormente, su función es promover la secreción de GnRH luego del pico de LH, para aumentar la secreción de LH y estimular el desarrollo del cuerpo lúteo (Pfeifer *et al.*, 2009).

## **2.10. INDUCCIÓN A LA PUBERTAD PRECOZ**

Gasser *et al.* (2006), han descrito que el estado nutricional, y más particularmente el estado energético del animal, incide en la síntesis de esteroides de procedencia ovárica y en particular en la secreción de estradiol. Además, esta respuesta es originada al aumento de las hormonas metabólicas, como la insulina y el factor de crecimiento insulinoide (IGF-1), que ejercen un efecto estimulante sobre los folículos en desarrollo, sumado a esto, el estado nutricional del animal afecta otras hormonas relacionadas con la regulación de la reproducción como la leptina, el neuropéptido, que estarían combinadas en el control y disminución de la secreción de gonadotropinas.

El efecto de dietas con alta proporción de energía sobre vaquillonas de destete, desde los dos meses de edad hasta la aparición de su pubertad dichas dietas incrementan la concentración de estradiol con respecto a los animales control. Por ello se promovió el incremento de la frecuencia de pulsos de LH a partir de sus 190 días de edad (Gasser *et al.*, 2006).

## **2.11. EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN EXÓGENA DE PROGESTÁGENOS PARA INDUCIR LA PUBERTAD EN VAQUILLONAS PARA CARNE**

El peso corporal que debería tener antes del primer servicio de las vaconas destinada para carne es alrededor del 60-65 % del peso de un animal adulto. Esta condición se obtiene con una ganancia de 0,5 a 0,8 kg/día a partir del destete al principio de la etapa reproductiva. El propósito de que una vacona para por primera ocasión cerca de los dos años de edad, a fin de aumentar la etapa productiva del animal. No obstante, varias vaconas al principio de la etapa de servicios están en



estado prepuberal, su funcionamiento reproductivo esta reducido, acarreado pérdidas económicas al ganadero (Maquivar *et al.*, 2011).

## **2.12. PROTOCOLOS CON DISPOSITIVOS DE PROGESTERONA Y ESTRADIOL**

El dispositivo intravaginal bovino (DIB) utilizado para mantener los niveles altos de la hormona durante la permanencia en la vagina para poder controlar el celo y la ovulación. El DIB va acompañado de hormonas por medio de la aplicación intramuscular como lo son el benzoato de estradiol (BE) (Sagbay, 2012)

### **2.12.2. PROGESTERONA Y ESTRADIOL**

La progesterona aparentemente juega un papel importante en la aparición de la pubertad en vaquillas, en donde se ha señalado que la aparición del primer cuerpo lúteo e iniciación de la actividad cíclica de los ovarios puede inducir con inyecciones de progesterona y estradiol. También hay un incremento transitorio de progesterona ovárica, que funciona como un regulador del ambiente endocrino para el desarrollo sincronizado de este fenómeno (González *et al.*, 1974).

El aumento transitorio de P4 normaliza evidentemente el proceso fisiológico que indica la pubertad, en el que ocasiona dichos cambios en las diversas etapas del animal antes de la pubertad. Se provoca una ovulación con tratamientos con progestágenos (Escobedo *et al.*, 2005).

Frecuentemente estos tratamientos resultan en preñez en bovinos prepúberes o posparto anovulatorios, en particular si están cerca de iniciar la ciclicidad en forma espontánea. Las bajas tasas de preñez se presumen particularmente a la mala condición corporal o a los intervalos posparto (Odde, 1990).

### **2.12.3. BENZOATO DE ESTRADIOL (BE)**

Es un proveniente sintético del 17 $\beta$  estradiol, hormona esteroidea sintetizada en el folículo ovárico originada para mejorar aquellos efectos reproductivos de los tratamientos con progestágenos en bovinos. Su acción al instante de la utilización del progestágeno (considerado este como día 0) produce una oleada folicular; la administración del benzoato de estradiol a la eliminación del progestágeno provoca

un aumento preovulatorio de la hormona luteinizante por medio de retroalimentación a beneficio del estradiol (Peralta *et al*, 2010).

El uso de estradiol en ganado bovino tiene dos funciones principales. Una vez que se aplica la progesterona, procede a ocasionar la atresia de los folículos presentes, de esta forma induce el inicio de una nueva onda folicular luego de 3 y 5 días post aplicación, esto garantiza la existencia de un nuevo folículo, un ovocito factible en la culminación del tratamiento (Bó *et al.*, 1994).

Una vez que el estradiol se aplica al retiro del progestágeno, impulsa una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo, originado la liberación de GnRH, la cual es idóneo de incrementar los pulsos y la frecuencia de la LH, desarrollando con ello que se unifique y se disminuya el tiempo en que se presenta la ovulación (Lefebvre *et al.*, 1992).

### **2.13. FACTORES A CONSIDERAR QUE DETERMINAN EL ÉXITO O FRACASO DEL PROGRAMA**

El animal debe de tener una condición corporal estable debe contar con un buen estado nutricional, no debe encontrarse ni delgada ni obesa, tener un buen manejo sanitario en control de parásitos y enfermedades infecciosas o transmisibles, evitar estrés en mangas y manejo en general del animal, tener una buena experiencia laboral para poder detectar celo y realizar la inseminación (Ojeda, 2018).

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo se realizó en la Hacienda Las Hierbas, en el sitio Las Piedras, en el cantón Flavio Alfaro, provincia de Manabí. Las coordenadas geográficas están entre los paralelos 0°14'38.99" de latitud sur y los meridianos 79°49'59.08" de longitud oeste (ver figura 1).



Figura1: Ubicación de la hacienda Las Hierbas. Fuente: Google Earth (2018)

## 3.2. CONDICIONES CLIMÁTICA

Tabla 1. Condiciones climáticas del cantón Flavio Alfaro

PARÁMETRO	VALOR
Precipitación media mensual (mm)	102
Temperatura media anual (°C)	25,4
Humedad relativa anual (%)	77
Evaporación media mensual (mm)	120
Altitud (msnm)	214

Fuente: Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Flavio Alfaro, 2019-2023.

## 3.3. DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

De la siguiente manera: la investigación tuvo una duración de 14 semanas, las cuales estuvieron distribuidas, fase pre experimental que comprendió las dos primeras semanas para la selección, vacunación y desparasitación; cuatro semanas de fase experimental o trabajo de campo y ocho semanas post experimento para la tabulación de resultados, escritura y presentación del informe final.

## 3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

### 3.4.1. MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO

Este método investigativo estudia los hechos, partiendo desde la desmembración de un todo, descomponiendo el objeto de estudio en partes o elementos para observar las causas, la naturaleza, los efectos y después relacionar, este método tiene gran utilidad para la búsqueda y el procesamiento de la información empírica, teórica y metodológica (Rodríguez *et al.*, 2017).

### **3.4.2. MÉTODO DEDUCTIVO INDUCTIVO**

El empleo del método tiene muchas potencialidades como método de construcción de conocimientos en un primer nivel, relacionado con regularidades externas del objeto de investigación, tanto el método inductivo como el deductivo son estrategias de razonamiento lógico, siendo que el inductivo utiliza premisas particulares para llegar a una conclusión general, y el deductivo usa principios generales para llegar a una conclusión específica (Rodríguez *et al.*, 2017).

### **3.4.3. TÉCNICA DE OBSERVACIÓN**

Esta técnica permite registrar el hecho cuando está ocurriendo facilitando llevar un registro con una mayor espontaneidad con el fin de obtener información necesaria para la investigación (Rojas, 2011).

### **3.4.4. TÉCNICA CUANTITATIVA**

Esta técnica nos ayuda a generar y examinar datos cuantitativos o numéricos sobre variables anteriormente determinadas, dichos datos se presentan en el informe final, en general consonancia con las variables que se declararon a partir del inicio y los resultados logrados van a brindar una realidad específica a la que dichos permanecen sujetos (Domínguez, 2007).

## **3.5. FACTOR DE ESTUDIO**

Protocolo de inducción a la pubertad.

Tamaño folicular.

## **3.6. TRATAMIENTOS**

Tratamiento uno = Protocolo de dispositivo intravaginal de progesterona con benzoato de estradiol (P4+BE) y folículo  $\geq 8$  mm.

Tratamiento dos = Protocolo de dispositivo intravaginal de progesterona con benzoato de estradiol (P4+BE) y folículo  $\leq 8$  mm.

Tratamiento tres = Protocolo de dispositivo intravaginal de progesterona sin benzoato de estradiol (P4) y folículo  $\geq 8$  mm.

Tratamiento cuatro = Protocolo de dispositivo intravaginal de progesterona sin benzoato de estradiol (P4) y folículo  $\leq 8$  mm.

**Tabla 2.** Distribución de unidad experimental

Tratamientos	Repeticiones
T1	21 vaquillas (P4+BE) folículo $\geq 8$ mm
T2	26 vaquillas (P4+BE) folículo $\leq 8$ mm
T3	19 vaquillas (P4) folículo $\geq 8$ mm
T4	28 vaquillas (P4) folículo $\leq 8$ mm
<b>TOTAL</b>	<b>94 VACONAS</b>

### 3.7. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para el desarrollo de la siguiente investigación se utilizaron 94 vaconas prepúberes de la raza Brangus, cada unidad experimental estuvo representada por una vaquilla; con edades entre 20 y 24 meses y un peso promedio entre 300 y 350 kg.

Todas las unidades experimentales se mantuvieron en los mismos potreros con acceso a agua de bebida y sales minerales a libre voluntad.

### 3.8. VARIABLES EN ESTUDIO

#### 3.8.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Protocolos de inducción a la pubertad.

Tamaño folicular.

#### 3.8.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Tamaño de folículo dominante. (mm)

Tamaño de cuerpo lúteo. (mm)

Ovulación a los siete días post celo. (%)

Ovulación a los 14 días post celo. (%)

### **3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

#### **3.9.1. SELECCIÓN DE ANIMALES**

Los caracteres reproductivos en vacunos para carne son muy importantes, corresponden a los mecanismos que se utilizaron para el proceso de la selección de los animales, para procurar ser eficientes en los resultados que se obtuvieron producto del uso de animales previamente seleccionados por destacarse en algunas características en particular. Se buscó que los animales escogidos mantengan uniformidad en cuanto a su edad, peso, raza, como las siguientes:

El peso promedio de las vaquillas fue de 325 kilogramos, edad entre 20 y 24 meses, raza Brangus.

En cuanto a la pubertad se realizó un examen ginecológico exhaustivo sobre el tracto reproductivo de cada vaquilla bien desarrollado, que no haya tenido al menos su primer periodo ovulatorio, donde se midió el tamaño del folículo dominante  $\geq 8$  mm y  $\leq 8$  mm, para establecer los tratamientos respectivos mediante ecografías transrectales.

Las vaquillas permanecieron al libre pastoreo, con alimentación basada en de pasto Mombasa Grass (*Panicum maximum*), con acceso al agua y consumo de sales minerales ad libitum. La selección de los animales se realizó en la última semana de junio del 2021.

#### **3.10. APLICACIÓN DE LOS PROTOCOLOS**

Para la aplicación de los dispositivos intravaginales se procedió con la desinfección, luego se colocó los dispositivos en el aplicador, donde más adelante se desinfectó el área perineal de las vaconas y al final se procedió a la aplicación de los dispositivos, rectificando su debida ubicación.

El inicio de los protocolos comenzó la primera semana de julio, en la que se realizaron dos protocolos, los cuales se detallan a continuación:

### 3.10.1. PROTOCOLO UNO

Día cero: Aplicación de dos mg de benzoato de estradiol (Gonadiol, Zoetis) vía intramuscular, junto con un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona (DIB® 0.5 gramos, Zoetis), día ocho se procedió al retiro de los dispositivos.

### 3.10.2. PROTOCOLO DOS

Día cero: Aplicación de un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona (DIB® 0.5 gramos, Zoetis), día ocho se procedió al retiro de los dispositivos.

## 3.11. TAMAÑO DE FOLÍCULO DOMINANTE

El tamaño de los folículos se determinó mediante ultrasonografía transrectal con ecógrafo Mindray DP 50 VET, modo B, se efectuó la medición de los diámetros de  $\geq 8$  mm y  $\leq 8$  mm, en el día del retiro del dispositivo y en el momento de la presencia del celo.

## 3.12. OBSERVACIÓN DE ANIMALES QUE MUESTRAN CELO

Para la detección de celo, se pintó la base de la cola de las vaquillas con crayón, luego se realizó seguimiento de los animales mediante observación in situ diurno y nocturno cada seis horas, desde el día del retiro de los dispositivos hasta tres días posteriores, el tiempo de observación para cada vigilancia fue de una hora; la presencia del celo fue determinada por receptividad sexual (aceptación de la monta) en los animales que fueron tratados.

La presentación de celos (PC) se obtuvo bajo la siguiente fórmula:

$$PC = \frac{\text{Número de animales detectados en celo}}{\text{Número de animales tratados}} \times 100$$

## 3.13. TAMAÑO DE CUERPO LÚTEO

El tamaño del cuerpo lúteo se determinó mediante ultrasonografía transrectal con ecógrafo Mindray DP 50 VET, modo B, se efectuó la medición del tamaño folicular con la diferencia que se realizó en los días siete y 14 post presencia de celo.

### 3.14. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente trabajo se desarrolló bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y 94 unidades experimentales, cada vaquilla corresponde a una unidad experimental, donde se aplicó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Valor de parámetro el tratamiento

$\mu$  = Media general

$A_i$  = Efecto del tratamiento (protocolo de inducción de ciclicidad y tamaño folicular.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

Tabla 3. ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	93
TRATAMIENTO	3
Error	90

### 3.15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico que se utilizó fue descriptivo a través de la determinación de medidas de tendencia central (promedio) y dispersión (error estándar, coeficientes de variación, valores mínimos y máximos) para las variables numéricas continuas.

Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat 2020, con apoyo de la herramienta de Microsoft Office 365 (Excel) para su tabulación, y su presentación fue mediante tablas y gráficos.

Para estudiar las variables cuantitativas, se realizó el Análisis de Varianza (ADEVA), con el empleo del software estadístico Infostat (2020); previamente se comprobaron los supuestos de homogeneidad de la varianza (Prueba de Bartlett) y normalidad de los errores (Prueba de Schapiro-Wilk).



Para la tipificación de las probabilidades, se realizó un T-Student para ver la significancia general a través de la prueba de Tukey.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DEL FOLÍCULO DOMINANTE SOBRE EFECTO DE LA INDUCCIÓN A LA PUBERTAD

Se puede observar en la (tabla 4) los valores obtenidos de la variable tamaño del folículo dominante al momento del retiro de dispositivos, se encontró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos (T), donde el T4 (P4) folículo  $\leq 8$  mm, muestran un mayor diámetro 9,81 mm del folículo dominante al momento de retirar del dispositivo  $p < 0,0073$ .

**Tabla 4.** Análisis de la varianza y valor de probabilidad del diámetro del folículo dominante

Tratamientos	Diámetro del folículo Dominante.
	Medias
T1 (P4+BE) folículo $\geq 8$ mm	8,85 ab
T2 (P4+BE) folículo $\leq 8$ mm	7,63 b
T3 (P4) folículo $\geq 8$ mm	8,90 ab
T4 (P4) folículo $\leq 8$ mm	9,81 a
Probabilidad Anova	$p < 0,0073$

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

En el estudio de Carvalho (2004), donde evaluó el efecto del tratamiento con dispositivo intravaginal de progesterona asociado a benzoato de estradiol (BE) y prostaglandina F2 en el desarrollo folicular de *B. indicus* (Nelore y Gyr), *B. taurus* (Angus y BWH) encontró que las novillas que tuvieron mayores concentraciones de progesterona durante el tratamiento presentaron una disminución en la tasa de crecimiento del folículo dominante y una reducción en la ovulación. Pese a que en el presente estudio se procedió a utilizar progesterona en todos los tratamientos, se puede observar que en aquellos que no se utilizó el (BE) se presentaron mayores diámetros foliculares.

Para Alonso (2007), posiblemente los mayores niveles circulantes de P4 de los animales tratados con CIDR estarían disminuyendo la frecuencia de liberación de LH comprometiendo así el crecimiento folicular y la ovulación. Sin embargo, Araujo *et al.*, (2019), contrapone lo argumentando que el crecimiento del folículo ovárico se puede estimular con hormonas como la progesterona, el estradiol o una combinación de ambos manteniendo excelentes resultados en inducciones de pubertad y tasa de preñez.

## 4.2. ESTABLECIMIENTO DE LA TASA DE OVULACIÓN EN LAS VACONAS SOMETIDAS AL TRATAMIENTO SOBRE EL EFECTO DE LA INDUCCIÓN A LA PUBERTAD

Se puede observar en (Tabla 5) los resultados obtenidos para la variable de la tasa de ovulación mantenidas las vaquillas a los siete y 14 días de finalizada la aplicación del protocolo, aplicada la prueba T Student para tipificación de las probabilidades, se identifica diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los porcentajes obtenidos en el día siete, donde T1 (P4+BE) folículo  $\geq 8$  mm, mostró mejores parámetros porcentuales con el 95 %.

En cuanto a los valores de la tasa de ovulación mantenida por las vaquillas al día 14 de finalizada la aplicación del protocolo, aplicada la prueba T Student se puede identificar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los porcentajes entre los tratamientos, donde T1 (P4+BE) folículo  $\geq 8$  mm presentó la tasa máxima de ovulación con el 100 % siguiendo esta tendencia T4 con una variación del 96 %.

Tabla 5. Tasa de ovulación a los 7 días y 14 días post aplicación del protocolo

Tratamiento	N° Vaconas	Ovulación a los 7 días	% de tasa ovulación a los 7 días	Ovulación a los 14 días	% de tasa de ovulación a los 14 días	N° de ovulación de vaconas del día 7 al 14	Variación porcentual de la ovulación del día 7-14
T1 (P4+BE) folículo $\geq 8$ mm	210	20	95 %	21	100 %	1	5 %
T2 (P4+BE) folículo $\leq 8$ mm	26	13	50 %	19	73 %	6	23 %
T3 (P4) folículo $\geq 8$ mm	18	14	78 %	16	89 %	2	11 %
T4 (P4) folículo $\leq 8$ mm	28	21	75 %	27	96 %	6	21 %
<b>Total, vaconas</b>	93	68		83		15	
<b>Nivel % promedio</b>			75 %		90 %		15 %
<b>Probabilidad % de ovulación siete días</b>							$p < 0,004$
<b>Probabilidad % de ovulación 14 días</b>							$p < 0,006$

En estudios como el de Araujo *et al.*, (2019), donde se evaluó la efectividad del protocolo de ciclicidad en novillas Nelore prepúberes, donde se analizaron un total de 180 novillas sometidas al protocolo de inducción de la pubertad con uso de progesterona y estradiol, mostraron una tasa de ovulación del 82,22 % en las vaquillas inducidas por la pubertad. Estos resultados son menores a los de la presente investigación debido a que los autores antes mencionado, en su investigación utilizaron 1 ml de benzoato de estradiol en el día 8, el retiro de dispositivo en el día 12, otro factor adicional que puede variar es que los animales utilizados tenían un peso menor a los de este experimento, a pesar que en ambas investigaciones se utilizaron animales con folículos igual o > a ocho mm, en este estudio se mostró mejores parámetros porcentuales con el 95 %.

En la investigación de González (2015), con novillas Nelore de 14 meses con tratamiento de progesterona y estradiol en el momento de la inserción del dispositivo intravaginal aumentó la tasa de crecimiento del folículo dominante, con uso de progesterona (P4) se evidenciaron diámetros de 11.9 mm y sin P4 diámetros = 10.5 mm; en cuanto a la tasa de ovulación, con P4 se evidenció un valor promedio del 78,8 % a y sin P4 del 54,0 %. Estos resultados obtuvieron un menor porcentaje debido a que la raza indica que utilizó el autor antes mencionado son menos precoces, además al utilizar animales de menor peso y a una edad muy temprana influyeron en dicho estudio con porcentajes un poco favorables como los de la presente investigación.

#### **4.3. VALORACIÓN DEL TAMAÑO DEL CUERPO LÚTEO SOBRE EL EFECTO DE LA INDUCCIÓN A LA PUBERTAD**

Se puede observar en la (tabla 6), los resultados obtenidos para el diámetro del cuerpo de lúteo, donde no se evidencian diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para ningún tratamiento, no obstante, T1 (P4+BE) folículo  $\geq 8$  mm presentó mayor tamaño promedio de diámetro ante los demás tratamientos.

**Tabla 6.** Análisis de la varianza y valor de probabilidad del diámetro del cuerpo lúteo

Tratamientos	Diámetro del Cuerpo Lúteo
T1 (P4+BE) folículo $\geq$ 8 mm	19,73 a
T2 (P4+BE) folículo $\leq$ 8 mm	17,27 a
T3 (P4) folículo $\geq$ 8 mm	18,93 a
T4 (P4) folículo $\leq$ 8 mm	17,13 a
Probabilidad ADEVA	$p > 0,08$

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

En investigaciones como la de Cuestas *et al.*, (2007), con vaquillonas cruza indica de 15 meses de edad, con una condición corporal de 2.5 a 4 (escala uno al cinco) con un peso de entre 350 a 400 kg, se encontraron aumentos en la cantidad de animales con presencia de CL con diámetros desarrollados al inicio del tratamiento de sincronización y se evidencia un impacto positivo en la ciclicidad del rodeo tratado con el uso de la progesterona.

Toro (2020), manifiesta que para inducir a la ciclicidad en novillas se debe preexponer la hembra a dosis exógenas de (P4) puesto que aumenta las manifestaciones de estro, estimula la ovulación y aumenta el número de animales con CL. Por su parte Vrisman (2017), expresa que el uso de la progesterona (P4) ha traído consecuencias beneficiosas en los tratamientos de inducción de la pubertad, las novillas pueden ser inseminadas en su ciclo estral subsecuente, si bien el CL tendrá una duración necesaria para que se dé el estro, además en su estudio de inducción a la ovulación aplicado en vaquillas Nelore de 17 meses de edad y 289 kg mostró que la concentración sérica de progesterona (P4) fue eficiente en el diagnóstico de la funcionalidad de la CL.

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

### **5.1. CONCLUSIONES**

El tratamiento cuatro con folículo  $\leq 8$  mm, sin benzoato fue el que desarrolló mayores diámetros folículos dominantes al momento del retiro del dispositivo.

Se presentaron tasas de ovulación significativas ( $p < 0,05$ ). El mayor valor porcentual lo obtuvo el tratamiento T1 (P4+BE) folículo  $\geq 8$  mm, mismo que presentó una tasa de ovulación del 95 % y 100 % durante los 7 y 14 días post aplicación del protocolo respectivamente.

El mayor tamaño de cuerpo lúteo se obtuvo con la aplicación T1 (P4+BE) folículo  $\geq 8$  mm.

El uso de protocolo a base de progesterona y benzoato de estradiol con folículos  $\geq 8$  mm en vaconas, es considerado el mejor tratamiento para la inducción a la pubertad en novillas.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Estimular al desarrollo de nuevas líneas de investigación que permitan observar el efecto de diversos protocolos de manejo, para mejorar la eficiencia reproductiva de cualquier raza bovina, en diferentes zonas de la provincia de Manabí.

Utilizar protocolos a base de progesterona con y sin benzoato de estradiol, para inducir a la pubertad en vaquillas Brangus, ya que como muestran los resultados de la presente investigación, causa la ovulación en más del 70% de los animales.

Utilizar el protocolo a base de progesterona y benzoato de estradiol, sin embargo, es mejor si se utiliza en vaquillas con folículos  $\geq 8$  mm; debido que de esta forma causa la ovulación en una mayor cantidad de animales, y de esta forma mejorar los parámetros reproductivos de las ganaderías.

## BIBLIOGRAFÍA

- Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Flavio Alfaro. Flavio Alfaro, Provincia de Manabí, Ecuador. 2019-2023
- Alonso, N., Morales, C., Granada, J., Mesa, H., Gómez, G., & Molina, J. 2007. Evaluación de Cuatro Protocolos de Sincronización Para Inseminación a Tiempo Fijo en Vacas *Bos indicus* Lactantes. *Revista Científica Maracaibo*, 17(5), 501–507. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592007000500010](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000500010)
- Álvaro, A. 2004. Pubertad en la hembra bovina. Disponible en: [http://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/57-pubertad\\_en\\_la\\_hembra\\_bovina.pdf](http://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/57-pubertad_en_la_hembra_bovina.pdf)
- Arango, J; Cundiff, L; Van Vleck, L. 2002. Breed comparisons of Angus, Brahman, Hereford, Pinzgauer, Sahiwal, and Tarentaise for weight, weight adjusted condition score, height, and body condition score. *Journal of Animal Science* 80:3142–3149.
- Araujo, Á. 2004. *Pubertad en la hembra bovina. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.* [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/57-pubertad\\_en\\_la\\_hembra\\_bovina.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/57-pubertad_en_la_hembra_bovina.pdf)
- Araújo, A., Nonato, M., Bezerra, A., Murta, D., Murta, D., Santos, J., Souza, R., & Carneiro, J. 2019. Efeito indução da ovulação em novilhas com protocolo de ciclicidade. *Brazilian Journal of Development*, 5(11), 24286–24290. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-115>
- Arroyo, J; Magaña, H; Camacho, M. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/939/93912996001.pdf>.
- Ballent, G., Landi, H., Bilbao, D., Dick, A. 2003. Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche: una actualización bibliográfica. Disponible en: [aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2003/99A-2/99A-2\\_04.pdf](http://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2003/99A-2/99A-2_04.pdf)



- Bavera, G. 2000. Pubertad. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/01-pubertad\\_en\\_machos\\_y\\_hembras.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/01-pubertad_en_machos_y_hembras.pdf)
- Bo, G; Adams, G; Pierson, R; Tribulo, H; Caccia, M; Mapletoft, R. 1994. Follicular wave dynamics after estradiol-17 treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*; 41: 1555-1569.
- Bruce, D. 2011. *Ovulación*. Centro de Investigación en Reproducción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Montreal, St-Hyacinthe Qc Canadá J3N1M2
- Carlos, C; Stagnaro, M; Ninoska, M; Javier, G. 2003. Análisis de la tasa de preñez en vacas doble propósito. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XIII, Nº 6, 440-447*. Disponible en: <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/download/15010/14987>
- Carvalho, J. 2004. *Sincronização de ovulação com dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR) em novilhas B. indicus, B. indicus x B. taurus e B. taurus*. [Tesis Doctoral, Universidade de São Paulo]. Repositorio Institucional. [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10131/tde-12092007-130341/publico/JP\\_CARVALHO\\_submiss.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10131/tde-12092007-130341/publico/JP_CARVALHO_submiss.pdf)
- Cuestas, G., Brandan, A & Chesta, P. 2007. *Efecto de un Priming de p4 sobre la tasa de ciclicidad en vaquillonas cruce indicas de 15 meses de edad*. Instituto de Reproducción Animal Córdoba (IRAC), Córdoba, Argentina. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/122-priming.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/122-priming.pdf)
- Escobedo, F; García, M; Nuncio, M; Guadalupe, J; Gallegos, J. 2005. Efecto de un progestágeno (norgestomet) en la secreción pulsátil de la hormona luteinizante en vaquillas *Bos taurus* x *Bos indicus* prepúberes en el trópico mexicano. *Revista Agrociencia*, vol. 39, núm. 5. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239503.pdf>

- Filipiak, Y; Viqueira, M; Bielli, A. 2016. Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. *Revista veterinaria (Montev.)* vol. 52 no.202. Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-48092016000200002&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-48092016000200002&script=sci_arttext&tlng=en)
- Fortune, J. 2003. The early stages of follicular development: activation of primordial follicles and growth of preantral follicles. *Revista Anim Reprod Sci* 78:135–163. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12818642/>
- Gasser, C; Grum, D; Mussard, M; Fluharty, E; Kinder, J; Day, M. 2006. Induction of precocious puberty in heifers I: enhanced secretion of Luteinizing Hormone. *Journal of Animal Science* 84:2035–2041.
- González, B. & Analía, V. 2010. Eficiencia en recría de vaquillonas en establecimientos lecheros. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/318/1/doc.pdf>
- González, B. 2015. *Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade*. [Tesis de Maestría, Universidade de São Paulo]. Repositorio Institucional. DOI10.11606/D.10.2016.tde-13112015-14312
- González, E; Wiltbank, J; Niswender, G. 1974. Puberty in Beef Heifers. II. Effect of Injections of Progesterone and Estradio-17B on Serum LH, FSH. and Ovarian Activity, J. *Anim. Sci.* Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/21985808\\_Puberty\\_in\\_beef\\_heifers\\_II\\_Effect\\_of\\_injections\\_of\\_progesterone\\_and\\_estradiol-17beta\\_on\\_serum\\_LH\\_FSH\\_and\\_ovarian\\_activity](https://www.researchgate.net/publication/21985808_Puberty_in_beef_heifers_II_Effect_of_injections_of_progesterone_and_estradiol-17beta_on_serum_LH_FSH_and_ovarian_activity)
- González, P. 2008. La aparición de la pubertad en vaquillas. Disponible en: <https://fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c11.pdf>
- Guáqueta, H. 2009. Ciclo Estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639221003.pdf>

- Halac, M. 2016. Estrategias nutricionales y hormonales para la inducción de la pubertad en bovinos y su impacto en la fertilidad. Disponible en: [https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/971/v\\_halest403.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/971/v_halest403.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hermosilla, R. 2009. Efecto de la aplicación de oxitocina sobre el periodo de días abiertos en vacas de doble propósito en el trópico. Disponible en: <http://148.226.12.104/bitstream/12345678/89/1/RICARDO%20SANTIAGO%20HERMOSILLA.pdf>
- Hernández, J. 2016. Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. México. (En Línea). Disponible en: [https://fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia\\_Clinica.pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf)
- Hincapie, J; Brito, R; Campo, E. 2005. Reproducción animal aplicada Fundamentos de la fisiología y biotecnologías. Reproducción animal aplicada Fundamentos de la fisiología y biotecnologías. Tegucigalpa: Litocom, págs. 69-70.
- Llera, M. 1994. Reproducción de los animales domésticos. Madrid: AEDOS. ISBN: 84- 7003-339-5.
- Lefebvre, D; Block, E. 1992. Effect of recombinant bovine somatotropin on estradiol-induced estrous behavior in ovariectomized heifers. Revista de ciencia láctea vol75, número 6, pag1461-1464. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030292779028>
- Maquivar, M; Day, M. 2011. Estrategias nutricionales y hormonales para la inducción a la pubertad en vaquillonas de carne y su impacto en la fertilidad. IX° Simposio Internacional de Reproducción Animal, IRAC, XX° Aniversario. Córdoba, Argentina p. 1–15.
- McCracken, J; Schramm, W; Okulicz, W. 1984. Hormone receptor control of pulsatile secretion of pgf2alpha from the ovine uterus during luteolysis and its abrogation in early pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.*; 7: 31-55. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378432084900277>

- Morán, C; Quirke, J; Roche, J. 1989. Puberty in Heifers: a Review. *Anim Reprod Sci* 18: 167-182. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0378432089900195>
- Navarro, L. 2004. Inducción y sincronización del estro en ganado *Bos indicus*, utilizando acetato de melengestrol combinado con PGF2 $\alpha$  YGNRH. Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/12906/Leonel-Navarro-Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nilsson, E. & Skinner, M. 2001. Cellular interactions that control primordial follicle development at folliculogenesis. *J Soc Gynecol Invest* 8:17-20. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S107155760000099X>
- Odde, K. 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *Journal Animal Sciences*, 68: 817-830. Disponible en: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/68/3/817/4704015?redirectedFrom=fulltext&login=false>
- Ojeda, D. 2018. Protocolo de sincronización de celo e inseminación artificial a tiempo fijo en la hembra bovina (IATF). Disponible en: <https://agrocolun.cl/protocolo-de-sincronizacion-de-celo-e-inseminacion-artificial-a-tiempo-fijo-en-la-hembra-bovina-iatf-2/>
- Panissa, G. 2009. Caracterización del peso vivo y la edad a la pubertad en terneras de diferentes biotipos de razas para carne. Disponible en: [https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23913/1/TTS\\_PanissaGermanoGerm%C3%A1n.pdf](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23913/1/TTS_PanissaGermanoGerm%C3%A1n.pdf)
- Peralta, T; Aké, L; Centurión, C; Magaña, M. 2010. Comparación del cipionato de estradiol vs benzoato de estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con CIDR en novillas y vacas *Bos indicus*. *Revista Scielo* vol26, No2. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792010000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000200004)

- Pfeifer, L; Siqueira, L; Mapletoft, R; Kastelic, J; Adams, G; Colazo, M; Singh, J. 2009. Effect of exogenous progesterone and cloprostenol on ovarian follicular development and first ovulation in prepubertal heifers. Magazine *Theriogenology* 72:1054–1064. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.06.022>
- Pierson, R. & Ginther, O. 1988. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology* 29:21-38. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/248302496\\_Ultrasonic\\_imaging\\_of\\_ovaries\\_and\\_uterus\\_in\\_cattle](https://www.researchgate.net/publication/248302496_Ultrasonic_imaging_of_ovaries_and_uterus_in_cattle)
- Rajakoski, E. 1960. The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal, cyclical and left-right variations. *Acta Endocrinol* 34 (suppl52):1-68
- Randel, R. 2000. El estatus, reconocimiento y la viabilidad de raza brahmán en el mundo. Disponible en: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNACR269.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACR269.pdf)
- Ribeiro, F. 2018. *Fatores de indução da puberdade em novilhas*. [Tesis de Pregrado, Universidade de Brasília]. Repositorio Institucional. [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22090/1/2018\\_FabioAthairRibeiroCordeiro\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22090/1/2018_FabioAthairRibeiroCordeiro_tcc.pdf)
- Rippe, A. 2009. El ciclo estral. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Christian\\_Rippe2/publication/265116863\\_EL\\_CICLO ESTRAL/links/55143dd70cf2eda0df308475/EL-CICLO-ESTRAL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christian_Rippe2/publication/265116863_EL_CICLO ESTRAL/links/55143dd70cf2eda0df308475/EL-CICLO-ESTRAL.pdf)
- Robinson, T. 1977. Reproduction in cattle. In: H.H. Cole and P.T. Cupps (Editores), *Reproduction in Domestic Animals. 3era Edición*. N.Y. Academic Press, Nueva York, Estados Unidos. pp. 433-441.
- Roche, J. & Boland, M. 1991. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* 35:81-90.

- Rodríguez, A; Pérez A, 2017. Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Rev. esc.adm.neg.* No. 82. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>
- Rojas, A. 2017. *Efecto de la progesterona parenteral aplicada en el día 3 post inseminación artificial a tiempo fijo sobre la fertilidad de vacas de carne.* Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28400/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Rojas, C. 2011. Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Revista Tiempo de Educar*, vol. 12, núm. 24. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>
- Sagbay, C. 2012. *Efecto de la gonadotropina coriónica equina (ECG) aplicada al momento de retirar el dispositivo de progesterona (P4) sobre el porcentaje de preñez en vacas Holstein post-parto.* Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2419/15/UPS-CT002426.pdf>
- Shirasuna, K. 2010. Nitric oxide and luteal blood flow in the luteolytic cascade in the cow. *J. Reprod. Dev.*; 56: 9-14. Disponible en: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrd/56/1/56\\_09-206E/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrd/56/1/56_09-206E/_pdf/-char/en)
- Spencer, T; Johnson, G; Burghardt, R; Bazer, F. 2004. Progesterone and Placental Hormone Actions on the Uterus: Insights from Domestic Animals. *Biol. Reprod.*; 71: 2-10. Disponible en: <https://academic.oup.com/biolreprod/article/71/1/2/2667066?login=false>
- Toro, D. 2020. *Comparación de dos inductores de la ovulación en un programa de IATF con semen sexado en ganadería de ceba.* [Tesis de Pregrado, Universidad de Santander]. Repositorio Institucional <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/5121>

- Tovío, N. 2011. *Efectos de la aplicación de eCG (Día 5 u 8) sobre el desarrollo del cuerpo lúteo, nivel de progesterona y tasa de preñez en hembras receptoras de embriones bovinos*. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7779/780179.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Viñoles, C. 2003. *Effect of nutrition on follicle development and ovulation rate in cattle. Thesis of Doctor of Philosophy*. Swedish University of Agricultural Sciences. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/30072455\\_Effect\\_of\\_Nutrition\\_on\\_Follicle\\_Development\\_and\\_Ovulation\\_Rate\\_in\\_the\\_Ewe](https://www.researchgate.net/publication/30072455_Effect_of_Nutrition_on_Follicle_Development_and_Ovulation_Rate_in_the_Ewe)
- Vrisman, D. 2017. *Indução da ovulação e funcionalidade do corpo lúteo em novilhas nelore pré-púberes*. [Tesis de Pregrado, Universidade Estadual Paulista]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/150726>

# ANEXOS



## ANEXO Nº1: SELECCIÓN DE ANIMALES

**Anexo 1-A:** Selección de vaconas



**Anexo 1-B:** Registro de animales



## ANEXO Nº2: MATERIALES PARA LA SINCRONIZACIÓN DE CELO

**Anexo 2-A:** Fármacos utilizados



**Anexo 2-b:** Aplicador de dispositivo



**Anexo 2-D:** Crayón



**Anexo 2-C:** Guantes



### ANEXO N°3: APLICACIÓN DE FÁRMACO

Anexo 3-A: Aplicación del dispositivo



Anexo 3-B: Aplicación del benzoato de estradiol



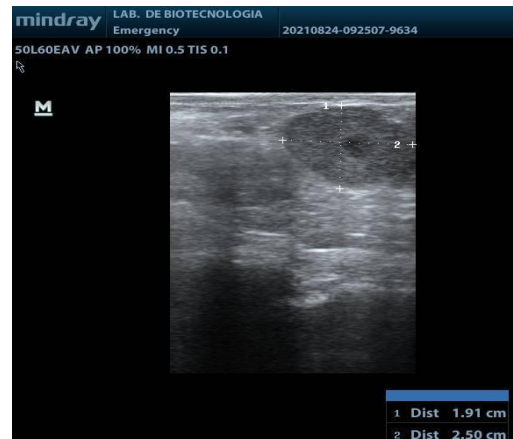
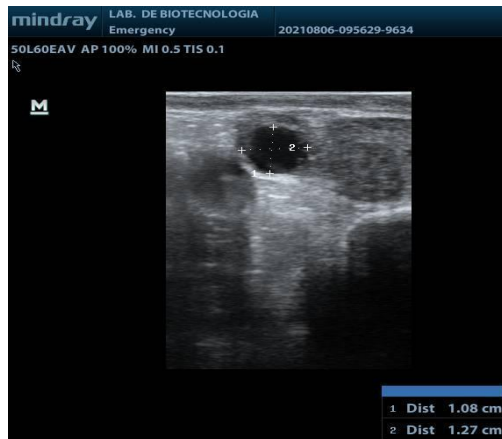
### ANEXO N°4: OBSERVACIÓN DE SIGNOS DE CELO EN LOS ANIMALES

Anexo 4-A: Aplicación de crayón para detección de celo Anexo 4-B: Observación de celo in situ



## ANEXO N°5: OBSERVACIÓN MEDIANTE EXAMEN GINECOLÓGICO

**Anexo 5-A:** Revisión del tamaño del folículo dominante **Anexo 5-B:** Revisión del tamaño del cuerpo lúteo



## ANEXO N°6: OBSERVACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN EL SOFWAR INFOSTAT

**Anexo 6A:** Análisis del tamaño del folículo dominante **Anexo 6B:** Análisis de varianza cuerpo lúteo

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TFD	93	0,13	0,10	25,52

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64,59	3	21,53	4,26	0,0073
TRATAMIENTOS	64,59	3	21,53	4,26	0,0073
Error	449,68	89	5,05		
Total	514,26	92			

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TCL	77	0,09	0,05	20,79

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	97,31	3	32,44	2,26	0,0883
TRATAMIENTOS	97,31	3	32,44	2,26	0,0883
Error	1046,39	73	14,33		
Total	1143,70	76			

### Anexo 6-C: Prueba de t-student para la ovulación a los 7 días

Prueba t para una media

Valor de la media bajo la hipótesis nula: 0

Variable	n	Media	DE	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)
Tasa de ovulacion 7 dias	4	74,50	18,56	44,97	104,03	8,03	0,0040

### Anexo 6-D: Prueba de t-student para la ovulación a los 14 días

Prueba t para una media

Valor de la media bajo la hipótesis nula: 0

Variable	n	Media	DE	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)
Tasa de ovulacion 14 dias	4	89,50	11,90	70,56	108,44	15,04	0,0006