



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES**

**RENOVABLES**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INSEMINACIÓN  
ARTIFICIAL EN HEMBRAS BOVINAS, BAJO UN PROTOCOLO DE  
SINCRONIZACIÓN DE CELOS, EN EL CANTÓN PALANDA”**

Tesis de Grado previa a la obtención del  
Título de Médica Veterinaria Zootecnista

**AUTORA**

**Silvana Katherine Pardo Camisán**

**DIRECTOR**

**Dr. Hermógenes René Chamba Ochoa Mg. Sc.**

**Loja – Ecuador**

**2018**

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

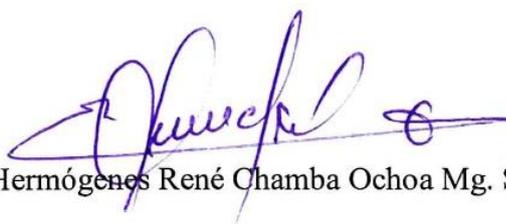
Dr. Hermógenes René Chamba Ochoa Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

**CERTIFICA:**

Que el trabajo de tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN HEMBRAS BOVINAS, BAJO UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS, EN EL CANTÓN PALANDA”**, ejecutado por la Señorita Egresada **Silvana Katherine Pardo Camisan**, previo a la obtención del título de **MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**, ha sido ejecutado en el cronograma establecido y prolijamente revisado, por tanto, se autoriza su presentación, para el trámite correspondiente.

Loja, 20 de marzo del 2018



Dr. Hermógenes René Chamba Ochoa Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

### CERTIFICAN:

Que la señorita Egresada de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, **SILVANA KATHERINE PARDO CAMISÁN**, autora de la tesis titulada “**EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN HEMBRAS BOVINAS, BAJO UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS, EN EL CANTÓN PALANDA**”, previo a la obtención del título de Médica Veterinaria Zootecnista, ha incluido las correcciones que se le han observado, por lo tanto autorizamos continuar con los trámites para la Graduación.

Loja, 11 de junio del 2018

### APROBADA

.....  
**Dr. Víctor Rolando Sisalima Jara Mg. Sc.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....  
**Dr. Tito Ramiro Muñoz Guarnizo Mg. Sc.**  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**

.....  
**Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.**  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**

## AUTORÍA

Yo, Silvana Katherine Pardo Camisán, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

**Autora:** Silvana Katherine Pardo Camisán

**Firma:** .....

**Cédula:** 1900797281

**Fecha:** Loja, 04 de julio del 2018

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA  
LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN  
ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, **Silvana Katherine Pardo Camisán**, declaro ser la autora de la tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN HEMBRAS BOVINAS, BAJO UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS, EN EL CANTÓN PALANDA”**, como requisito para optar el grado de: **Médica Veterinaria Zootecnista**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios podrán consultar el contenido de este trabajo en el repositorio digital institucional (RDI), en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de su autorización, en la ciudad de Loja, a los cuatro días del mes de julio del dos mil dieciocho, firma la autora.

<b>Firma:</b>	..... 
<b>Autor:</b>	Silvana Katherine Pardo Camisán
<b>Número de cédula:</b>	1900797281
<b>Dirección:</b>	Loja, Barrio Clodoveo Jaramillo Bajo
<b>Correo electrónico:</b>	silvana.1991@hotmail.es
<b>Celular:</b>	0990818045

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

<b>Director de tesis:</b>	Dr. Hermógenes René Camba Ochoa Mg. Sc.
<b>Tribunal de grado</b>	
<b>Presidente del tribunal:</b>	Dr. Víctor Rolando Sisalima Jara Mg. Sc.
<b>Vocal del tribunal:</b>	Dr. Tito Ramiro Muñoz Guarnizo Mg. Sc.
<b>Vocal del tribunal:</b>	Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Mediante estas líneas quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todos aquellos que fueron partícipes en la realización del presente trabajo, a los directivos y docentes de la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la cual recibí conocimientos para mi vida profesional, en especial al Dr. Hermógenes René Chamba Ochoa, director de esta investigación, por su orientación, seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por el apoyo brindado y la motivación recibida a lo largo de esta etapa.

Además, hacer extensiva mi gratitud al Dr. José María Días y al Dr. Ramiro Ordoñez quienes me brindaron apertura en los escenarios de trabajo y confiaron en mi para llevar a cabo la fase de campo, al Dr. Marco Erraez, amigo y compañero por su apoyo y dedicación para culminar exitosamente la investigación.

A mi familia y amigos que con su motivación y esfuerzo me ayudaron de una u otra manera para que esta investigación se lleve a cabo exitosamente.

Silvana Pardo

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi Dios, hoy me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda al guiarme por el camino del éxito.

A mi compañero de vida, Juan Gaona, gracias por creer en mi capacidad de superación, por tu ayuda y aporte no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; y a mis hijos Génesis y Matías, espero entiendan y comprendan la recompensa que espera a cada sacrificio: como momentos a su lado, tiempo del cual los dueños eran ustedes; gracias por ser el motor de mi vida, el motor que siempre esta encendido.

A mi madre María Pardo por ser ejemplo de lucha y dedicación, su apoyo incondicional ha sido esencial, gracias por esta gran herencia y a mis hermanos Xavier, Jhonatan, Steven; abuelitos Ángelo y Gerarda (+); tíos y primos, gracias a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos, familia mi gratitud para con ustedes.

A mis amigos, ya que ellos más que nadie sabe que este proceso no fue nada fácil, pero que durante este tiempo logramos disfrutar cada proceso de investigación y enseñanzas impartidas, no fue porque sencillamente me lo propuse que así fuera, fue porque siempre estuvieron ahí plasmando parte de este transcurso, y a aquellas personas que durante mi vida estudiantil estuvieron a mi lado apoyándome para cumplir este anhelado sueño.

Silvana Pardo

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	III
AUTORÍA.....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRATC.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA BOVINA .....	3
2.1.1. Ciclo Estral.....	5
2.1.1.1. Control neuroendocrino del ciclo estral .....	5
2.1.2. Fases del Ciclo Estral.....	8
2.1.2.1. Fase folicular o proestro.....	8
2.1.2.2. Fase preovulatoria (estro y metaestro).....	9
2.1.2.3. Fase luteal (Diestro).....	10
2.1.3. Dinámica Folicular.....	11
2.1.3.1. Reclutamiento .....	11
2.1.3.2. Selección .....	12
2.1.3.3. Dominancia .....	12
2.2. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL .....	13
2.2.1. Inseminación Artificial Convencional .....	15
2.2.1.1. Pasos para la inseminación artificial convencional.....	15
2.2.1.2. Ventajas de la inseminación artificial convencional.....	17
2.2.1.3. Desventajas de la inseminación artificial convencional .....	18
2.2.2. Inseminación Artificial Profunda.....	18
2.2.2.1. Pasos para la inseminación artificial profunda .....	19
2.2.2.2. Ventajas de la inseminación artificial profunda.....	19
2.2.2.3. Desventajas de la inseminación artificial profunda .....	20
2.3. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO .....	20
2.3.1. Ventajas de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo .....	20
2.3.2. Hormonas Utilizadas en la Sincronización del Celo.....	21
2.3.2.1. Rol de la progesterona en el control del ciclo estral .....	22
2.3.2.2. Rol del estradiol en el control del ciclo estral.....	23
2.3.2.3. Rol de la prostaglandina en el control del ciclo estral .....	23
2.3.2.4. Rol de la eCG en el control del ciclo estral.....	24
2.4. FECUNDIDAD DE LOS GAMETOS .....	25
2.4.1. Transporte de Espermatozoides .....	25
2.4.2. Sitio de fertilización vs. sitio de deposición del semen en la hembra bovina.....	26
2.4.2.1. Fecundación .....	26
2.4.2.2. Implantación .....	27
2.4.2.3. Muerte embrionaria.....	28

2.5.	DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN.....	28
2.5.1.	Ecografía Reproductiva.....	29
2.5.1.1.	Ecografía del útero.....	31
2.5.1.2.	Ecografía de los ovarios y folículos.....	32
2.6.	MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE PESO VIVO.....	32
2.6.1.	Método de Quetelet.....	32
2.7.	EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL.....	33
2.7.1.	Determinación del Estado Corporal.....	34
2.7.1.1.	Condición corporal 1: Emaciada.....	35
2.7.1.2.	Condición corporal 1,5: Muy delgada.....	35
2.7.1.3.	Condición corporal 2: Delgada.....	36
2.7.1.4.	Condición corporal 2,5: Regular.....	37
2.7.1.5.	Condición corporal 3: Moderado.....	37
2.7.1.6.	Condición corporal 3,5: Bueno.....	38
2.7.1.7.	Condición corporal 4: Muy bueno.....	38
2.7.1.8.	Condición corporal 4,5: Gordo.....	39
2.7.1.9.	Condición Corporal 5: Muy gordo.....	39
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1.	MATERIALES.....	40
3.1.1.	Materiales de Campo.....	40
3.1.2.	Materiales de Oficina.....	41
3.1.3.	Equipo de Laboratorio.....	41
3.2.	MÉTODOS.....	41
3.2.1.	Ubicación del Ensayo.....	41
3.2.2.	Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales.....	42
3.2.3.	Diseño Experimental.....	43
3.2.4.	Sincronización de celo.....	43
3.2.5.	Descripción de Tratamientos: Métodos de inseminación.....	44
3.2.6.	Variables en Estudio.....	45
3.2.7.	Toma y registro de datos.....	46
3.2.7.1.	Edad.....	46
3.2.7.2.	Pesos.....	46
3.2.7.3.	Condición corporal.....	46
3.2.7.4.	Índice de concepción y gestación.....	47
3.2.8.	Análisis Estadístico.....	47
4.	RESULTADOS.....	48
4.1.	EDAD.....	48
4.2.	PESO.....	48
4.3.	CONDICIÓN CORPORAL.....	49
4.4.	ÍNDICE DE CONCEPCIÓN Y GESTACIÓN.....	49
5.	DISCUSIÓN.....	52
6.	CONCLUSIONES.....	54
7.	RECOMENDACIONES.....	55
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	56
9.	ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Identificación de las unidades experimentales.....	42
<b>Cuadro 2.</b> Promedio de la edad de las unidades experimentales (años). .....	48
<b>Cuadro 3.</b> Promedio del peso de las unidades experimentales (kg) .....	48
<b>Cuadro 4.</b> Condición corporal en vaconas mestizas. ....	49
<b>Cuadro 5.</b> Índice de concepción y gestación en los métodos de inseminación estudiados	49
<b>Cuadro 6.</b> Comparación de proporciones de los dos métodos evaluados.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Vista lateral del aparato reproductor de la vaca.....	3
<b>Figura 2.</b>	Esquema simplificado de las interacciones hormonales del eje hipotalámico - hipofisario - ovarico – uterino. ....	6
<b>Figura 3.</b>	Fases del ciclo estral de la hembra bovina.....	8
<b>Figura 4.</b>	Definición de reclutamiento, selección y dominancia. ....	11
<b>Figura 5.</b>	Dinámica Folicular. Ondas Foliculares.....	13
<b>Figura 6.</b>	Deposición del semen con la inseminación artificial convencional. ....	15
<b>Figura 7.</b>	Deposición del semen en la inseminación artificial profunda. ....	19
<b>Figura 8.</b>	Proceso de fecundación en mamíferos.....	27
<b>Figura 9.</b>	Ecografía que muestra: Tubérculo Genital (TG) muy cerca de las Vértebras Coccígeas (VC) y los Miembros Posteriores (MP). ....	30
<b>Figura 10.</b>	Folículos visibles con cuerpo lúteo mediante ecografía. ....	32
<b>Figura 11.</b>	Puntos anatómicos A-B largo del cuerpo, C-D longitud del cuerpo, E-F altura, G perímetro torácico, H perímetro abdominal.....	33
<b>Figura 12.</b>	Criterios a considerar para determinar el grado corporal en bovinos. ....	34
<b>Figura 13.</b>	Puntos anatómicos para la determinación de la condición corporal. ....	34
<b>Figura 14.</b>	Emaciado. CC 1. ....	35
<b>Figura 15.</b>	Muy Delgada.CC 1,5. ....	36
<b>Figura 16.</b>	Delgada. CC 2.....	36
<b>Figura 17.</b>	Regular. CC 2,5.....	37
<b>Figura 18.</b>	Moderada. CC 3. ....	37
<b>Figura 19.</b>	Moderada. CC 3,5. ....	38
<b>Figura 20.</b>	Muy buena. CC 4 .....	38
<b>Figura 21.</b>	Gorda. CC 4,5. ....	39
<b>Figura 22.</b>	Muy gorda. CC 5.....	39
<b>Figura 23.</b>	Localización geográfica de la finca. ....	42
<b>Figura 24.</b>	Inseminación artificial convencional .....	44
<b>Figura 25.</b>	Inseminación artificial profunda .....	45
<b>Figura 26.</b>	Determinación de la condición corporal en hembras bovinas. ....	46
<b>Figura 27.</b>	Porcentaje de concepción y gestación en los dos métodos aplicados .....	50
<b>Figura 28.</b>	Comparación de proporciones de los dos métodos evaluados.....	51

**“EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE INSEMINACIÓN  
ARTIFICIAL EN HEMBRAS BOVINAS, BAJO UN PROTOCOLO DE  
SINCRONIZACIÓN DE CELOS, EN EL CANTÓN PALANDA”**

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar dos técnicas de inseminación artificial en hembras bovinas, en el Cantón Palanda, Provincia de Zamora Chinchipe, para determinar tasas de concepción. Comparando variables como: edad, peso, condición corporal e índice de concepción y gestación. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos y cinco repeticiones, utilizando 10 hembras bovinas (mestizas) en edad reproductiva, distribuidas en dos grupos: T1 (inseminación artificial convencional), T2 (inseminación artificial profunda); bajo un protocolo de IATF (inseminación artificial a tiempo fijo) en base a (P4 + BE+ PgF2 $\alpha$  + eCG+ BE) e inseminadas a las 48 horas post retiro del implante; a los 39 días post-inseminación se realizó chequeo ecográfico de diagnóstico gestacional. De los resultados obtenidos se determinó que la edad, peso y condición corporal no mostraron diferencias significativas entre los dos tratamientos, en cuanto al índice de concepción y gestación, al analizar los datos mediante el test de comparación de proporciones (Compa ProWin 2.0.1) se estableció diferencia estadística significativa, obteniendo 20%<sup>b</sup> y 80%<sup>a</sup>, para los tratamientos T1 y T2, respectivamente. Se concluyó que la inseminación artificial profunda da mejores tasas de concepción y gestación, ya que con este método se disminuye la pérdida de espermatozoides a consecuencia del flujo retrógrado de mucus cervical y de la fagocitosis durante la migración espermática por el útero, garantizándose un mayor número de espermatozoides con capacidad fecundante en el cuerno ipsilateral del ovario ovulado.

**Palabras clave:** Inseminación profunda, convencional, gestación, ecografía

## ABSTRATC

The goal of the following research was to assess two artificial insemination techniques on female cattle in Canton Palanda, Province of Zamora Chinchipe. The conception rates were determined comparing variables like: age, weight, body conditions, and conception and gestation rates. A completely randomized design was used with two treatments and five repetitions, using ten mixed race bovine females at reproductive age, distributed in two groups T1 (conventional artificial insemination), T2 (deep artificial insemination); under a protocol of IATF based on (P4 + BE + PgF2 $\alpha$  + eCG + BE) and inseminated 48 hours after retiring the implant. Gestational diagnosis scanning was carried out thirty-nine days after insemination, Results show that age, weight and body condition did not have any meaningful differences rate in both treatments. In relation with the conception and gestation rate, when analyzing the data through the ratio comparison test (Compa ProWin 2.0.1), a meaningful statistic difference was determined, obtaining 20%b and 80%a, for treatments T1 and T2, respectively. It is concluded that, with the deep artificial insemination, better conception and gestation rates are obtained because with this method the loss of sperm is reduced, as a consequence of the retrograde flow of cervical mucus due to the phagocytosis during the spermatic migration to the uterus, which warrantees a bigger amount of fecundity capacity sperm in the ipsilateral horn of the ovulated ovary.

**Key words:** deep insemination, conventional, gestation, scanning.

## 1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad en las tasas de concepción obtenidos en la inseminación artificial convencional en bovinos han sido una preocupación importante para el sector ganadero del cantón Palanda, tomando en consideración las particularidades geoclimáticas de las zona, que han influido sobre los bajos índices de fertilidad de las hembras bovinas, que además son afectados por factores de manejo, nutricionales, enfermedades reproductivas, etc., lo que ha derivado en un largo anestro post-parto, pubertad tardía, periodo de espera voluntaria prolongada y la dificultad en la detección de celos por parte de los ganaderos.

Lo que ha conllevado a buscar alternativas reproductivas como las biotecnologías, para mejorar los índices de concepción y gestación; y de entre estas tecnologías, algunas variantes en la inseminación artificial acorde con la realidad de la zona en estudio; contribuyendo así la Empresa Agropecuaria para el Fomento Agropecuario y Productivo de Zamora Chinchipe, que en el año 2011, implementó un proyecto de mejoramiento genético, mediante la inseminación artificial con protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo, que se realizan mediante el uso de hormonas reproductivas, permitiendo mejorar la genética de los animales, cuyos resultados no resultan del todo convincentes para los ganaderos (Mosquera, 2016).

La inseminación artificial se realiza mediante dos métodos, de los cuales, el método de inseminación artificial convencional se realiza el deposito del semen en el cuerpo del útero o cérvix (blanco del inseminador); y el método de inseminación artificial profundo, se efectúa mediante el deposito del semen cerca de la unión útero-tubárica, ya que este se considera como el principal reservorio del semen, debido a que disminuye la pérdida de espermatozoides a consecuencia del flujo retrógrado de mucus cervical y de la fagocitosis durante la migración por el útero (Barrantes, 2008).

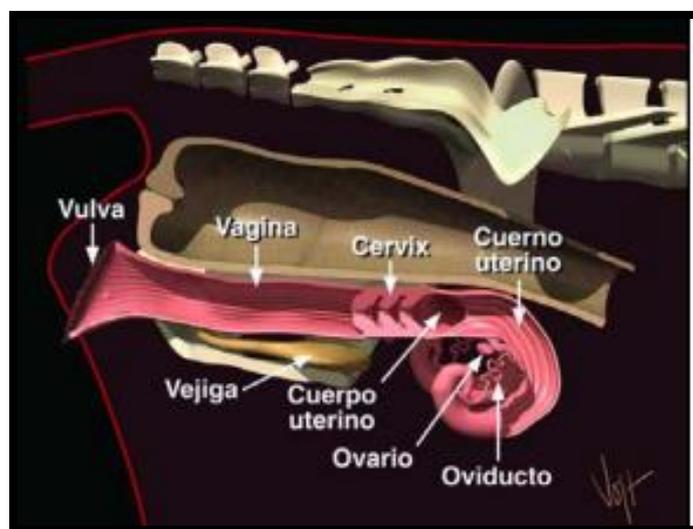
La técnica de inseminación artificial profunda requiere gran destreza y tener conocimiento previo de las estructuras anatómicas, fisiológicas y reproductivas, para hacer el depósito del semen en el cuerno correspondiente al ovario donde se identifica el folículo preovulatorio, el cual se identifica sea mediante la palpación trans-rectal y/o ultrasonografía que permite la visualización y monitorización del campo reproductivo de manera precisa y menos traumática (Monsalve & Zumaeta, 2011).

La ultrasonografía en la detección de la preñez es importante ya que permite el diagnóstico en tiempo real de manera precisa; permite analizar el desarrollo folicular, la ovulación, el desarrollo y regresión del cuerpo lúteo, además de la importancia en el diagnóstico diferencia entre un quiste folicular y un quiste luteal (Caccia, 2000). Por todo lo expuesto anteriormente, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar la eficiencia de dos métodos de inseminación artificial, bajo un protocolo de sincronización de celos, en hembras bovinas mestizas, determinando mediante chequeo ecográfico la aplicación de la inseminación profunda, y a los 39 días post-inseminación artificial chequeo ecográfico para diagnosticar la tasa de gestación.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA BOVINA

Es esencial el conocimiento de la fisiología de los órganos reproductores de la hembra bovina para conducir con éxito un programa de reproducción, especialmente cuando se trabaja con la inseminación artificial. Estos órganos son los siguientes: Ovarios, oviductos, útero (cuerpo, cuernos y cuello o cérvix), vagina, vulva y clítoris.



*Figura 1. Vista lateral del aparato reproductor de la vaca.*

*Fuente: (Dejarnette & Nebel, 2011).*

La **vulva** cumple la función de dejar pasar la orina, abrirse para permitir la cópula y sirve como parte del canal de parto. La **vagina** cumple la función de receptáculo del semen en la monta natural, el semen es depositado en la porción anterior de la vagina, también sirve como parte del canal del parto (Schroeder, 1999). El **cérvix** nos sirve como referencia al inseminar, en la entrada posee una base ciega conocida como fornix, y en el interior del cérvix contiene tres o cuatro anillos, también llamados pliegues, este diseño facilita al cérvix proteger el útero del medio ambiente exterior. El **cuerpo uterino** sirve de conexión entre los dos cuernos uterinos y el cérvix. El cuerpo uterino es el sitio donde se debe depositar el

semen durante la inseminación artificial convencional (Alzate, 2017). La función principal del **útero** es proveer el ambiente óptimo para el desarrollo fetal, cuando una hembra es servida, ya sea por monta natural o por inseminación artificial, los músculos uterinos, bajo la influencia de las hormonas estrógeno y oxitocina, se contraen rítmicamente para ayudar en el transporte de espermatozoides hacia el oviducto. Los **oviductos** presentan 3 regiones: la región más cercana al útero, es el **istmo** también llamada unión útero-tubal (UUT). La unión útero-tubal sirve como filtro de espermatozoides anormales y es el reservorio de espermias hábiles, estos se adhieren a las paredes y ocurre la capacitación, tarda aproximadamente cinco a seis horas, a partir del momento de la inseminación, para que en el istmo haya una población espermática capacitada para ejercer la fertilización. El **ámpula** es donde ocurre la fertilización, una señal química, realizada al momento de la ovulación, es la que estimula la liberación de los espermatozoides de las paredes del istmo, permitiéndoles continuar su viaje al sitio de la fertilización en el ámpula. En la tercera región del útero se encuentra el **infundíbulo**, éste rodea los ovarios, posee estructuras vellosas sobre el infundíbulo y dentro del ámpula, que se mueven rítmicamente para transportar el óvulo y su masa de células cúmulos, a través del oviducto al sitio de la fertilización (Galina & Valencia, 2008). Los **ovarios** son los órganos principales del aparato reproductor femenino. Tienen dos funciones: la producción de óvulos y la producción de hormonas, principalmente estrógenos y progesterona, durante los distintos estadios del ciclo estral. Dentro de los ovarios encontramos dos estructuras diferentes: folículos y cuerpo lúteo (Yunga, 2013). Los **folículos** son estructuras llenas de fluidos, que contienen los óvulos en desarrollo, se pueden encontrar varios folículos en cada ovario, el folículo más grande sobre el ovario es considerado "el dominante", y el cual ovula cuando el animal entra en celo, los otros folículos entran en regresión y mueren sin ovular, siendo reemplazados por una nueva generación de folículos en crecimiento (Yanzaguano, 2013). El **cuerpo lúteo** crece sobre el

sitio de la ovulación del celo anterior, el CL tendrá una corona sobre su estructura, lo cual facilita su identificación durante la palpación rectal (Dejarnette & Nebel, 2011).

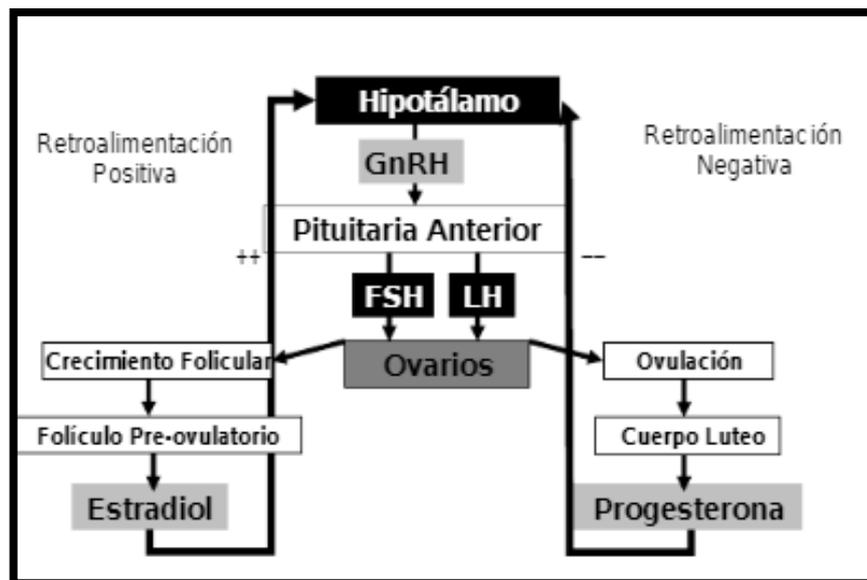
### **2.1.1. Ciclo Estral**

El ciclo estral está determinado por una serie de eventos fisiológicos que suceden dentro de un periodo de tiempo, el cual está comprendido entre un celo y otro. En las vacas el ciclo estral tiene una duración promedio de 21 días, aunque puede ser más corto o más largo dependiendo del número de ondas foliculares que se presenten en el ovario del animal (Iñiguez, 2000). El ciclo estral no depende solamente del aparato reproductor de la vaca sino del medio ambiente, principalmente la alimentación y el sistema de explotación. La regulación de la actividad sexual está representada en el organismo por el sistema hipotálamo-hipófisis-útero-ovario (Schroeder, 1999).

#### **2.1.1.1. Control neuroendocrino del ciclo estral**

La regulación de la actividad sexual, está dada por la coordinación de cuatro órganos fundamentales, los cuales son: Hipotálamo, Hipófisis, Útero y Ovarios.

La comunicación se efectúa mediante la interrelación con el sistema hormonal, las cuales son: Hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) secretada por el hipotálamo, la cual estimula la producción y secreción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH) en la hipófisis; el estradiol ( $E_2$ ), la inhibina y la progesterona ( $P_4$ ) son de origen ovárico; la prostaglandina  $F_2$  alfa ( $PgF_2\alpha$ ) es secretada por el útero. Además de otras hormonas como la prolactina o los andrógenos que participan en la regulación del ciclo estral (Castillo, 2010). Las hormonas sirven como mensajeros químicos que viajan por la sangre hacia órganos y tejidos específicos que contienen receptores para hormonas específicas y que regulan las fases del ciclo estral (Rippe, 2015).



**Figura 2.** Esquema simplificado de las interacciones hormonales del eje hipotalámico - hipofisiario - ovarico - uterino.

**Fuente:** (Rivera M. , 2012).

## 1. Hipotálamo

Forma parte de la base del cerebro, sus neuronas producen la hormona liberadora de las gonadotropinas o (GnRH), la cual se difunde a través de los capilares al sistema hipofisiario y ahí a las células de la hipófisis anterior, en donde cumple la función de estimular la producción y secreción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH) que son las hormonas hipofisiarias, entre otras como la oxitocina. (JOE, 2005).

## 2. Hipófisis

A esta glándula se la ha dividido en tres partes: un lóbulo anterior designado como adenohipófisis, un lóbulo intermedio llamado parte intermedia y un lóbulo posterior indicado como neurohipófisis (Yunga, 2013). En la adenohipófisis, se producen hormonas proteicas significativas en el control de la reproducción de las gonadotropinas como la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH); además de la prolactina, la hormona de crecimiento (GH), la corticotropina (ACTH), la tirotrópina (TSH)

(Ochoa R. , 2013). La FSH es la encargada del proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular y la LH es la que interviene en el proceso de ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo (CL). La hormona oxitocina, que también es producida en el hipotálamo, es almacenada en la adenohipófisis e intervendrá en los procesos de parto, bajada de la leche, transporte de espermatozoides en el útero, así como en el proceso de luteólisis o ruptura del cuerpo lúteo en el ovario (Rippe, 2015).

### **3. Ovarios**

Entre las hormonas que producen los ovarios podemos citar los estrógenos o estradiol, la progesterona y la inhibina. Ya que los ovarios son glándulas que tienen dos funciones: una exocrina, que es la liberación de óvulos, y otra endocrina, que es la producción y secreción de hormonas. Los estrógenos son hormonas esteroideas producidas en el folículo ovárico y son los responsables de estimular la conducta sexual o de celo actuando sobre el sistema nervioso central del animal; además, tienen acción sobre otros órganos del aparato reproductivo como son las trompas de Falopio, el útero, la vagina y la vulva (Rippe, 2015). Los estrógenos tienen un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo la liberación de GnRH que a su vez inducirá la liberación de FSH y LH en la hipófisis anterior (Figura 2). La progesterona es también una hormona esteroide producida en el CL por acción de la LH; la cual es la responsable de la preparación del útero para aprobar la implantación del embrión y de mantener la gestación. Promueve un efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo (Figura 2).

La inhibina es una hormona proteica producida en el folículo que interviene en el mecanismo de regulación de la secreción de FSH y tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la hipófisis anterior produciendo menor secreción de FSH (Ochoa R. , 2013).

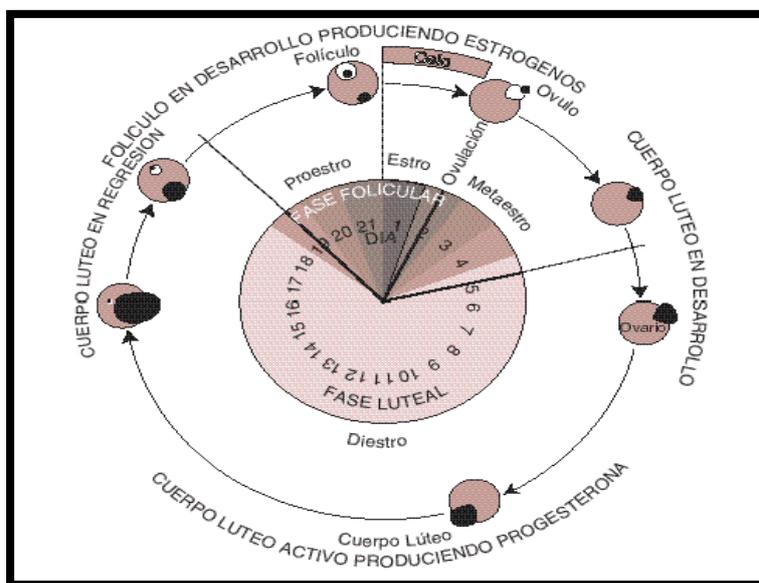
## 4. Útero

Produce la Prostaglandina  $F2\alpha$  ( $PgF2\alpha$ ) la cual interviene en la regulación del ciclo estral mediante su efecto de luteólisis o regresión del cuerpo lúteo. También interviene en los procesos de ovulación y parto (Rippe, 2015).

### 2.1.2. Fases del Ciclo Estral

En la hembra bovina, el ciclo estral se divide principalmente en tres fases:

- Fase folicular o de regresión del cuerpo lúteo (también llamado proestro)
- Fase preovulatoria (comprende el estro y metaestro)
- Fase luteal (también llamado diestro).



**Figura 3.** Fases del ciclo estral de la hembra bovina.

**Fuente:** (Ochoa R. , 2013).

#### 2.1.2.1. Fase folicular o proestro

Este ciclo da inicio con la luteólisis (lisis o regresión del cuerpo lúteo) y termina con la presencia del celo; durando entre 2 a 3 días. En esta fase ya existe la presencia de un folículo

dominante. La destrucción o regresión del cuerpo lúteo ocurre gracias a la acción de la  $PGF2\alpha$  de origen uterino. La disminución de progesterona, disminuye feed back negativo en el hipotálamo, y aumenta la frecuencia pulsátil de las ondas de FSH (Hormona Folículo Estimulante) y LH (Hormona Luteinizante), estimulando el crecimiento folicular (Alzate, 2017). El aumento en los niveles de estrógenos del folículo preovulatorio llega al hipotálamo, estimulando las manifestaciones externas del celo. En este momento se inicia la fase de celo o estro en la hembra bovina (Ruiz, 2016).

### **2.1.2.2. Fase preovulatoria (estro y metaestro)**

El **estro** se define como un periodo de actividad y receptividad sexual. Su duración es muy variable de 6 a 30 horas, pero se considera que 16 horas es el tiempo promedio; durante el estro el folículo está maduro bajo la influencia de la FSH y la secreción de estrógenos es abundante, los cuales hacen cambiar el comportamiento, mostrándose nerviosas, monta y se deja montar por otras hembras, la hembra acepta ser cubierta por el macho, en esta etapa se presenta la ovulación la cual ocurre entre 10 a 12 horas luego de desaparecer los signos externos del celo. El óvulo pasa al oviducto para encontrarse con los espermatozoides y se produzca la fecundación (Hafez & Hafez, 2007).

### **¿Cómo saber si una vaca está en estro?**

La vaca en estro se muestra inquieta, aumenta su vocalización, camina más, trata de montar a otras vacas y acepta la monta del macho o de una compañera (conducta homosexual), los genitales muestran cambios durante el estro, así, la vulva se inflama ligeramente, a la palpación rectal se aprecia el útero con turgencia (duro y contraído) y al realizar un masaje del cérvix se observa que sale moco cristalino abundante por la vulva, el signo positivo de

estro para realizar la inseminación artificial es cuando la vaca acepta la monta (Hernández Cerón & Ortega León, 2009).

El **metaestro** tiene una duración de 3 a 4 días. Esta fase se efectúa cuando la hembra ha perdido el reflejo de aceptación del macho. La duración de esta fase depende del tiempo que dure la secreción de LH, la cual es producida por la glándula pituitaria anterior. Posterior a la ovulación se inicia la formación del cuerpo lúteo bajo la influencia de la LH, disminuye rápidamente los niveles de estrógenos y se inicia el silencio genital con la producción creciente de progesterona (Hafez & Hafez, 2007).

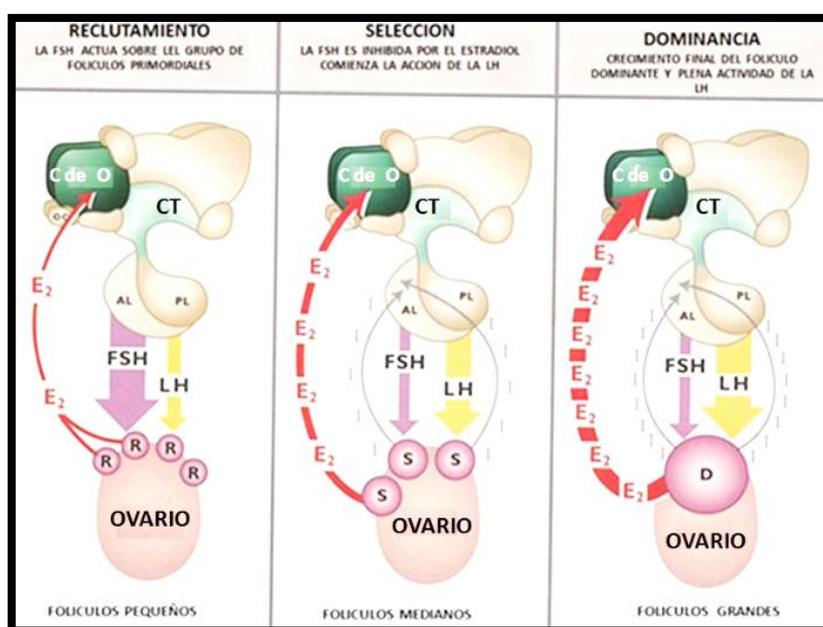
### **2.1.2.3. Fase luteal (Diestro)**

Es la fase más prolongada del ciclo estral. A partir del 5 día se observa un cuerpo lúteo maduro. La concentración en la sangre de  $P_4$  es mayor a 1ng/ml que se incrementan en forma paralela al crecimiento del CL hasta lograr los máximos niveles alrededor del día 10 y se mantienen elevados hasta el día 16 a 18 del ciclo estral (Hafez & Hafez, 2007). Días después empieza el crecimiento de una nueva onda folicular, estimulada por la acción de la FSH, la cual da lugar la formación de un nuevo folículo dominante no ovulatorio que sufrirá atresia y permitirá el desarrollo de otra onda folicular (Guaqueta, 2007).

Los 16 a 18 días del ciclo estral son críticos para el mantenimiento de la función del CL y los niveles elevados de progesterona. El CL será destruido si la vaca no está gestante, debido a la liberación de la PgF2a producida en el útero, esta hormona es transportada directamente en el CL donde interfiere con la síntesis de progesterona disminuyendo los niveles de progesterona (Alzate, 2017).

### 2.1.3. Dinámica Folicular

Se conoce como dinámica folicular al proceso de crecimiento y regresión de folículos antrales que rigen al desarrollo de un folículo preovulatorio (Rippe, 2015). Durante un ciclo estral bovino acontecen entre 1 y 3 ondas de crecimiento y desarrollo folicular, y el folículo preovulatorio surge de la última onda. (Ochoa R. L., 2015). El proceso por el cual los folículos se desarrollan es mediante 3 etapas que son: reclutamiento, selección y dominancia.



**Figura 4.** Definición de reclutamiento, selección y dominancia.

**Fuente:** (Rivera M., 2012)

#### 2.1.3.1. Reclutamiento

Es el proceso por el cual un grupo de folículos comienza a madurar estimulado por un aumento transitorio de la hormona FSH que le permiten avanzar hacia la ovulación (Romero, 2014). El pico de FSH ocurre cuando el futuro folículo dominante alcanza un tamaño de aproximadamente 4 mm y luego los niveles de FSH disminuyen (Rippe, 2015).

### **2.1.3.2. Selección**

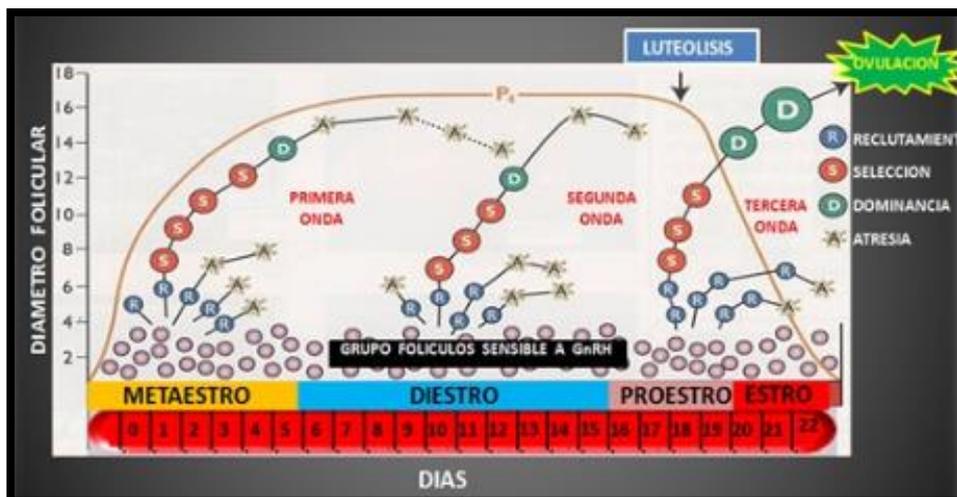
Es el proceso por el cual un folículo es elegido para ser el dominante con la posibilidad de llegar a la ovulación, los demás folículos de este grupo se atresian debido a la disminución de los niveles de FSH (Romero, 2014).

### **2.1.3.3. Dominancia**

Es el proceso por el cual el folículo seleccionado domina, ejerciendo un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de un nuevo grupo de folículos. Este efecto inhibitorio se mantiene hasta que esta dominancia desaparece bien porque el folículo muere o porque el folículo es ovulado. Este folículo alcanza un tamaño intensamente superior a los demás, es responsable de la mayor secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar su desarrollo en un medio hormonal adverso para el resto de los folículos (Hafez & Hafez, 2007). Con la ovulación o destrucción del folículo dominante, se produce un nuevo incremento de FSH y una nueva onda folicular se inicia.

El ciclo estral bovino consta básicamente de 2 ondas foliculares, de las cuales cada una de ellas empieza con el reclutamiento de un grupo de folículos antrales a partir de un conjunto de pequeños folículos. Solo uno de ellos será seleccionado de este grupo y continuara creciendo convirtiéndose en el folículo dominante; los demás se atresian (Romero, 2014).

La causa por la cual existe regresión del folículo dominante de las primeras ondas (1 de 2 ondas y 2 de 3 ondas) es la presencia de una baja frecuencia de pulsos de LH debido a altos niveles de progesterona, que provocan menor síntesis de andrógenos y en consecuencia menor síntesis de estradiol que inician la atresia folicular (Ochoa R. L., 2015).



*Figura 5. Dinámica Folicular. Ondas Foliculares.  
Fuente: (Galina & Valencia, 2008).*

## 2.2. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

La Inseminación Artificial (I.A.) es un método de reproducción en el que obtiene el semen del macho para introducirlo posteriormente en el sistema genital de la hembra por medio de instrumentos especiales (INTA, 2004). La inseminación artificial ofrece excelentes posibilidades para el incremento de la producción de carne y leche, ya que es la tecnología reproductiva más sencilla y la que más ventajas tiene en términos de mejoramiento genético.

La técnica recomendada para la inseminación artificial (IA) de los bovinos consiste en la deposición del semen en la región inmediatamente anterior al cérvix o cuerpo del útero. Sin embargo, debido al pequeño tamaño del cuerpo uterino, un elevado número de inseminadores fallan en la correcta colocación del semen, provocando una alta variación en su efectividad. Estas consideraciones han promovido el uso de la inseminación artificial profunda como técnica alternativa (Soto & Perea, 2002).

**Obtención del semen.** - El semen que se utiliza en la inseminación artificial se obtiene de toros mediante una vagina artificial y en menor proporción a través de la electroeyaculación.

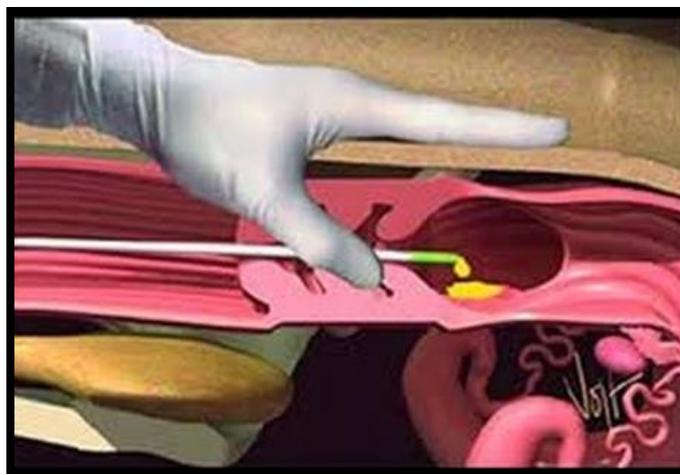
El semen está compuesto por espermatozoides y por el plasma seminal, el cual contribuye con el medio que facilita la sobrevivencia de los espermatozoides, ya que tiene sustancias que nutren a las células y regulan el pH (RIPPE, 2009) El plasma seminal (PS) es una mezcla de secreciones de diferentes partes del aparato reproductor masculino. Componentes del PS como carbohidratos, lípidos, proteínas y minerales, influyen en la capacidad fecundante de los espermatozoides (spz). El estudio de las funciones de las proteínas del PS, ha permitido su uso en el proceso de criopreservación, con el fin de incrementar la viabilidad espermática post-descongelación. Durante la criopreservación, la distribución de fosfolípidos y proteínas en la membrana plasmática se altera y provoca una capacitación prematura de la spz, disminuyendo su viabilidad. Los estudios revelan que los cambios de temperatura afectan la integridad de las células en niveles estructurales por la rotura mecánica de la membrana y por la redistribución de los fosfolípidos en la misma. Estos daños se han intentado disminuir mediante el uso de diferentes crio-protectores. El más empleado ha sido la yema de huevo por su contenido de lipoproteínas de baja densidad (LDL), la cual es la responsable del efecto crioprotector, pero puede incrementar el riesgo de contaminación microbiana y reducir la capacidad fecundante de los spz; el uso de diluyentes que no contengan yema de huevo, como el caso de aquellos a base de lecitina de soya son una opción viable de criopreservación (Rueda, et.al, 2013). Después de la colección, el semen se diluye con un medio que semeja al plasma seminal y se le complementan sustancias que resguardan a los espermatozoides de los daños ocasionados por la congelación y descongelación. El semen se somete a un protocolo de congelación hasta llevarlo a una temperatura de  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Rivera M. , 2012).

El toro eyacula de 4 a 8 ml de semen con una concentración de 800 a 1200 millones de espermatozoides por ml. La dilución del semen permite obtener de un solo eyaculado alrededor de 200 dosis de inseminación, con lo cual se pueden servir un número similar de

vacas. El semen se envasa en pajillas de 0.25 o 0.5 ml, aunque la presentación más frecuente en nuestro medio es la de 0.5 ml. Una dosis de inseminación tiene entre 20 a 30 millones de espermatozoides vivos al momento de la congelación (Dejarnette & Nebel, 2011). A pesar del mejoramiento de las técnicas de criopreservación del semen, se estima que de 30 a 50% de los espermatozoides mueren en el proceso de congelación y descongelación. (Hernández Cerón & Ortega León, 2009).

### 2.2.1. Inseminación Artificial Convencional

La inseminación artificial convencional es considerada un instrumento de mejoramiento genético, el inseminador debe ser metódico, paciente y conocer la anatomía de la hembra. La técnica convencional se convierte en intrauterina al atravesar por completo el cuello del cérvix y depositar el semen intrauterinamente (Suarez, 2015).



*Figura 6. Deposición del semen con la inseminación artificial convencional.*

**Fuente:** (Dejarnette & Nebel, 2011)

#### 2.2.1.1. Pasos para la inseminación artificial convencional

- Se logra insertando la mano enguantada y lubricada con gel en el recto de la vaca.
- Sin importar, sea zurdo o derecho, es siempre recomendable que se use la mano izquierda en el recto para manipular el tracto reproductor, y la mano derecha para

manipular la pistola de inseminación. Esto es debido a que el rumen de la vaca está ubicado al lado izquierdo de la cavidad abdominal, y empujar ligeramente al aparato reproductor hacia la derecha. Por lo tanto, resultará más fácil ubicar y manipular el tracto reproductor con la mano izquierda.

- Levante la cola con la mano derecha y suavemente aplique masaje al ano con la mano izquierda, usando siempre un guante lubricado. Ponga la cola detrás de la mano izquierda para que no interfiera con el proceso de la inseminación. Junte la punta de los dedos e inserte la mano hasta la muñeca.
- Suavemente limpie la vulva con una toalla de papel, para quitar el exceso de estiércol. Tenga cuidado de no ejercer mucha presión al limpiar, pues más bien se podría empujar estiércol hacia adentro de la vulva y la vagina.
- Con la mano izquierda, forme un puño y haga presión vertical sobre la vulva. Esto abrirá los labios de la vulva y permitirá insertar la pistola de inseminación varias pulgadas, antes de tocar las paredes de la vagina. Inserte la pistola en un ángulo ascendente de 45°, para así evitar penetrar a la uretra y a la vejiga. Cuando la punta de la pistola haya entrado en la vagina, levante la parte trasera de la pistola hasta una posición casi horizontal, avance la pistola hasta hacerla tocar la parte posterior del cérvix.
- Ya una vez en contacto con el cérvix se notará una sensación blanda en la pistola, el cérvix consiste es la referencia para inseminar una vaca. Cuando se esté manipulando el cérvix se podrán sentir contracciones rectales tratando de sacar la mano del recto. Para dilatar estos anillos rectales, pase los dedos índice y medio entre uno de los anillos y haga masajes hacia adelante y hacia atrás. El anillo eventualmente se relajará y pasará sobre la mano hasta el antebrazo, y se podrá seguir con la manipulación.
- Debido al hecho de que el aparato reproductor se mueve libremente, aquellas vacas con contracciones rectales y abdominales fuertes en respuesta a la palpación, físicamente

pueden empujar el tracto reproductor hacia atrás, hasta la cavidad pélvica. Esto causará que se formen varios pliegues en la vagina. Para quitar estos pliegues, se debe tomar el cérvix y empujarlo hacia adelante. Este hecho estira las paredes de la vagina, dejándola libre de pliegues, permitiendo que la pistola pueda seguir avanzando.

- Deslizar suavemente la pistola hacia adelante, y repetir el proceso hasta que se alcance el cérvix. Usar la palma y dedos para guiar la punta de la pistola hacia la entrada de cérvix, que estará localizada entre el dedo pulgar y los dos dedos primeros. Hincando suavemente con la punta de la pistola se encontrará la entrada.
- A medida que la pistola avanza a través del cérvix se mueve hacia adelante todos los dedos, incluyendo el pulgar, de manera que la manipulación ocurra un poco adelante del extremo de la pistola.
- Se puede determinar el progreso del instrumento por la rigidez del cérvix, al pasar del cérvix se debe adelantar un poco más la pistola y se llega al cuerpo del útero, también conocido como blanco del inseminador y hacer el depósito del semen con total cuidado (Barrantes, 2008).

#### **2.2.1.2. Ventajas de la inseminación artificial convencional**

- Mejoramiento Genético. - Al emplearse semen de toros “probados” mediante pruebas de progenie o descendencia, se espera un mejoramiento y mayor producción de leche y carne. Los toros utilizados en monta natural dejan unas 300 crías durante su vida reproductiva, pero si se usan en IA, su descendencia puede llegar a ser cientos de veces mayor. Además, si el toro muere se cuenta con el semen congelado y almacenado (Villaroel, Cabrera, Vielma, & Yajayra, 2017).
- Prevención de enfermedades. - Al impedir el acercamiento directo entre la hembra y el macho se previene el contagio e transmisión de enfermedades como: tricomoniosis genital, campilobacteriosis, leptospirosis, entre otras.

- Toros Innecesarios. - Al ingresar reproductores se corre riesgos como: peligro de aclimatación e introducción de infecciones, costos del mantenimiento de estos toros.
- Mayor Control Reproductivo. - La utilización de IA conlleva el examen genital periódico de los animales y el tratamiento o eliminación de aquellos que presentan infecciones uterinas. También se hacen correcciones de deficiencias nutricionales, especialmente de fósforo y otros minerales. Los toros se controlan, mediante el análisis continuo del semen.
- Mantenimiento de registros seguros (INTA, 2004).

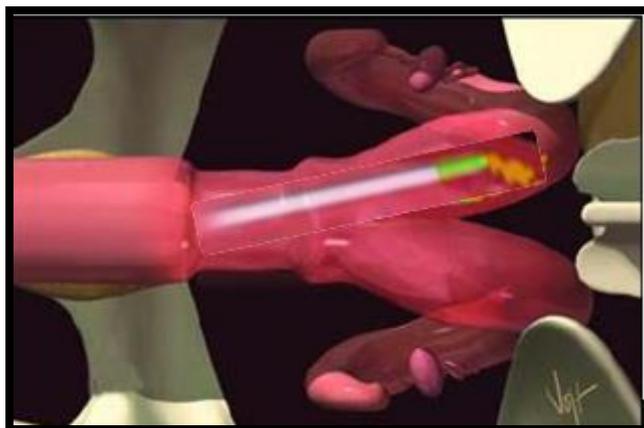
### **2.2.1.3. Desventajas de la inseminación artificial convencional**

- Consanguinidad
- Propagación de enfermedades hereditarias
- Requerimiento de personal especializado para el manejo y conservación del semen, detección de celos y la inseminación misma.

### **2.2.2. Inseminación Artificial Profunda**

La técnica de inseminación artificial profunda consiste en llevar la pistola de inseminación a la porción craneal del cuerno ipsilateral al ovario donde se producirá la ovulación. Tiene lógica esta teoría pues teniendo una menor cantidad de células espermáticas es recomendable depositar estos más cerca de la unión útero-tubárica (UUT) (Barrantes, 2008).

La limitante de esta técnica es que se necesita saber que ovario es el que va a ovular y esto se logra mediante la ultrasonografía debido a que la palpación rectal es riesgosa e imprecisa al manipular el ovario donde está el folículo preovulatorio (RIPPE, 2009).



*Figura 7. Deposición del semen en la inseminación artificial profunda.*

**Fuente:** (Dejarnette & Nebel, 2011)

#### **2.2.2.1. Pasos para la inseminación artificial profunda**

- Para esta técnica se utiliza la misma técnica anterior convencional, estableciendo una marcada diferencia que se debe al atravesar las tres cuartas partes del cuerno uterino del ovario que tenga el folículo preovulatorio: para poder establecer que ovario sea izquierdo o derecho se encuentra con el folículo dominante es necesario realizar una palpación utilizando la sonda recto vaginal de 7.5 mg, para a través de la imagen ecográfica establecer el ovario que se encuentra ovulando. La pérdida de espermatozoides del cérvix al útero es de 500 veces en la inseminación convencional.
- Se debe llevar la pistola de inseminación hasta la porción craneal del cuerno ipsilateral al ovario donde se producirá la ovulación y de la misma manera que en la convencional se debe depositar el semen manipulando lentamente la pistola (Soto & Perea, 2002).

#### **2.2.2.2. Ventajas de la inseminación artificial profunda**

- Incremento de la fertilidad de los toros genéticamente valiosos cuyas tasas de retorno no son sub-óptimos.
- Reducir el número de espermatozoides en cada dosis de inseminación.
- Evita las barreras naturales a las que se exponen los espermatozoides en el proceso de la inseminación convencional y mejora su capacidad fertilizante

### **2.2.2.3. Desventajas de la inseminación artificial profunda**

- La palpación rectal de los ovarios para identificar el folículo preovulatorio.
- El daño o perforación de la pared uterina por el dispositivo de inseminación.

## **2.3. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO**

La IATF es una técnica que, mediante la utilización de hormonas, permite sincronizar los celos y ovulaciones con lo cual es posible inseminar gran cantidad de animales en un período corto de tiempo. Son conocidos los beneficios en el empleo de la Inseminación Artificial, en cuanto a mejora genética, evitar la detección de celo, lo cual constituye el principal factor de error y de bajos resultados, reducir el tiempo de inseminación, encierres y gastos de honorarios. Acortar el período de anestro post-parto (Yanzaguano, 2013).

Se utiliza dispositivos intravaginales impregnados de progesterona, en combinaciones con estradiol, prostaglandinas y en determinadas ocasiones otras hormonas como GnRH y eCG. Mediante esta técnica es posible inseminar el 100% de los animales y se obtiene alrededor del 45–50% de preñez (Barrantes, 2008).

### **2.3.1. Ventajas de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo**

- Elimina la necesidad de observación de celos, evitando los errores de detección.
- Posibilita inseminaciones de vacas en el momento adecuado, disminuyendo el desperdicio de semen, material y mano de obra.
- Induce la ciclicidad en vacas en anestro transicional, permitiendo la inseminación.
- Disminuye el intervalo entre partos, aumentando el número de terneros nacidos.
- Concentra el retorno del celo en las hembras que no preñaron en la primera inseminación, facilitando el diagnóstico de celo en el repaso.

- Posibilita altas tasas de preñez, en el inicio del tiempo de monta.
- Concentra la mano de obra, disminuyendo el número de horas extras con los inseminadores, evitando problemas laborales.
- Disminuye el descarte y el costo de reposición de hembras en el hato ganadero.
- Disminuye la inversión en toros (Barrantes, 2008).

### **2.3.2. Hormonas Utilizadas en la Sincronización del Celo**

El primer paso para la IATF es la sincronización, para lo cual se debe seguir protocolos respectivos según el estado del animal.

Los dispositivos DIB que liberan progesterona ( $P_4$ ) mantenidos en la vagina por periodos de 7 a 8 días, es el tratamiento más utilizado, el cual consiste en administrar 2 mg de benzoato de estradiol (BE) por vía intramuscular, junto con la inserción del dispositivo en lo que se denomina el Día 0 del tratamiento; el Día 7 u 8, se extrae el implante y se aplica 2 ml de  $PgF_{2\alpha}$  intramuscular y 2 ml de eCG en algunos casos, y al Día 9 se administra 1 mg de benzoato de estradiol intramuscular. Posteriormente a partir de las 48 a 56 horas de la remoción de los dispositivos se realiza la inseminación artificial. La función de la aplicación de estrógenos en el inicio del tratamiento es provocar la atresia de folículos existentes e impedir así la formación de folículos persistentes que interfieren negativamente en la fertilidad. Debido a que la atresia es continuada por el comienzo de una nueva onda folicular a los 4 días se asegura la presencia de un folículo nuevo y un ovocito viable en el momento de retirar el dispositivo, la segunda administración de BE es fundamental para sincronizar la ovulación y obtener buenos índices de preñez (Suarez, 2015).

### **2.3.2.1. Rol de la progesterona en el control del ciclo estral**

Algunos derivados de la progesterona, como el acetato de medroxiprogesterona, la clormadinoma y el acetato de megestrol entre otros son capaces de modular diversas funciones endocrinas y reproductivas en los mamíferos (RIPPE, 2009). La presencia de una fuente exógena de progesterona permite imitar la acción inhibitoria de los niveles luteales de esta hormona sobre la secreción pulsátil de LH, con la supresión del crecimiento del folículo dominante y el consiguiente desarrollo sincrónico de una nueva onda del desarrollo folicular. El retiro de esta fuente exógena de progesterona permite el aumento de la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH y el crecimiento de un folículo dominante que ovulará entre 48 y 72 horas después (Sumano & Ocampo, 2006).

La progesterona liberada a partir de la colocación del dispositivo tiene un rol importante sobre la dinámica folicular ovárica, los niveles subluteales ( $>1\text{mg/ml}$ ) obtenido a los pocos minutos de la introducción del dispositivo provoca la regresión del folículo dominante y acelera el recambio de las ondas foliculares, este cese de la secreción de productos foliculares (estrógeno e inhibina) produce el aumento de FSH que va a ser la responsable del comienzo de la emergencia de la siguiente onda folicular. Por otro lado, la extracción del dispositivo provoca la caída de progesterona a niveles subluteales ( $<1\text{ng/ml}$ ) que inducen el incremento de la frecuencia de los pulsos de LH, el crecimiento y la persistencia del folículo dominante con concentraciones muy altas de estradiol que provocan por un lado el celo y a nivel endocrino inducen finalmente el pico de LH que es seguido por la ovulación (Rivera, Ortiz, & Quezada, 2015). Los dispositivos, (DIB) pueden contener 0,5 o 1 gramo de progesterona, siendo estos últimos, reutilizables.

### **2.3.2.2. Rol del estradiol en el control del ciclo estral**

Los estrógenos son esteroides que se encuentran en el organismo, los principales estrógenos en los mamíferos son el 17 $\beta$  estradiol, estrona y estriol, que tienen acciones sobre distintos órganos blanco, como las trompas de falopio, el útero, la vagina, la vulva y el sistema nervioso central. A nivel uterino, actúan como hormonas tróficas provocando la proliferación de células y glándulas endometriales; las que aumentan su secreción. En el cérvix producen relajación, aumentan su diámetro y aparece una abundante secreción mucosa filante y transparente (Orellana, 2015).

En la vagina y la vulva se congestionan los vasos y aparece edema, además, en la vagina se estimula el crecimiento del epitelio hasta la cornificación. En las trompas de Falopio se produce la hipermotilidad y se estimula su crecimiento. En el sistema nervioso central se estimula la conducta de celo y en el hipotálamo ejercen un “feed back” negativo sobre el centro tónico y positivo sobre el centro cíclico (Colazo, et.al, 2007).

El uso de estradiol exógeno en el control del ciclo estral tiene como objetivo dos funciones principales cuando se utiliza en un protocolo de IATF con progesterona como dispositivo intravaginal: la primera cuando se aplica al inicio del tratamiento provoca atresia de los folículos existentes, induciendo una nueva onda folicular de 4 a 5 días después; la segunda al aplicar luego de la remoción del dispositivo de progesterona induce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo la liberación de GnRH la cual es capaz de aumentar los pulsos y la frecuencia de la hormona Luteinizante logrando la ovulación (Orellana, 2015).

### **2.3.2.3. Rol de la prostaglandina en el control del ciclo estral**

Las prostaglandinas en el sistema reproductivo juegan un rol de la ovulación, luteólisis, transportando gametos, en la motilidad uterina, expulsión de membranas fetales y transporte

de espermatozoides machos y hembras. La  $\text{PgF}_{2\alpha}$  causa una rápida regresión del cuerpo lúteo funcional con una rápida declinación de la producción de progesterona. La luteólisis es comúnmente seguida por un desarrollo de folículos ováricos y celo con una ovulación normal. En bovinos, el celo ocurre a los 2 – 4 días después de la luteólisis. El cuerpo lúteo inmaduro es insensible a los efectos de la  $\text{PgF}_{2\alpha}$ , en bovinos y equinos, este periodo refractario alcanza los primeros 4–5 días después de la ovulación (Saldarriaga, 2009).

El mecanismo preciso de luteólisis inducida por  $\text{PgF}_{2\alpha}$  es incierto, pero podría estar relacionado con cambios del flujo sanguíneo en venas útero – ováricas, inhibición de la respuesta ovárica normal de las gonadotropinas, o estimulación de enzimas catalíticas. La  $\text{PgF}_{2\alpha}$  también tiene un efecto estimulador directo sobre el músculo liso uterino causando contracción y un efecto relajante en cérvix. (Yanzaguano, 2013).

#### **2.3.2.4. Rol de la eCG en el control del ciclo estral**

La eCG se obtiene del suero de yegua preñada durante la primera mitad de la gestación, esta hormona se encuentra en la placenta, que es secretada en las copas endometriales que se hayan formado alrededor de los 40 días (Yunga, 2013).

La Gonadotropina Coriónica Equina en la farmacodinámica, tienen una actividad semejante a las hormonas folículo estimulante (FSH) y hormona Luteinizante (LH), posee una vida media de 2 días en la hembra bovina y persiste por más de 10 días en la circulación sanguínea (Sumano & Ocampo, 2006).

La eCG administrada horas previas a la ovulación, estimula el crecimiento folicular, debido a que tiene la capacidad de unirse e incrementar el número de receptores de FSH y LH de los folículos, aumentando el tamaño del folículo preovulatorio, incrementando las concentraciones plasmáticas de progesterona luego de la ovulación (Orellana, 2015).

## **2.4. FECUNDIDAD DE LOS GAMETOS**

### **2.4.1. Transporte de Espermatozoides**

El flujo continuo de espermatozoides desde el cérvix está asociado con fagocitosis de espermatozoides dentro del útero y pérdida de esperma dentro de la cavidad peritoneal. Por tanto, la población de espermatozoides fértiles es mantenida en el sitio de la fecundación, cerca de la unión istmo-ampular del oviducto (Yanzaguano, 2013).

El porcentaje de espermatozoides morfológicamente normales es más alto en oviductos y útero que en el eyaculado. Algunos espermatozoides morfológicamente anormales llegan al oviducto, aunque en menor cantidad que los normales (Rivera H. , 2009). La filtración de espermatozoides muertos, anormales e incompetentes durante su pasaje por las vías del aparato reproductor asegura la mayor viabilidad del cigoto. (Barrantes, 2008).

Ciertos componentes del plasma seminal estimulan su motilidad, en tanto que en otros inhiben, se conoce bastante acerca de la duración de la motilidad del espermatozoide, pero muy poco de la duración de la capacidad de la fecundación, la que se pierde mucho antes que la motilidad. Existe relación entre el pH de la mezcla seminal intravaginal y la motilidad del espermatozoide. La acidez o alcalinidad excesiva del moco inmoviliza al espermatozoide; el moco moderadamente alcalino aumento su motilidad. El moco cervical secretado en el momento de la ovulación proporciona el medio apropiado para el mantenimiento de la actividad metabólica del espermatozoide. (Hafez, 2002).

El cérvix de los rumiantes fue considerado el principal reservorio espermático durante mucho tiempo. Sin embargo, diversos trabajos realizados a fines de la década del 80 demostraron que el reservorio más importante de espermatozoides son los oviductos, y más precisamente el segmento denominado istmo (Verberclanoes, 2004).

#### **2.4.2. Sitio de fertilización vs. sitio de deposición del semen en la hembra bovina**

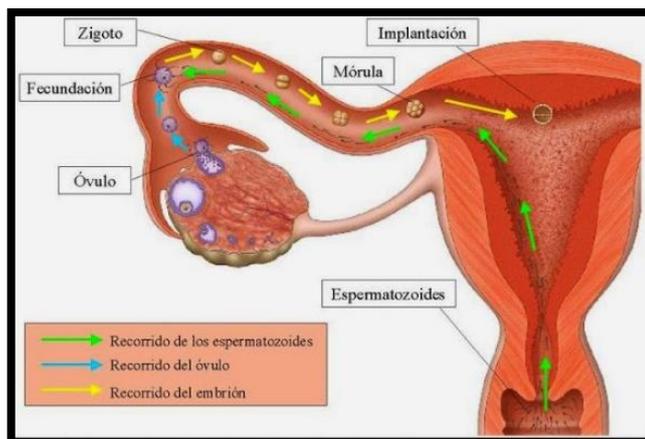
Para alcanzar el óvulo, los espermatozoides deben pasar algunas duras pruebas que presenta el órgano reproductor de la hembra.

Estos incluyen:

- Las barreras físicas representadas por los estrechamientos y complejos pliegues del cérvix (en los servicios naturales) y la función útero-tubal en el istmo inferior (tanto en el servicio natural como en el artificial).
- El flujo retrógrado de mucosidades y secreciones del tracto reproductivo unido a las contracciones musculares que tienden a llevar el esperma hacia atrás, hacia la vagina y a expulsarlo por la vulva.
- Los invasores glóbulos blancos de la sangre que están presentes en cantidades abundantes en los órganos reproductores durante el celo y que son altamente eficaces para ingerir y digerir espermatozoides. Son los mismos glóbulos blancos que tienen tanta importancia en la eliminación de bacterias y en la prevención de infecciones en el tracto reproductor durante el celo. (Cabodevila., 2009).

##### **2.4.2.1. Fecundación**

Se denomina fertilización a la serie de eventos que ocurren entre el esperma y el tracto reproductivo de la hembra, y entre los espermatozoides y el ovocito que dan resultado a la fusión de los gametos, la fertilización toma lugar en el oviducto. El embrión entra al útero dos a tres días luego de la fertilización, pero no se adhiere a la pared del útero (implantación) antes de los 28 días. Este complejo procedimiento involucra diferentes pasos, y la falta en uno de estos resulta en el fracaso de la fecundación. (Ochoa R. L., 2015).



**Figura 8.** *Proceso de fecundación en mamíferos.*  
Fuente: (Biología, 2015)

#### 2.4.2.2. Implantación

Suele ocurrir durante la fase de elongación del blastocisto, aproximadamente entre los días 18 y 22. La preñez está asociada con cambios regulados localmente en función de linfocitos endometriales maternos. El interferón-tau es producido en los rumiantes ungulados por las células mononucleadas del trofotodermo durante el periodo de implantación. Una apropiada diferenciación y función del CL es esencial para la sincronización del desarrollo embrionario y uterino, las contracciones plasmáticas de progesterona se correlacionan positivamente con la producción del interferón-tau por el feto, lo que sugiere que altos niveles de progesterona proveen un medio más adecuado para el desarrollo del feto. (Ochoa R. L., 2015).

En parte, la implantación consiste en la formación de cerca de 80 a 100 estructuras donde el tejido fetal (cotiledón) y el tejido materno (carúnculas) se pliegan juntos. El proceso de implantación también incluye la formación del cordón umbilical que permite el intercambio de nutrientes y productos de desecho entre los tejidos maternos y fetales y se completa generalmente el día 45 de la preñez (Bellanda, 2002).

### **2.4.2.3. Muerte embrionaria**

Hasta que se cumple la implantación, el peligro de muerte embrionaria es alto. El 10 a 20% de todas las preñeces terminan en muerte embrionaria. Si la muerte se presenta los primeros 17 a 18 días luego de la fertilización, la vaca retornara al celo (Galina & Valencia, 2008).

## **2.5. DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN**

El propósito del diagnóstico de preñez es identificar las vacas vacías para reintegrarlas al programa de inseminación. El retorno al estro es el mejor recurso para identificar a hembras no gestantes; sin embargo, debido a la baja eficiencia en detección de calores, la mitad de las vacas vacías no son observadas en estro y llegan hasta el diagnóstico de gestación. Los métodos más comunes para detectar la preñez incluyen no retorno al celo, palpación rectal, niveles de progesterona en la leche y la ultrasonografía (Cutaia, 2014).

- **No retorno al celo**

Una vaca que no retorna al celo 21 días luego de la inseminación, puede presumirse que esté preñada. Aun así, una vaca puede no retornar al celo debido a un quiste ovárico o una falla en detectar el celo de la vaca. Por lo tanto, cuando no se encuentra disponible ninguna otra herramienta de diagnóstico, una vaca se declara generalmente preñada si no se ha observado en celo por lo menos 60 días (el tiempo de cerca de tres ciclos normales) (Gray, 2010).

- **Palpación rectal**

Es recomendable la palpación rectal 40-60 días luego de la inseminación para detectar el feto en el útero, otras estructuras asociadas con la preñez, y la presencia de un cuerpo lúteo en el ovario (Gray, 2010).

- **Progesterona en la leche**

Durante la preñez, el ciclo estral se interrumpe debido a que el CL persiste y continúa secretando P<sub>4</sub> a lo largo de la preñez. La persistencia de progesterona en la leche 21 a 23 días luego de la inseminación puede ser utilizada para diagnóstico para la preñez (Gray, 2010).

- **Ecografía o Ultrasonografía reproductiva**

La ecografía reproductiva ha sido ampliamente utilizada en el estudio de los diferentes aspectos de la función reproductiva de la vaca. Esto ha facilitado el desarrollo de un método de diagnóstico y de interpretación clínica y funcional del estado reproductivo durante el ciclo estral, la gestación y el posparto. (Schroeder, 1999).

### **2.5.1. Ecografía Reproductiva**

La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen sobre la base de la emisión de ultrasonidos y la recepción de ecos. Estos ecos se producen por la reflexión de los ultrasonidos a nivel de los distintos tejidos. Cuanto mayor sea la reflexión, mayor intensidad tendrán los ecos, pero menor cantidad de ultrasonidos serán capaces de seguir avanzando y mandar información. En el formato de imagen llamado modo B, estos ecos van a ser presentados como puntos de brillo, que serán tanto más brillantes cuanto mayor sea la reflexión, y serán en una posición proporcional al tiempo que han tardado en ser recibidos. La imagen ecográfica se corresponde con el conjunto de puntos de brillo, que representa un corte anatómico de la región examinada. Los órganos o tejidos serán hiper, hipo o anaecogénicos, según la cantidad de ultrasonidos que reflejen.

Los ultrasonidos de tiempo real - modo B - constituyen un medio confiable para el diagnóstico de gestaciones en el bovino a partir del día 26 en adelante, ya que se puede

localizar y explorar el útero mediante el transductor con relativa facilidad en un tiempo mínimo. En la práctica es importante determinar la presencia de un cuerpo lúteo funcional y la evaluación del embrión junto con la visualización de los latidos cardíacos. La frecuencia del corazón disminuye de 188 latidos/minuto el día 20 de la preñez a 145 aproximadamente el día 26 y luego se mantiene prácticamente constante hasta los 2 meses (Bellanda, 2002).

Alrededor de los días 25 - 27 se puede distinguir el embrión como un punto blanco (ecogénico) dentro de una zona negra (anecogénica). El líquido alantoideo se incrementa rápidamente después del día 28 y se extiende por todo el cuerno gestante, la membrana amniótica se distingue nítidamente en las imágenes ecográficas posteriores a los 30 días de preñez (Gutierrez & Sandoval, 2014).

En el diagnóstico de reabsorción fetal se aprecian imágenes con menos líquidos, falta de viabilidad, rotura de membranas fetales y granos ecogénicos flotando dentro del líquido, que corresponden a restos de las membranas y del feto. La reabsorción ocurre en un 5-6 % de las vacas que se diagnostican por ecografía entre los 27 y 90 días (Monsalve & Zumaeta, 2011).



**Figura 9.** Ecografía que muestra: Tubérculo Genital (TG) muy cerca de las Vértebras Coccígeas (VC) y los Miembros Posteriores (MP).

**Fuente:** (Serrano, 2009)

### 2.5.1.1. Ecografía del útero

El útero se examina en toda su dimensión con cortes transversales, longitudinales y oblicuos. La ecografía es primordial para el diagnóstico de diferentes estados patológicos del aparato reproductor, tales como la piometra, metritis, salpingitis, hidrosalpinx y otras. En el diagnóstico de la metritis se observa líquido intrauterino, el cual es más ecogénico que el de la gestación, posee aspecto nevado con punteado en blanco. Cuando el contenido es francamente purulento y denso, la imagen es muy ecogénica y puede llegar a tener una tonalidad más blanca que la de las paredes de los cuernos (Torres, 2000).

Si la vaca está en celo, entonces la luz uterina se observa con exudados, apreciándose una imagen de estrella oscura (anecogénica) en toda la longitud del cuerno. El incremento de volumen es evidenciado por el aumento de vasodilatación y edema y por la acumulación de líquido intrauterino, en el cérvix y vagina y el mayor acúmulo de fluido coincide con la máxima producción de mucus en las fases de estro y metaestro confirmando la teoría de que el útero de la vaca está muy contorneado en el momento de máxima concentración de progesterona. La evaluación de la forma y tamaño uterino puede convertirse en indicador que refleja la presencia de progesterona o estrógeno circulante (Paigrave, 2012).

Su mayor impacto consiste en la realización de una evaluación precoz y de alto porcentaje de certeza del concepto en el claustro materno, principalmente a partir del día 23 de gestación, lo cual nos permite incrementar la eficiencia reproductiva, programar aproximadamente las fechas de partos y la atención de las parturientas (Serrano, 2009).

**Útero gestante:** Un diagnóstico positivo de preñez puede hacerse sin visualización del embrión en la ecografía. Esto se realiza mediante la identificación del fluido alantoideo, las membranas fetales y los placentomas (Paigrave, 2012).

### 2.5.1.2. Ecografía de los ovarios y folículos

En el examen ecográfico de los ovarios, los folículos se muestran a través de imágenes anecogénicas de color negro en forma redondeada o en estructuras irregulares debido a la compresión de los folículos adyacentes, al cuerpo lúteo y a la compresión de los folículos por el estróma ovárico (Caccia, 2000).

Las medidas que obtenemos de los folículos corresponden a las dimensiones del antro folicular y no incluye el diámetro de la pared. Los folículos preovulatorios se muestran como estructuras redondeadas anecogénicas de 1,5 a 2,5 cm o 15 - 17 mm, tamaño con el cual se produce la ovulación en la vaca.



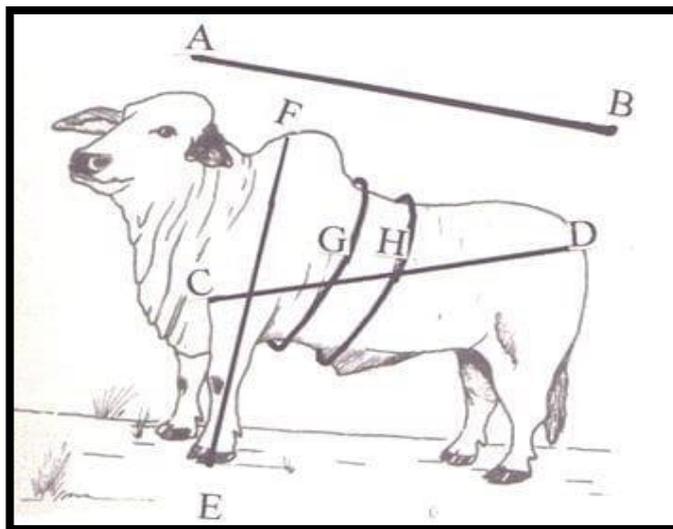
**Figura 10.** Folículos visibles con cuerpo lúteo mediante ecografía.  
Fuente: (Bellanda, 2002).

## 2.6. MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE PESO VIVO

### 2.6.1. Método de Quetelet

Para calcular el peso vivo se debe tomar en consideración la medida del perímetro torácico que se mide desde detrás de la cruz, espalda y codo; y el largo del animal que va desde el encuentro (hombro) hasta la punta de la nalga, a estas medidas se las reemplaza en la fórmula ya establecida y con las constantes para cada sexo hembras (87.5) y machos (90).

$$PV = (PT)^2 * L * Constante(87.5)$$



**Figura 11.** Puntos anatómicos A-B largo del cuerpo, C-D longitud del cuerpo, E-F altura, G perímetro torácico, H perímetro abdominal.

**Fuente:** (Zalapa, 2009)

## 2.7. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

La condición corporal (CC) es básicamente una medida para estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo en ciertos puntos anatómicos, o el grado de pérdida de masa muscular en el caso de vacas flacas con muy poca grasa, además de ser un indicador del estado nutricional del animal.

La CC y sus cambios son más confiables como indicadores del estado nutricional que el peso corporal; ya que el peso está afectado por la fase de gestación y la cantidad de alimento en el tracto gastrointestinal. Las vacas en buen estado corporal pueden movilizar sus reservas sin que sufran problemas metabólicos y sin que se vea afectado su desempeño reproductivo, mientras que vacas flacas con pocas reservas corporales, requieren de una mayor suplementación para evitar pérdidas excesivas de peso y la consecuente reducción en la producción de leche y tasa de preñez (Orozco & Uribe, 2010).

	Gravemente Demarcado	Extremadamente Delgado	Muy Delgado	Límite	Moderado	Ligeramente Regordete	Regordete	Obeso	Muy Obeso
Escala de 9 puntos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Debilidad física	sí	no	no	no	no	no	no	no	no
Atrofia muscular	sí	sí	leve	no	no	no	no	no	no
Contorno de la columna vertebral es visible	sí	sí	sí	leve	no	no	no	no	no
Cantidad de costillas visibles	todas	todas	todas	3-5	1-2	0	0	0	0
Puntas visibles de la cadera	sí	sí	sí	sí	sí	sí	leve	no	no
Grasa en el pecho y en los flancos	no	no	no	no	no	un poco	lleno	lleno	extrema
Ubre gorda y grasa irregular a cada lado de la base de la cola	no	no	no	no	no	no	leve	sí	extrema
Escala de 5 puntos:	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

**Figura 12.** Criterios a considerar para determinar el grado corporal en bovinos.  
Fuente: (Muñoz & Atria, 1989).

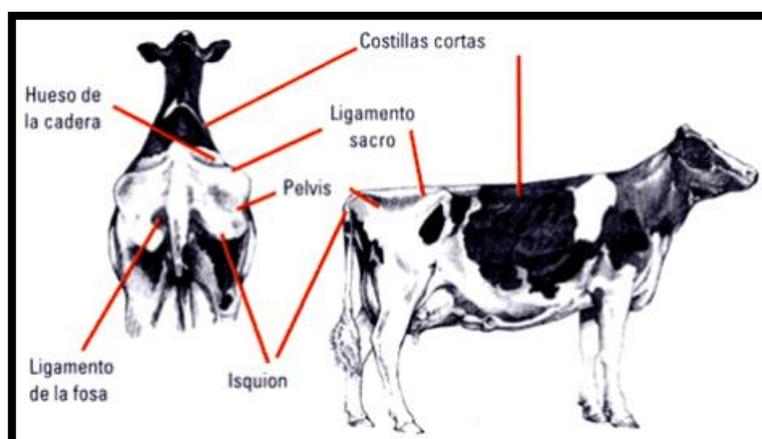
### 2.7.1. Determinación del Estado Corporal

Para medir la CC se utiliza el sistema típico en una escala de 1 a 5 para el registro en vacas.

Para la evaluación de la CC se identifican las principales descripciones a nivel del anca.

Vacas con CC de 3 o menos, tienen la apariencia de V entre los huesos de la cadera y vacas

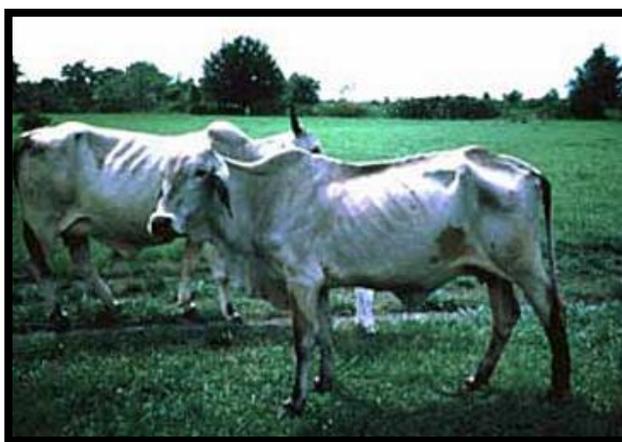
con CC de 3 o más tienen la apariencia de U entre los huesos de la cadera (Lopez, 2006).



**Figura 13.** Puntos anatómicos para la determinación de la condición corporal.  
Fuente: (Grigera & Bargo, 2005)

### 2.7.1.1. Condición corporal 1: Emaciada

Las costillas están muy marcadas, y visibles los espacios intercostales. Las vértebras lumbares son muy prominentes, afiladas y visibles. No hay evidencia de grasa y tiene muy poca musculatura. La columna vertebral es muy notoria, con escasa musculaturas y no hay tejido graso. El área de inserción de la cola parece hueca, muy hundida. El nacimiento de la cola parece que sale por arriba de esta zona, los huesos del anca y cadera son muy afilados, visibles sin musculatura y no hay evidencia de depósitos grasos. Son cóncavos (curvatura hacia adentro). La piel parece apoyarse sobre la estructura ósea (Martinez, 2009) .



*Figura 14. Emaciado. CC 1.  
Fuente: (Enrique, 2001)*

### 2.7.1.2. Condición corporal 1,5: Muy delgada

También es una vaca flaca, pero se observa algo de musculatura en el cuarto trasero. Las costillas, vértebras lumbares de la columna, huesos de anca y caderas aún son visibles y prominentes. El punto de inserción de la cola está hueco, no se ve tejido graso. Esta zona se presenta como si fuera un "techo de dos aguas" con mucha pendiente (Ruechel, 2016).



*Figura 15. Muy Delgada. CC 1,5.  
Fuente: (Ruechel, 2016)*

### **2.7.1.3. Condición corporal 2: Delgada.**

Las costillas anteriores empiezan a cubrirse con tejido muscular y graso y gradualmente se hacen más visibles las posteriores. Las vértebras lumbares son menos visibles, pero al tacto se las distinguen y se detectan los espacios que las separan. Hay más musculatura y algo de tejido graso que suavizan un poco su estructura, haciéndola más redonda, menos filosa. Los huesos del anca se notan más redondeados, pero aún son prominentes. La base de la cola está menos hundida porque se comienza a observar musculatura y algo de tejido adiposo. El cuarto trasero tiene más musculatura, su aspecto de perfil es aún cóncavo (Martínez, 2009).



*Figura 16. Delgada. CC 2.  
Fuente: (Grigera & Bargo, 2005)*

#### 2.7.1.4. Condición corporal 2,5: Regular.

Sólo se observan las dos últimas costillas. Las vértebras lumbares no se pueden identificar visualmente, sólo al tacto con suave presión. La columna vertebral se ve bastante redondeada y algo llena. Los huesos del anca tienen poca prominencia y están suavizados por músculos y grasa. La base de la cola comienza a llenarse por acumulación de grasa. El cuarto trasero tiene buena musculatura y su perfil es recto (Martinez, 2009).



*Figura 17. Regular. CC 2,5.  
Fuente: (Enrique, 2001)*

#### 2.7.1.5. Condición corporal 3: Moderado

Las dos últimas costillas no se ven, a menos que el animal tenga un arco costal grande o este desbastado. Los huesos lumbares, de la columna vertebral y del anca están redondeados por musculatura y tejido graso. La base de la cola está casi llena. El perfil del cuarto trasero es convexo, lleno de musculatura y evidencia de depósitos de grasa (Enrique, 2001).



*Figura 18. Moderada. CC 3.  
Fuente: (Enrique, 2001)*

#### 2.7.1.6. Condición corporal 3,5: Bueno

Las costillas están totalmente cubiertas y no se ven. Las vértebras lumbares y dorsales no se observan, la columna comienza a tomar una forma de tabla. Los huesos del anca están bien redondeados por tejido musculoso y graso. La base de la cola está bastante llena. Los cuartos traseros están llenos y convexos. En este grado de condición los tejidos comienzan a verse algo esponjosos a la vista, por la acumulación de grasa (Grigera & Bargo, 2005).



*Figura 19. Moderada. CC 3,5.  
Fuente: (Enrique, 2001).*

#### 2.7.1.7. Condición corporal 4: Muy bueno

En ambos lados de la base de la cola se observa mucha grasa acumulada, el nacimiento de la cola comienza a enterrarse en la grasa. En el cuarto trasero comienza a aparecer polizones de grasa que se mueven al caminar el animal (Enrique, 2001).



*Figura 20. Muy buena. CC 4  
Fuente: (Grigera & Bargo, 2005)*

#### 2.7.1.8. Condición corporal 4,5: Gordo

La forma del animal es compacta, redondeada, hay abundante cobertura de grasa subcutánea formando polizones. El cuarto trasero muy redondeado con abundante tejido adiposo (Grigera & Bargo, 2005).



*Figura 21. Gorda. CC 4,5.  
Fuente: (Grigera & Bargo, 2005).*

#### 2.7.1.9. Condición Corporal 5: Muy gordo

Es un animal extremadamente gordo, su movilidad se dificulta por el exceso de grasa (Grigera & Bargo, 2005).



*Figura 22. Muy gorda. CC 5.  
Fuente: (Grigera & Bargo, 2005)*

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. MATERIALES**

##### **3.1.1. Materiales de Campo**

- 10 Hembras bovinas (mestizas)
- Implantes de progesterona 0.5 (D.I.B - Syntex S.A.)
- Benzoato de estradiol (Gonadiol - Syntex S.A.)
- Prostaglandina F2 $\alpha$  (Ciclase - Syntex S.A.)
- Novormon 5000 (eCG - Syntex S.A.)
- Aplicador de implantes de progesterona
- Pistola de inseminación
- Pajuelas de semen
- Termo criogénico
- Termo para descongelar pajuelas
- Corta pajuelas
- Pinza de pajuelas
- Catéteres
- Caja de guantes de chequeo ginecológico
- Caja de guantes quirúrgicos
- Frasco de gel lubricante
- Jeringas de 3cc
- Rollo de papel o toalla
- Libreta de campo
- Overol
- Botas

- Cinta bovinométrica
- Calculadora
- Hoja de CC

### **3.1.2. Materiales de Oficina**

- Computadora
- Impresora
- Internet
- Resma de hojas A4
- Cámara fotográfica

### **3.1.3. Equipo de Laboratorio**

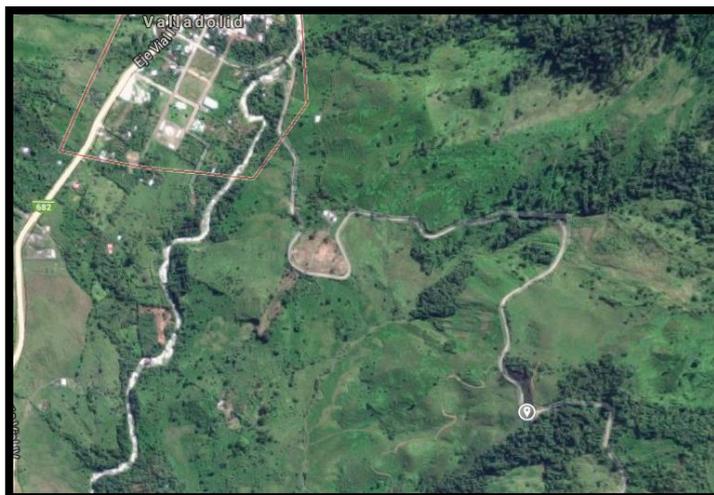
- Ecógrafo portátil Mindray

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. Ubicación del Ensayo**

La presente investigación se llevó a cabo en la parroquia Valladolid del Cantón Palanda, ubicada al sur de la provincia de Zamora Chinchipe. Sus coordenadas geográficas son: a  $79^{\circ} 7' 55.56''$  de Longitud y  $4^{\circ} 38' 59.28''$  de Latitud, está a 1145 msnm; con un clima templado-húmedo, con prolongados inviernos y reducidos veranos. La precipitación anual es de 2000 a 4000 mm.

Sus límites son: al Norte la Cordillera de Tzunantza, cantón Zamora y la Provincia de Loja; al Sur limita con el cantón Chinchipe; al Este con la República de Perú y al Oeste con el Cantón Nangaritza. Con una temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$  a  $24^{\circ}\text{C}$  (Mosquera, 2016).



**Figura 23.** Localización geográfica de la finca.  
**Fuente:** Google Maps

### 3.2.2. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Se utilizaron 10 hembras bovinas mestizas, con una edad comprendida entre 3,5 y 4 años, un peso entre 430 a 450 kg y una condición corporal entre 2,5 y 3. Cada animal, se identificó individualmente con un arete en la oreja y constituyo una unidad experimental. Previo a la selección, las vacas fueron sometidas a examen del sistema reproductivo mediante palpación rectal, para evaluación de útero y ovarios; además se administró desparasitantes, vitaminas y minerales.

**Cuadro 1.** Identificación de las unidades experimentales.

TRATAMIENTO	Unidad Experimental	Identificación
T1: Inseminación convencional	1	23
	2	57
	3	75
	4	197
	5	92
T2: Inseminación Profunda	1	80
	2	163
	3	198
	4	196
	5	90

### 3.2.3. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 2 tratamientos y 5 repeticiones, los animales se seleccionaron de forma aleatoria.

### 3.2.4. Sincronización de celo

Se utilizó un protocolo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en los dos grupos

Al **día 0**, se realizó la aplicación de un DIB (Dispositivo de silicona inerte impregnado con 0,5 gr de progesterona de liberación controlada): los cuales bloquean el hipotálamo para simular una fase lútea, con los cuales se suprime la conducta estral y la ovulación hasta que sean retirados; además de 2 ml de Benzoato de Estradiol al momento en el que se colocó el implante: el cual inicia el estro de la hembra.

A **los 7 días** de insertado el implante, se procedió a retirar y a la vez se administró 2 ml de Prostaglandina: esta hormona provoca la ruptura de una estructura presente en el ovario, frenando la secreción de progesterona, lo que marca el fin de un ciclo, más 2 ml de eCG.

Al **día 8** se colocó 1 mg de Benzoato de Estradiol para incrementar la expresión del celo y mejorar la ovulación sin reducir el porcentaje de gestación.

Se procedió a realizar la Inseminación Artificial a las **48 horas de retirado el implante**, en cada grupo experimental se aplicó el método correspondiente; para llevar a cabo la Inseminación Artificial se procedió a realizar ecografía en el T2 para determinar en qué cuerno se encontraba el folículo preovulatorio y proceder inmediatamente al depósito del semen en el cuerno ipsilateral del ovario en proceso de ovulación, es decir, la inseminación artificial profunda.

### 3.2.5. Descripción de Tratamientos: Métodos de inseminación

#### TRATAMIENTO 1: Inseminación Artificial Convencional

Una vez preparada la pistola, se procedió a colocar el guante, ya con la mano izquierda enguantada se aplicó gel sobre la misma y se introdujo por el recto para localizar el cérvix, (sin lesionar tejidos) y con la mano derecha se introdujo el aplicador en un ángulo de 45°C por la vulva hasta llegar a la vagina. Con la mano izquierda se continuó sujetando hasta alcanzar el cérvix y se lo elevó, mientras que con la mano derecha se continuó insertando la pistola atravesando los anillos cervicales hasta llegar al cuerpo del cérvix, también conocido como el blanco del inseminador, una vez aquí se procedió a oprimir el émbolo del aplicador lentamente retrocediendo de 1 a 2 cm aproximadamente para que el semen quede colocado correctamente. Se retiró el aplicador lentamente, desechando guante y funda en un lugar apropiado. “Si existen otros animales se debe apartar a la vaca recién inseminada por un lapso de 15 a 30 minutos pues el esfuerzo de montar y levantarse puede en un momento dado, a través del moco cervical, arrojar junto con éste el semen”.

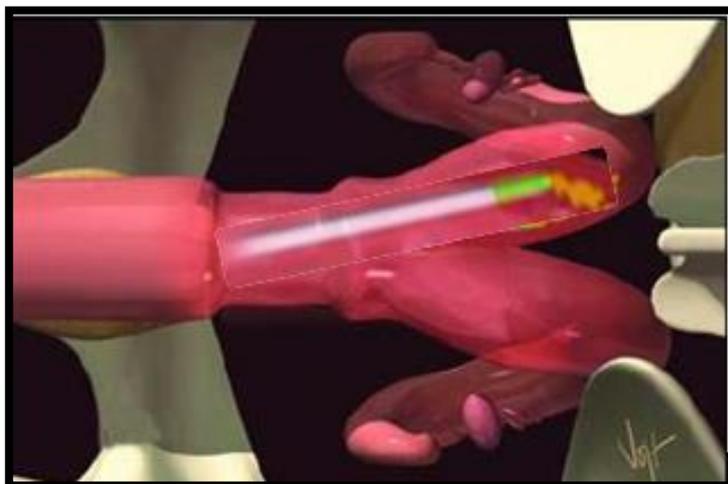


**Figura 24.** Inseminación artificial convencional

**Fuente:** (Dejarnette & Nebel, 2011)

## TRATAMIENTO 2: Inseminación Artificial Profunda

Para llevar a cabo la inseminación artificial profunda se utilizó la misma técnica de la inseminación artificial convencional, con la diferencia que en este método la pistola de inseminación se la introdujo hasta las tres cuartas partes del cuerno ipsilateral al ovario donde se produjo la ovulación, para establecer el ovario se realizó una ecografía transrectal utilizando la sonda recto vaginal de 7.5 Mz. Posteriormente a esto al igual que en el método convencional se depositó lentamente el semen de la pistola de inseminación.



*Figura 25. Inseminación artificial profunda*  
**Fuente:** (Dejarnette & Nebel, 2011)

### 3.2.6. Variables en Estudio

Para el desarrollo del trabajo investigativo se estudiaron las siguientes variables:

- a) Edad
- b) Peso
- c) Condición corporal
- d) Índice de concepción y gestación

### 3.2.7. Toma y registro de datos

#### 3.2.7.1. Edad.

Se consideró la información proporcionada por el propietario, mediante registros simples.

#### 3.2.7.2. Pesos

Se realizó mediante la medición con cinta bovinométrica.

$$PV = (PT)^2 * L * Constante(87.5)$$

#### 3.2.7.3. Condición corporal

Para determinar la condición corporal se consideró la escala de valoración de 1 a 5, propuesta por López (2006).

Grado de condición corporal	Vertebra en la espalda	Aspecto posterior del hueso pélvico	Aspecto lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre cola y la tuberosidad isquiática	
				Aspecto posterior	Aspecto lateral
1 Subcondicionamiento severo					
2 Esqueleto obvio					
3 Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales					
4 Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales					
5 Sobrecondicionamiento severo					

**Figura 26.** Determinación de la condición corporal en hembras bovinas.

**Fuente:** (Lopez, 2006).

#### **3.2.7.4. Índice de concepción y gestación**

Se obtuvo mediante el diagnóstico ecográfico transcurridos 39 días a partir del momento en que se ejecutó la inseminación.

$$\% \text{ de gestación} = \frac{\# \text{ de vacas gestando}}{\text{total de vacas el tratamiento}} \times 100$$

#### **3.2.8. Análisis Estadístico**

Se utilizó estadística descriptiva, para determinar promedios y porcentajes; también se realizó análisis de varianza (ADEVA); y, para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos se aplicó la prueba de CHI-cuadrado y la prueba de V de Crammer, haciendo comparación entre los promedios para estimar el grado de asociación entre variables. Se aplicó el Test de comparación de proporciones. Compa ProWin 2.0.1, el cual sirve para determinar diferencias estadísticas cuando la muestra es muy pequeña.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. EDAD

**Cuadro 2.** Promedio de la edad de las unidades experimentales (años).

Nº ANIMALES	Inseminación Convencional (T1)	Inseminación Profunda (T2)
1	4.1	4.4
2	4.0	4.0
3	3.8	4.1
4	3.6	3.5
5	4.3	4.0
<b>TOTAL</b>	19.8	20.1
<b>X</b>	3.9	4.0

En el **cuadro 3**, el promedio de la edad para el T1 es de 3.9 años; mientras que el T2 tienen un promedio de 4 años de edad; existiendo una diferencia de 1 mes entre los dos tratamientos, Al realizar el análisis de correlación entre las variables, se muestra que la edad, no afectó la tasa de concepción y gestación demostrándose así valores de  $p > 0.05$ .

### 4.2. PESO

**Cuadro 3.** Promedio del peso de las unidades experimentales (kg)

Nº ANIMALES	Inseminación Convencional (T1)	Inseminación Profunda (T2)
1	468	447
2	412	407
3	417	421
4	426	405
5	452	475
<b>TOTAL</b>	2185	2155
<b>X</b>	435	431

Las unidades experimentales presentaron una diferencia de 4 kg entre los dos tratamientos, lo cual indica que la diferencia es mínima entre los tratamientos. Al realizar el análisis de

correlación entre las variables, se muestra que el peso no afectó la tasa de concepción y gestación demostrándose así valores de  $p > 0.05$ .

### 4.3.CONDICIÓN CORPORAL

**Cuadro 4.** Condición corporal en vaconas mestizas.

Nº ANIMALES	Inseminación Convencional (T1)	Inseminación Profunda (T2)
1	3.5	3.0
2	2.5	2.5
3	3.0	3.0
4	3.0	2.5
5	3.0	3.00
<b>TOTAL</b>	15	14
<b>X</b>	3.0	2.8

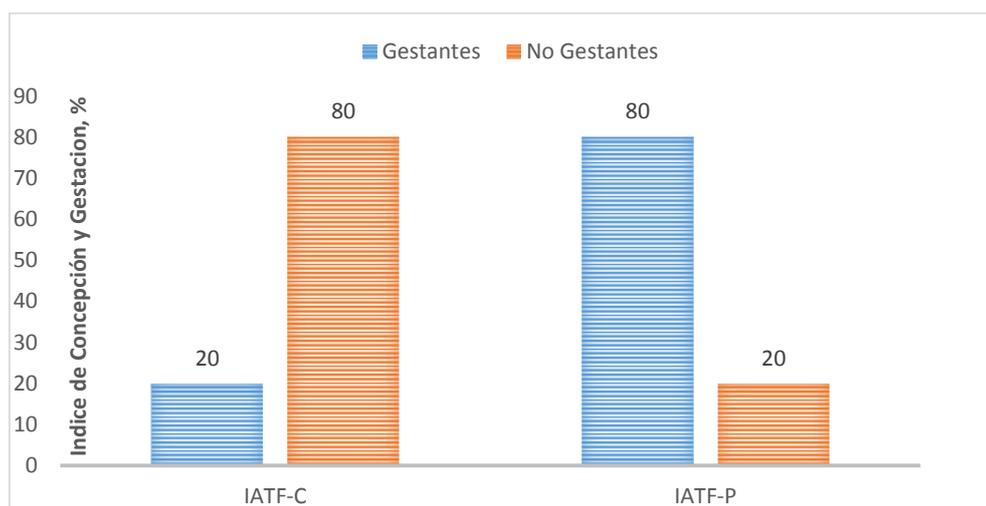
En el **cuadro 5** se muestra la condición corporal de cada unidad experimental, existiendo poca diferencia entre los dos tratamientos, ya que el T1 presenta un promedio de condición corporal de 3.0, mientras que el T2 presenta un promedio de condición corporal de 2.8; mostrando así una diferencia de 0.2. Al realizar el análisis de correlación entre las variables, se muestra que la condición corporal no afectó la tasa de concepción y gestación demostrándose así valores de  $p > 0.05$ .

### 4.4. ÍNDICE DE CONCEPCIÓN Y GESTACIÓN

**Cuadro 5.** Índice de concepción y gestación en los métodos de inseminación estudiados

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3,600	1	,058		
Estadístico exacto de Fisher				,206	,103
Asociación lineal por lineal	3,240	1	,072		
N de casos válidos	10				

En el **cuadro 6**, se observa que la prueba de CHI-cuadrado no muestra diferencia estadística entre los dos tratamientos ( $P > 0,058$ ); aunque en la inseminación profunda (T2) numéricamente presentó mayores índices de concepción y gestación, lo que permite afirmar que este método resulta adecuado para implementarlo en las ganaderías bovinas.



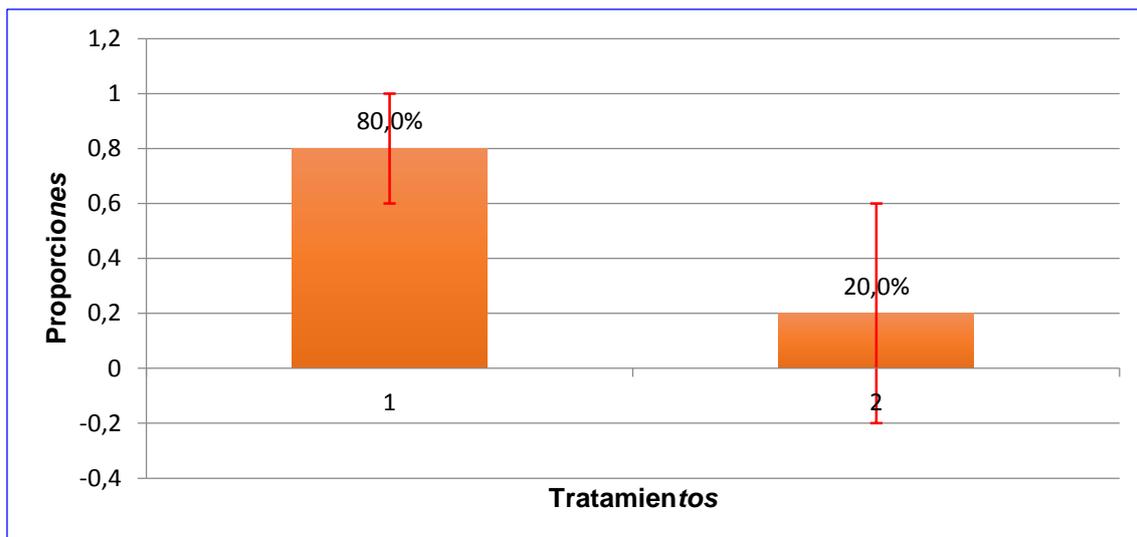
**Figura 27.** Porcentaje de concepción y gestación en los dos métodos aplicados

En la **figura 27**, se observa que, mediante la aplicación de los dos métodos, se obtuvo valores del 80% de concepción y gestación con la inseminación artificial profunda, es decir que de las cinco hembras inseminadas cuatro quedaron gestantes; y mediante la aplicación de la inseminación convencional se obtuvo el 20% de gestación que corresponde a una hembra gestante de las cinco hembras inseminadas.

Al utilizar el test de comparación de proporciones Compa ProWin 2.0.1. se determinó que, si existen diferencias significativas entre los dos tratamientos, al ser un test para evaluar muestras pequeñas.

**Cuadro 6.** Comparación de proporciones de los dos métodos evaluados.

Método	Gestación	Población	Proporción	Error	Varianza	Signif.
IA-Profunda	4	5	0,8	0,2	0,16	A
IA-Convencional	1	5	0,2	0,4	0,16	B



*Figura 28. Comparación de proporciones de los dos métodos evaluados.*

En la **figura 28** se puede observar que, si existe diferencia entre los dos tratamientos, teniendo en el T1 (Inseminación artificial convencional) se obtuvo 20%<sup>b</sup> de concepción y gestación, mientras que el T2 (Inseminación artificial profunda) se determinó porcentaje estadísticamente significativos de 80%<sup>a</sup>.

## 5. DISCUSIÓN

La edad y el peso no afectaron la tasa de concepción, debido a la homogeneidad en la selección de las unidades experimentales, las cuales comprendieron edades en promedio de 3.9 y 4 años para los tratamientos 1 y 2, al igual que los pesos fue de 435 kg y 431 kg respectivamente. En cuanto a la edad y peso Cutaia (2014) menciona que con la utilización de la inseminación artificial a tiempo fijo es posible obtener resultados similares en vacas con cría y en vaquillonas con datos de 55.9% y 54.9% respectivamente; datos similares presenta Raso (2012), al determinar la efectividad de preñez por IA del 50% en vaquillonas y 45% en vacas con cría al pie. En ambas investigaciones no se considera el peso dentro del estudio debido a la variabilidad en el tamaño del rumen.

De igual manera la condición corporal, no afectó la tasa de concepción; según estudios realizados por Orozco & Uribe (2010) en Colombia, demostraron que las vacas con una CC=2 presentaron una tasa de preñez del 30%, en comparación con el 57% para CC=2,5 y CC=3,0, entendiéndose que la CC no tiene influencia en la inseminación artificial. De igual forma, Ahuja et.al. (2005), en un estudio en hembras bovinas en México, en vacas con pobre CC 1,5 a 2,5, donde se ha reportado respuesta satisfactoria a tratamientos con GnRH + prostaglandina F2a (PgF2a), en donde los protocolos Ovsynch y CO-Synch presentaron mayor tasa de preñez (21 y 28%) al compararlos con Select Synch (0%), concluyendo que la CC no afecta la tasa de preñez, concluyendo que más bien la tasa de concepción depende del protocolo utilizado y de la fisiología reproductiva de las vacas.

Datos contrarios reportó Pareja (2007), donde determinó la influencia negativa entre la condición corporal (CC) de los animales y la tasa de preñez, las vacas de  $CC < 2.5$  poseen tasas de preñez más bajas que animales con CC entre los 3.0 y los 4.0, igualmente los

animales con  $CC > 4.5$  tienden a presentar días abiertos más largos y es probable que no estén ciclando en el momento de iniciado el tratamiento, lo que afecta la tasa de concepción.

La implementación del Dispositivo Intravaginal Bovino Syntex (DIB) para la Inseminación Artificial (IA), en combinación con otras hormonas reproductivas, ha permitido incrementar la cantidad de animales incluidos en programas de inseminación artificial, pudiéndose evidenciar que hay diferencias en cuanto al índice de concepción y gestación en favor de la inseminación artificial profunda que aumenta los índices de concepción y gestación en hembras bovinas mestizas.

Monsalve & Zumaeta (2011) en esta investigación, señalan una tendencia porcentual a favor de la inseminación artificial profunda (80%) similar a la presentada en esta investigación, sin embargo estos autores en la inseminación artificial tradicional obtuvieron 50% de concepción, resultados superiores a los presentados en esta investigación en lo referente al T1 (20%); al igual que en el presente trabajo, señalan que los resultados obtenidos al plantearlos sobre una tabla de contingencia para determinar si había asociación entre las variables, estos no presentaron diferencia significativa ( $p=0.057 > 0.05$ ). En el estudio realizado por Serpa, Ochoa, & Galarza (2015) el resultado para la Inseminación intracornual con el protocolo de  $PGF2\alpha$  fue del 70% de preñez en novillas; resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación, debiendo recalcar la tendencia a mantener resultados superiores con la inseminación convencional.

Datos inferiores presenta el estudio realizado por Ochoa (2015) quien concluye que no hay diferencia al aplicar las dos técnicas de inseminación artificial, en este estudio se presentaron valores de 57% de preñez en lo referente a la inseminación profunda, y valores de 43% en la inseminación convencional, pero se debe resaltar que al analizar los resultados obtenidos sigue siendo favorable la inseminación artificial profunda.

## 6. CONCLUSIONES

- La **edad, peso y condición corporal** de los animales no incidió en la tasa de concepción, se sugiere que los resultados obtenidos pueden ser causados por el temperamento del animal y su reacción al momento de la inseminación artificial ya que es el principal factor para que las tasas de concepción no superen el 50%.
- En lo relacionado con los factores relacionados al manejo, se podría considerar que la falta de instalaciones adecuadas impiden realizarlo correctamente y más bien conducen a un estado de agresividad, cuyas repercusiones son mediadas por el estrés, ante el cual la hembra bovina reacciona para mantener el equilibrio metabólico, pero al ser factores estresantes superiores a la capacidad de adaptación, estos desencadenan mecanismos de mayor exigencia comprometiendo así el sistema neuroendocrino, en tales circunstancias se afecta la función reproductiva o se inhibe.
- La prueba de CHI-cuadrado no mostró diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos  $P = 0.058 > 0,05$ ., observándose índices de concepción y gestación del 80% para el T2 (Inseminación Artificial Profunda) y 20% para T1 (Inseminación Artificial Convencional).
- La inseminación profunda da mayores índices de concepción y gestación. Mientras que al aplicar el test de comparación de proporciones si se estableció diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos siendo fiable aplicar la inseminación artificial profunda

## **7. RECOMENDACIONES**

- Utilizar la inseminación artificial profunda como una herramienta favorable de trabajo para mejorar la eficiencia reproductiva, con la finalidad de incrementar los porcentajes de concepción y gestación.
- Aplicar ultrasonografía transrectal, ya que es una ventajosa herramienta para incrementar la eficiencia reproductiva de la hembra bovina, así como identificar a tiempo problemas reproductivos.
- Realizar nuevos trabajos de investigación con mayor número de unidades experimentales para confirmar estos resultados.
- Continuar investigando el efecto de la utilización de inseminación artificial profunda con diferentes protocolos de sincronización de celos, especialmente en otras razas, climas, estado fisiológico, pesos, condición corporal, días de retiro del implante.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alzate, D. (Octubre de 2017). *MEDVETSITE*. Obtenido de Hormonas del Ciclo estal de la vaca. Universidad CES: <http://medvetsite.com/ciclo-estral-de-la-vaca/>
- Barrantes, H. M. (2008). Inseminacion artificial a termino fijo su uso racional y eficiente en la reproduccion bovina. *Monografia para optar por el titulo de zootecnista*. Zipaquirá. Recuperado el 05 de 09 de 2016, de <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1443/1/2008-02P-40.pdf>
- Bellanda, O. (2002). *Reproducción de Bovinos: Ecografía en la Reproducción de la Vaca*. Obtenido de Ecografiavet: [http://www.ecografiavet.com/reproduccion\\_bovinos.html](http://www.ecografiavet.com/reproduccion_bovinos.html)
- Biología. (2015). *Fecundacion Interna*. Obtenido de <http://biologiacampmorvedre.blogspot.com/2016/05/1-bachillerato-reproduccion-animal.html>
- Caccia, M. (2000). *Ultrasonografía Reproductiva en el Ganado Bovino*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/39-ultrasonografia\\_reproductiva\\_en\\_bovino.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/39-ultrasonografia_reproductiva_en_bovino.pdf)
- Castillo, O. (2010). *SEGARPA*. Recuperado el 2018, de Inseminacion Articial de Ganado Bovino. Sinaloa: <file:///C:/Users/Portatil/Downloads/Inseminaci%C3%B3n%20artificial%20de%20ganado%20bovino.pdf>
- Colazo, M. G., Mapletoft, R. J., Martínez, M. F., & Kastelic, J. P. (2007). El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Ciencia Veterinaria*, 9(1), 4-19. Recuperado el 2017, de <file:///C:/Users/Portatil/Downloads/1886-7023-1-PB.pdf>
- Cutaia, L. (2014). *Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo: Analisis de Costos e Implementación*. Obtenido de Resultados de la Aplicación de la IATF en un Sistema de Producción de Carne: [https://www.abspecplan.com.br/upload/library/Programas\\_IATF\\_analises\\_costos\\_i\\_mplementacao.pdf](https://www.abspecplan.com.br/upload/library/Programas_IATF_analises_costos_i_mplementacao.pdf)
- Dejarnette, M., & Nebel, R. (2011). *Select Reproductive Selection*. Recuperado el 2018, de Anatomía y Fisiología de la Reproducción Bovina: <http://geneticaselecta.net/Anatomia%20y%20fisiologia%20Bovinos.pdf>
- Enrique, H. (2001). *Evaluación de la condición corporal*. Obtenido de <http://prodanimal.com.ar/sistemas/cc1/index.html?pageURL&2>
- Galina, C., & Valencia, J. (2008). *Reproducción de Animales Domesticos*. (L. Mexico, Editor) Recuperado el 2018, de Dinamica Folicular: <https://www.mindomo.com/no/mindmap/eje-hipotalamico-hipofisario-gonadal-en-hembras-y-machos-782c9060293648358240d61a34240ce9>
- Góngora, A., & Hernandez, A. (2010). La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales. *Temperatura y Reproducción en vacas*, 141-151.

- Gray, O. (2010). *Segmentation of the fertilized ovum*. Obtenido de Gray's Anatomy.: [www.yahooligans.yahoo.com/reference/gray/](http://www.yahooligans.yahoo.com/reference/gray/)
- Grigera, J., & Bargo, F. (2005). *Evaluación del estado corporal en vacas lecheras*. Obtenido de producción animal: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_condicion\\_corporal/45-cc\\_lecheras.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/45-cc_lecheras.pdf)
- Guaqueta, H. (2007). *Ciclo Estral*. Recuperado el 2018, de Fisiología Básica y Estrategias para Mejorar la Detección de Celos. .
- Gutierrez, D., & Sandoval, G. (2014). *La Ultrasonografía en Bovinos*. Recuperado el 2018, de <file:///C:/Users/Portatil/Downloads/Dialnet-LaUltrasonografiaEnBovinos-5364505.pdf>
- Hafez, E., & Hafez, B. (2007). *Reproduccion e Inseminación Artificial en Animales*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández Cerón , J., & Ortega León, Á. (2009). *Manual de Inseminación Artificial en Bovinos*. Obtenido de Departamento de Reproducción. Universidad Nacional Autónoma de Mexico: [http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/Manuales/50\\_Inseminacion\\_artificial.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/Manuales/50_Inseminacion_artificial.pdf)
- INTA. (2004). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de Inseminación Artificial en Bovinos: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/188-Inseminacion\\_2004.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/188-Inseminacion_2004.pdf)
- Iñiguez, F. (2000). *Virbac Al Día*. Obtenido de Manipulación del Ciclo Estral en Ganado Bovino: <http://www.webveterinaria.com/virbac/news23/bovinos.pdf>
- JOE, B. H. (2005). El Manual Moderno. En L. D. Sumano., *Reproducción Animal Aplicada [Libro]* (pág. 186 190). México DF: ISBN. Recuperado el 01 de Julio de 2016
- Lopez, F. (2006). *Dialvet*. Obtenido de relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas hostein: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117891.pdf>
- Martinez, C. (2007). *Evaluación de cuatro protocolos de sincronizacion de celos a los 35 dias posparto en vacas cruzadas bos taurus por bos indicus sobre el porcentaje de preñez y dias abiertos con i.a.t.f.* Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6734/T13.09%20M366e.pdf;jsessionid=D51DC7911345EF4A11F7CE6048A3A109?sequence=1>
- Martinez, M. (2009). *MVZ UAM-XOC*. Obtenido de Medición de la Condición Corporal: <http://208235017mvzmmm.blogspot.com/2009/06/medicion-de-condicion-corporal.html>
- Monsalve, S., & Zumaeta, Y. (2011). *Comparación entre la inseminación artificial profunda y tradicional en novillas brahman blanco en la finca "León" en Icononzo (TOLIMA)*. Obtenido de Universidad de la Salle. Bogotá. Colombia: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17547/T14.11%20M758c.pdf?sequence=1>

- Mosquera, J. (2016). Recuperado el 08 de 2016, de [http://www.zamora-chinchipec.gov.ec/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1770](http://www.zamora-chinchipec.gov.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=1770)
- Muñoz, F., & Atria, A. (1989). *Condición Corporal en Bovinos de Carne*. Obtenido de una herramienta de manejo para mejorar la fertilidad del rebaño: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR08657.pdf>
- Ochoa, R. (04 de 2013). Evaluación del Inseminación Artificial Convencional y Profunda con la aplicación de prostaglandinas en vacas Hostein Friesian. *Mg. Tesis, Reproducción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Politécnica Salesiana.*, 87 p. Cuenca, Ecuador. Recuperado el 07 de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/530/1/Tesis.pdf>
- Ochoa, R. L. (2015). Evaluación de dos Métodos de Inseminación Artificial en la Preñez con protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en vacas Hostein. *Dr. Medico Veterinario Zootecnista. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Politécnica Salesiana*, 84. Cuenca, Ecuador. Recuperado el 07 de 2016, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8800/1/UPS-CT005014.pdf>
- Orellana, S. (2015). *Universidad Politecnica Salesiana*. Obtenido de Efecto de la eCG en la Tasa de Preñez con Protocolos de IATF en Vacas Brown Suis: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8129/1/UPS-CT004903.pdf>
- Orozco, A., & Uribe, L. (2010). La condición corporal como herramienta para pronosticar el potencial reproductivo en hembras bovinas de carne. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 63(2), 5607-5619. Recuperado el 2018, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/25049/37044>
- Oses, V., & Callejas, S. y. (22 de Junio de 2015). *SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL*. Obtenido de Inseminación artificial en bovinos: el lugar de descarga del semen y la dosis inseminante, factores en constante revisión: [https://www.researchgate.net/publication/267427942\\_INSEMINACION\\_ARTIFICIAL\\_EN\\_BOVINOS\\_EL\\_LUGAR\\_DE\\_DESCARGA\\_DEL\\_SEMEN\\_Y\\_LA\\_DO SIS\\_INSEMINANTE\\_FACTORES\\_EN\\_CONSTANTE\\_REVISION](https://www.researchgate.net/publication/267427942_INSEMINACION_ARTIFICIAL_EN_BOVINOS_EL_LUGAR_DE_DESCARGA_DEL_SEMEN_Y_LA_DO SIS_INSEMINANTE_FACTORES_EN_CONSTANTE_REVISION)
- Paigrave, K. (2012). *Reproducción bovina. Ultrasonografía con Easi-Scan*. Chivilcoy, Buenos Aires: BCF Technology Ltd. Obtenido de <https://www.bcftechnology.es/media/3627/bcf-bovine-booklet-spanish-low-res.pdf>
- Raso, M. (2012). *Inseminación Artificial a Tiempo Fijo*. Obtenido de Estación Experimental Agroforestal Esquel (Chubut): [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_ganaderia46\\_inseminacion\\_ovina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf)
- RIPPE, C. (2009). Dairy Cattle Reproduction Conference. 6. Recuperado el 07 de 2016, de <http://es.scribd.com/jcampillo86/d/58403293>
- Rivera, E. A., Ortiz, T. J., & Quezada, G. (2015). *Sincronización y resincronización de celo en vacas criollas utilizando progesterona*. Obtenido de [http://www.fcv.uagrm.edu.bo/sistemabibliotecario/doc\\_tesis/RIVERA,%20ANGIE-20101115-111203.pdf](http://www.fcv.uagrm.edu.bo/sistemabibliotecario/doc_tesis/RIVERA,%20ANGIE-20101115-111203.pdf)
- Rivera, H. (2009). *REVISION ANATOMICA DEL APARATO REPRODUCTOR*. Recuperado el 24 de 24 de 2016, de <http://bovinosvirtual.com/wp-content/uploads/2012/08/2-ANATOMIA-REPRODUCTIVA-DE-LA-VACA.pdf>

- Rivera, M. (2012). *Manual de Reproducción Bovina*. Obtenido de FACULTAD MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA UNIVERSIDAD DEL TOLIMA: <http://reproduccionbovina-mgrg.blogspot.com/p/ciclos-reproductivos.html>
- Romero, E. D. (2014). *Repositorio de la UNL*. Obtenido de dspace.unl.edu.ec: <http://dspace.unl.edu.ec/jsui/bitstream/123456789/10558/1/TESIS%20FINAL.pdf>
- Rosatti, G. N. (s.f.). *Artículo Científico*. Obtenido de Efecto de la dosis reducida de espermatozoides combinada con la inseminación.: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_articulo\\_inseminacion\\_intracornual\\_profunda\\_a\\_tiempo\\_fijo\\_con\\_dosis\\_reducida\\_de\\_espermatozoides\\_en\\_vacas\\_para\\_carne.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_articulo_inseminacion_intracornual_profunda_a_tiempo_fijo_con_dosis_reducida_de_espermatozoides_en_vacas_para_carne.pdf)
- Ruechel, J. (2016). *Grass Fed Solutions*. Obtenido de La Condición Corporal En Las Vacas: Cómo identificar el grado de la condición corporal: [http://www.grass-fed-solutions.com/Condicion-Corporal-Bovino.html#gallery\[pageGallery\]/0/](http://www.grass-fed-solutions.com/Condicion-Corporal-Bovino.html#gallery[pageGallery]/0/)
- Rueda, F., Garcés, T., Herrera, R., Arbeláez, L., & Peña, M. (2013). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA*. Obtenido de Las proteínas del plasma seminal incrementan la viabilidad espermática post-descongelación del semen de toros: <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v18n1/v18n1a11.pdf>
- Ruiz, A. (septiembre de 2016). *Reproducción Bovina*. Recuperado el 2018, de Las fases del ciclo estral en la hembra bovina y su regulación hormonal.: <https://www.genbiogan.com/single-post/2016/09/19/Las-fases-del-ciclo-estral-en-la-hembra-bovina-y-su-regulacion-hormonal>
- Saldarriaga, E. (2009). *Análisis comparativo entre inseminación artificial a tiempo fijo e inseminación artificial a celo detectado, con sus variables económicas y reproductivas*. Recuperado el 15 de 09 de 2016, de CORPORACIÓN UNIVERSITARIA LASALLISTA. PROGRAMA DE INDUSTRIAS PECUARIAS CALDAS.
- Schroeder, H. (1999). Fisiopatología reproductiva de la vaca. En H. Schroeder. Editorial Celsus.
- Serpa, V., Ocho, R., & Galarza, D. (2015). *Revista de Producción Animal*. Obtenido de Comparación entre la inseminación artificial con deposición intracornual y deposición en el cuerpo del útero en novillas Holstein-Friesian. Universidad de Cuenca.: [file:///C:/Users/Portatil/Downloads/1316-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1462-1-10-20170601%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Portatil/Downloads/1316-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1462-1-10-20170601%20(1).pdf)
- Serrano, J. (2009). *Ecografía: Sexaje fetal*. Obtenido de PROSEGAN: <http://jairoserano.com/2009/06/ecografia-sexaje-fetal/>
- Soto, E., & Perea, F. (2002). *Revista Científica*. Obtenido de resultado de la inseminación bicornual sobre la fertilidad al: <file:///C:/Users/Portatil/Downloads/14898-15407-1-PB.pdf>
- Suarez, A. M. (2015). Eficiencia de la Inseminación Artificial al primer servicio por la técnica trasvaginal en hembras bovinas de la Hacienda El Prad. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Técnica de Ambato*, 123 p. Cevallos, Ecuador. Recuperado el 07 de 2016, de

- <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18363/1/Tesis%2032%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20350.pdf>
- Sumano, H., & Ocampo, L. (2006). *Farmacología Veterinaria* (tercera ed.). Mexico: Interamericana. Recuperado el 2018
- Torres, M. (2000). *La ecografía como medio diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/36-ecografia\\_reproduccion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/36-ecografia_reproduccion.pdf)
- Villaroel, J., Cabrera, H., Vielma, J., & Yajayra, Á. (2017). 2 *La inseminación artificial en bovinos como estrategia de enseñanza a los estudiantes de la ETARN Mesa Cerrada Timotes, estado Mérida*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/317640968\\_LA\\_INSEMINACION\\_ARTIFICIAL\\_EN\\_BOVINOS\\_COMO ESTRATEGIA\\_DE\\_ENSEANZA\\_A\\_LOS\\_ESTUDIANTES\\_DE\\_LA\\_ETARN\\_MESA\\_CERRADA\\_TIMOTES\\_ESTADO\\_MERIDA](https://www.researchgate.net/publication/317640968_LA_INSEMINACION_ARTIFICIAL_EN_BOVINOS_COMO ESTRATEGIA_DE_ENSEANZA_A_LOS_ESTUDIANTES_DE_LA_ETARN_MESA_CERRADA_TIMOTES_ESTADO_MERIDA)
- Yanzaguano, C. A. (2013). Evaluación de la tasa de preñez utilizando la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) a 0 - 10 - 20 horas post aplicar el protocolo de sincronización Ovsynch. *Tesis Med Veterinario Zootecnista*, 74. Cuenca, Ecuador. Recuperado el 07 de 2016, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5536/1/UPS-CT002769.pdf>
- Yunga, E. S. (2013). Efecto de la Hormona Gonadotropina Corionica Equina (eCG) en la maduración folicular en bovinos con su cria al pie. *Mg. Tesis Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca*, 94 p. Cuenca, Ecuador. Recuperado el 24 de junio de 2016, de EFECTO DE LA HORMONA GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA (ecg) EN LA MADURACION FOLICULAR EN BOVINOS CON SU CRIA AL PIE: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3413/1/tesis.pdf>
- Zalapa, A. (2009). *Ergonomix*. Obtenido de Estimación del peso vivo de los bovinos en el Municipio de Nocupetaro, a través del perímetro torácico, abdominal y la longitud corporal: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/estimacion-peso-vivo-bovinos-t27952.htm>

## 9. ANEXOS

### TABLAS DE CONTINGENCIA

**Tabla de contingencia. Tipo de inseminación artificial \* Estado gestacional**

		Estado gestacional		Total	
		Gestación Negativa	Gestación Positiva		
Tipo de Inseminación Artificial	Inseminación Artificial Convencional	Recuento	4	1	5
		Frecuencia esperada	2,5	2,5	5,0
	Inseminación Artificial Profunda	Recuento	1	4	5
		Frecuencia esperada	2,5	2,5	5,0
Total		Recuento	5	5	10
		Frecuencia esperada	5,0	5,0	10,0

### Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tipo de Inseminación Artificial * Estado gestacional	10	1,0	0	,0	10	1,0

### Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3,600	1	,058		
Corrección por continuidad	1,600	1	,206		
Razón de verosimilitudes	3,855	1	,050		
Estadístico exacto de Fisher				,206	,103
Asociación lineal por lineal	3,240	1	,072		
N de casos válidos	10				

## ANOVA DE UN FACTOR

## Descriptivo.

## Tipo de inseminación artificial

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Gestación Negativa	5	1,20	,447	,200	,64	1,76	1	2
Gestación Positiva	5	1,80	,447	,200	1,24	2,36	1	2
Total	10	1,50	,527	,167	1,12	1,88	1	2

## Prueba de homogeneidad de varianzas

## Tipo de Inseminación Artificial

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,000	1	8	1,000

## ANOVA

## Tipo de Inseminación Artificial

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,900	1	,900	4,500	,067
Intra-grupos	1,600	8	,200		
Total	2,500	9			

## Pruebas robustas de igualdad de las medias

## Tipo de Inseminación Artificial

	Estadística	gl1	gl2	Sig.
Welch	4,500	1	8,000	,067

## ANOVA DE UN FACTOR

## Descriptivos

## Tipo de Inseminación Artificial

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Gestación Negativa	5	1,20	,447	,200	,64	1,76	1	2
Gestación Positiva	5	1,80	,447	,200	1,24	2,36	1	2
Total	10	1,50	,527	,167	1,12	1,88	1	2

### Prueba de homogeneidad de varianzas

#### Tipo de Inseminación Artificial

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,000	1	8	1,000

### ANOVA

#### Tipo de Inseminación Artificial

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,900	1	,900	4,500	,067
Intra-grupos	1,600	8	,200		
Total	2,500	9			

### Pruebas robustas de igualdad de las medias

#### Tipo de Inseminación Artificial

	Estadística	gl1	gl2	Sig.
Welch	4,500	1	8,000	,067

### PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS

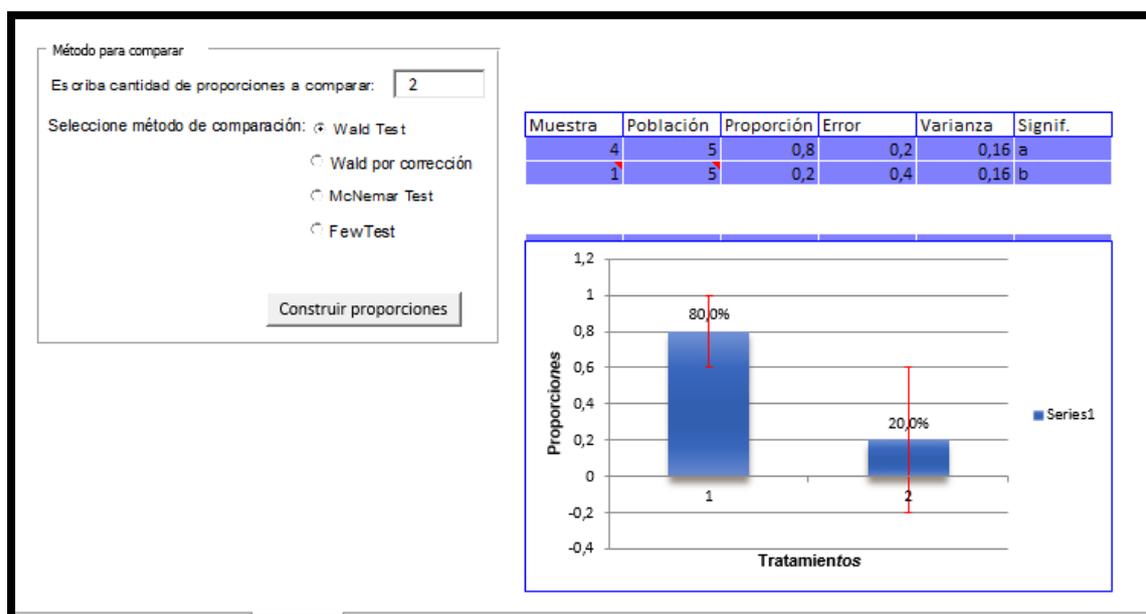
#### Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Estado gestacional	10	,50	,527	0	1

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

N	Estado gestacional	
	Media	Desviación típica
Parámetros normales a,b	,50	,527
Diferencias más extremas	Absoluta	,329
	Positiva	,329
	Negativa	-,329
Z de Kolmogorov-Smirnov	1,039	
Sig. asintót. (bilateral)	,230	

#### *Anexo I. Análisis de varianza ADEVA (ANOVA)*



*Anexo 2. Test de comparación de proporciones. Compa ProWin 2.0 .1*

### Correlación de Pearson

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Edad	Peso	10	0,35	0,3237
Edad	Condición Corporal	10	0,21	0,5643
Edad	Índice de Concepción y Gestación	10	0,08	0,827
Peso	Condición Corporal	10	0,11	0,7531
Peso	Índice de Concepción y Gestación	10	0,04	0,919
Condición Corporal	Gestación	10	-0,6	0,065

**Anexo 3.** Comparación de variables mediante correlación



*Anexo 4. Determinación de la CC 3, mediante la observación*



*Anexo 5. Chequeo ginecológico para determinar su estado de salud*





*Anexo 6. Selección e identificación de las unidades experimentales*



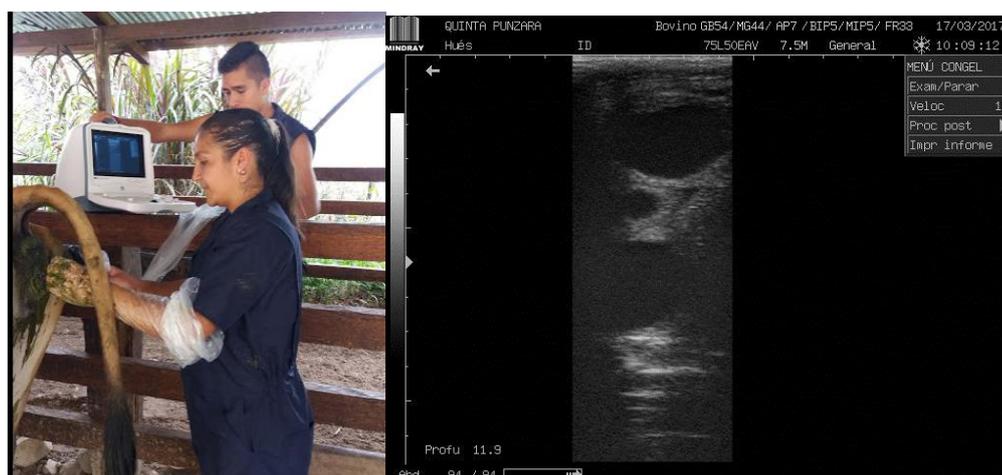
*Anexo 7. Aplicación de implantes DIB + BE*



*Anexo 8. Retiro de implante DIB en las unidades experimentales*



*Anexo 9. Aplicación de la inseminación artificial convencional*



*Anexo 10. Chequeo ecográfico a los 39 días post inseminación*



*Anexo 11. Hembra bovina gestante.*