



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIAS**  
**MODALIDAD SEMIPRESENCIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**EFFECTO DE SINCRONIZACIÓN BAJO LA APLICACIÓN DE BENZOATO DE  
ESTRADIOL MÁS IMPLANTE Y PROSTAGLANDINA, EN VACONAS  
HOLSTEIN EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS CANTÓN ESMERALDAS  
PARROQUIA SAN MATEO**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO

**AUTOR:**

MÁRQUEZ ROA ANTONINO HERNÁN

**DIRECTOR:**

ING. ORLY FERNANDO CEVALLOS FALQUEZ, M.Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

**2015**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **ANTONINO HERNÁN MÁRQUEZ ROA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**ANTONINO HERNÁN MÁRQUEZ ROA**

## **CERTIFICACIÓN**

El suscrito, **ING. ORLY FERNANDO CEVALLOS FALQUEZ, M.Sc.**, Docente de Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Egresado: **ANTONINO HERNÁN MÁRQUEZ ROA**, realizó la tesis previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria, Titulada: **EFFECTO DE SINCRONIZACIÓN BAJO LA APLICACIÓN DE BENZOATO DE ESTRADIOL MÁS IMPLANTE Y PROSTAGLANDINA, EN VACONAS HOLSTEIN EN LA PARROQUIA SAN MATEO, CANTÓN ESMERALDAS, PROVINCIA DE ESMERALDAS**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con la disposición reglamentaria establecida para el efecto.

---

**ING. ORLY FERNANDO CEVALLOS FALQUEZ, M.Sc.**  
**DIRECTOR DE TESIS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA  
MODALIDAD SEMIPRESENCIAL  
CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TEMA:**

**EFFECTO DE SINCRONIZACIÓN BAJO LA APLICACIÓN DE BENZOATO DE  
ESTRADIOL MÁS IMPLANTE Y PROSTAGLANDINA, EN VACONAS  
HOLSTEIN EN LA PARROQUIA SAN MATEO, CANTÓN ESMERALDAS,  
PROVINCIA DE ESMERALDAS**

**AUTOR:**

**MÁRQUEZ ROA ANTONINO HERNÁN**

Presentado al Comité Técnico Académico y Administrativo como  
requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Aprobado:**

---

**DR. JOSÉ ROMERO ROMERO, M.Sc.**  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

**ING. ZOOT. RONALD CABEZAS CONGO**  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

**ING. GUIDO ALVAREZ P., M.Sc.**  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2015**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por permitir terminar mis estudios, de manera especial; además, dejo en constancia mi más sincero agradecimiento.

A las Autoridades de la Universidad.

Ing. Roque Luís Vivas Moreira, M.Sc. Rector saliente de la UTEQ, por su misión en beneficio de la Colectividad Universitaria.

Ing. Guadalupe Del Pilar Murillo Campusano, M.Sc. Vicerrectora Académica de la UTEQ, por su trabajo diario y constante que ha obtenido sus resultados en favor de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria modalidad Semi-Presencial. A la Ing. Dominga Rodríguez A. M.Sc. Director de la Unidad de Estudios a Distancia, por su trabajo arduo y responsabilidad a favor de la población estudiantil.

Al Ing. Orly Cevallos, M.Sc. Quién con sus conocimientos y capacidad ha sabido guiarme en el desarrollo y culminación de mi tesis, además de su aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación profesional. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos. De manera especial a los señores miembros del tribunal, por sus valiosos aportes en el presente documento.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud, también al dueño de la propiedad la Flamingo, donde realicé mi investigación, al señor Sergio Lanotty, por su amistad y colaboración en esta investigación, y por último a mis compañeros del paralelo Tachina "AB" en Ingeniería Agropecuaria.

**Gracias**

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño.

Dedico, esta tesis con todo mi cariño y amor a mis padres José Márquez, Mariana Roa, que hicieron toda mi vida para que yo pudiera realizar mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentí que el camino se me terminaba, y porque son y serán el pilar de toda mi vida.

A mi esposa Lourdes Carvajal e hijo Luís Márquez, por su paciencia y comprensión, que prefirieron sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío, por sus bondades y sacrificio me inspiraron a ser mejor, gracias por estar siempre a mi lado.

A mis hermanos, Antonio, José, Diana, Rene, Roxana, Mariuxi, Erick, quienes me apoyaron y alentaron para que continuara cuando parecía que me iba a rendir.

Para ellos, es esta dedicatoria de tesis, pues a ellos a quienes se los debo todo por su apoyo incondicional.

ANTONINO H. MÁRQUEZ ROA

## Índice

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS</b>	i
<b>CERTIFICACIÓN</b>	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b>	v
<b>DEDICATORIA</b>	vi
<b>ÍNDICE</b>	vii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	ix
<b>CUADROS DEL ANEXO</b>	xi
<b>FIGURAS DEL ANEXO</b>	xii
<b>RESUMEN</b>	xiii
<b>ABSTRACT</b>	xiv
<b>CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
1.Introducción	1
1.1.Objetivos	2
1.1.1.Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2.Hipótesis	2
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Inseminación Artificial en Bovinos	4
2.1.1. Anatomía del aparato reproductor femenino	5
2.1.1.1. Ovarios	6
2.1.1.2. Oviductos o trompas de Falopio	6
2.1.1.3. Útero o matriz	6
2.1.1.4. Vagina	6
2.1.1.5. Vulva	7
2.1.2. Ciclo estral bovino	7
2.1.2.1. Proestro	7

2.1.2.2. Estro, celo o calor	7
2.1.2.3. Metaestro	8
2.1.2.4. Diestro	8
2.1.3. Detección de celos	8
2.1.3.1. Signos de celo	9
2.1.3.2. Momento oportuno para inseminar	9
2.1.3.3. Sincronización de celos	9
2.1.4. Métodos de inseminación artificial	10
2.1.4.1. Inseminación con pastilla	10
2.1.4.2. Inseminación con pajuela	11
2.1.4.3. Costo de una preñez mediante inseminación artificial	12
2.1.4.4. Costo de una preñez con toro	12
2.1.5. Factores que afecta a la reproducción	12
2.1.5.1. Pubertad	12
2.1.5.2. Formación de folículos germinales en la vaca	14
2.1.5.2.1. Dinámica Folicular durante el ciclo estral	14
2.1.5.2.2. Endocrinología del desarrollo folicular	15
2.1.5.3. Ovulación	15
2.1.5.4. Regulación neuro-endocrina de los procesos reproductivos	18
2.1.5.4.1. Eje hipotalamo-hipofisario. (GnRH)	18
2.1.5.4.2. Hipófisis y gonadotropinas	18
2.1.5.4.3. Hormonas gonadales y otras hormonas	19
2.1.5.4.3.1. Esteroides gonadales	19
2.1.5.4.3.2. Estrógenos	19
2.1.5.4.3.3. Progesterona	20
2.1.5.4.3.4. Inhibina	21
2.1.5.4.3.5. Prostaglandina	22
2.1.5.4.3.6. Relaxina	22
2.1.6. Programa con progestágenos	23
2.1.7. Sincronización con Prostaglandina $PG_{2\alpha}$	24
2.1.7.1. Control del estro con Prostaglandina $F_{2\alpha}$ ( $PGF_{2\alpha}$ )	24
2.1.8. Sincronización Con Progestágenos Y AGFA	25

2.1.9. Sincronización con Benzoato de Estradiol	26
---	----

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Materiales y Métodos	29
3.1.1. Localización y duración del experimento	29
3.1.2. Datos meteorológicos del sitio experimental	29
3.1.3. Materiales y equipos	29
3.1.3.1. Materiales	29
3.1.3.2. Equipos	30
3.1.4. Diseño experimental y modelo matemático	30
3.1.5. Prueba Estadística	32
3.1.6. Datos registrados y métodos de evaluación	32
3.1.6.1. Tasa de efectividad de la sincronización (%)	32
3.1.6.2. Tasa de efectividad de la inseminación (%)	32
3.1.6.3. Análisis económico	32
3.1.7. Manejo del Experimento	33
3.1.7.1. Selección de vientres	33
3.1.7.2. Preparación de los animales	33
3.1.7.3. Aplicación de los tratamientos	33
3.1.7.4. Inseminación de los animales	34
3.1.7.5. Detección de preñez	34

### **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.1. Tasa de efectividad de la sincronización (%)	36
4.1.2. Eficacia de efectividad de la inseminación (%)	36
4.1.3. Análisis económico (\$)	37

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

5.1. Conclusiones y Recomendaciones	40
5.1.1. Conclusiones	40
5.1.2. Recomendaciones	41

## **CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA**

### 6.1. Literatura Citada

43

## **CAPÍTULO VII. ANEXOS**

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Dosis de Benzoato de Estradiol (BE) en ml antes y después del progestágeno	26
2	Condiciones meteorológicas en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014	29
3	Estructuración de los tratamientos	30
4	Adeva del experimento efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014	31
5	Promedios de la tasa de efectividad de la sincronización de celo <b>(TEC)</b> y Tasa de efectividad de la inseminación <b>(TEI)</b> en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014	37
6	Análisis económico en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014	38

## CUADROS DEL ANEXO

Cuadro		Página
1	Análisis de varianza de la variable tasa de efectividad de la sincronización de celo (TEC) en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014	49
2	Análisis de varianza de la tasa de efectividad de la inseminación (TEI) en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014	49

## FIGURAS DEL ANEXO

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Esquema de los órganos genitales de la vaca	50
2	Implantes que conformaron parte de los tratamientos	50
3	Antonino Márquez seleccionando pajuelas para el trabajo experimental	51
4	Antonino Márquez realizando la inseminación artificial	51
5	Detección de preñez mediante el uso del ecógrafo	52

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se realizó en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia Esmeraldas en la costa ecuatoriana a una altura de 24 msnm Y geográficamente a N 0° 50' y W 79° 45'. Como material genético se evaluaron 18 vacas Holstein, con el objeto de medir el efecto de la aplicación para sincronización de benzoato de estradiol, más implante y prostaglandinas y establecer la relación costo beneficio entre los distintos tratamientos. Se estudiarán tres tratamientos: T1. Benzoato de estradiol más implante, T2. Prostaglandina más implante y T3. Prostaglandina más benzoato más implante. Los tratamientos estuvieron distribuidos mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis observaciones y cada observación estuvo conformada por una vaca. Las variables estudiadas fueron: Tasa de efectividad de la sincronización de celo (TEC) y Tasa de efectividad de la inseminación (TEI). En cuanto a la primera variable todos los tratamientos resultaron estadísticamente iguales, sin embargo, la mayor Tasa de efectividad de la inseminación (TEI) la presentó el T3. Prostaglandina benzoato de estradiol más implante con el 100%, también resultó el más rentable con un costo por vaca preñada de \$ 40 por vaca preñada, lo cual se constituyó en una tecnología recomendada en ganaderías de la zona de Esmeraldas.

Palabras clave: Holstein, Benzoato de estradiol y Prostaglandina.

## ABSTRACT

This research was conducted in the parish of San Mateo, canton Esmeraldas, Esmeraldas province on the Ecuadorian coast to a height of 24 meters to N 0 ° 50 'W and 79 ° 45'. As genetic material 18 vaconas Holstein were evaluated in order to assess the effect of the application synchronization estradiol benzoate plus implant and prostaglandins and establish the cost benefit between treatments. T1: Three treatments were evaluated. More implant estradiol benzoate, T2. More implant prostaglandin and T3. Prostaglandin more more benzoate implant. The treatments were distributed in a complete randomized design (CRD) with six observations and each observation was made up of a cow. The variables studied were: effectiveness rate of estrus synchronization (TEC) and success rate of insemination (TEI). Regarding the first variable all treatments were statistically equal, however, the highest rate of effectiveness of insemination (TEI) was presented by T2. More implant 100%, prostaglandin was also the most profitable a pregnant cow cost \$ 40 per pregnant cow, which was incorporated in a recommended herds in the area of Esmeraldas technology.

Key words: Holstein, Benzoato de estradiol y Prostaglandina.

**CAPÍTULO I.**  
**MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los más grandes problemas que enfrenta la producción ganadera de carne y de leche en nuestro país, es la sincronización de celos acompañados de bajas tasas de fertilidad, ocasionados por la variabilidad genética que existen dentro de sus hatos. Para lo cual existen en la actualidad una gran cantidad de tratamientos disponibles para la sincronización de vacas con cría, vaquillonas o vacas secas (tanto en ganado de carne como de leche). Básicamente en todos ellos se incluye la utilización de un dispositivo intravaginal con progesterona (DIB, Syntex), que se utiliza para mantener altos niveles circulantes de esta hormona durante su permanencia en vagina, y de esta manera se logra controlar el momento del celo y la ovulación, así también existen algunos métodos que sirven como complemento en la inducción y sincronización de celo, uno de ellos es el Benzoato de Estradiol, es un derivado sintético de  $17 \beta$  Estradiol, hormona esteroidea sintetizada por el folículo ovárico.

La mayoría de los productos con los que se cuenta en la actualidad son eficientes, obteniéndose porcentajes de preñez de alrededor del 50 %, en el caso de los rodeos de carne, y del 40 a 45 % en rodeos de leche y son desarrollados para optimizar los resultados reproductivos de los tratamientos con progestágenos en bovinos, estos métodos no son utilizados de manera práctica en el país, posiblemente por la logística requerida, los costos o, simplemente, por el desconocimiento de los mismos.

Por esta razón, en la presente investigación se decidió evaluar el efecto de tres tratamientos: T1 = benzoato más implante, T2 = prostaglandina más implante y T3 = prostaglandina más benzoato, sobre la capacidad reproductiva de vacas HOLSTEIN, parroquia San Mateo cantón Esmeraldas.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1 General**

Evaluar el efecto de la aplicación para sincronización de benzoato de estradiol, más implante y prostaglandinas, en vaconas Holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia Esmeraldas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar los porcentajes de fertilidad a tiempo fijo en la inseminación artificial.
- Establecer la eficacia de cada uno de los implantes en la sincronización de celo en las vaconas Holstein.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

## **1.2. Hipótesis**

La aplicación para sincronización de benzoato de estradiol, más implante y prostaglandinas en vaconas Holstein, aumenta el porcentaje de preñez del ganado vacuno de manera eficiente.

**CAPÍTULO II.**  
**MARCO TEÓRICO**

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Inseminación Artificial en Bovinos

Desde 1985, el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador ha promovido prácticas mejoradas agroforestales en las áreas abiertas por la colonización de la selva baja amazónica. Estas prácticas incluyen el manejo de la regeneración natural de especies de madera tropical en sistemas agrosilvopastoriles, con plantaciones de café robusta (*Coffea canephora* var *robusta*) y asociaciones de gramíneas del género *Brachiaria*, y leguminosas forrajeras como *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Esta investigación se orientó a evaluar *ex-ante* la viabilidad técnica y factibilidad económica de estas prácticas que sirven de base para la actividad ganadera (**Ramírez et al., 2000**).

En los últimos años se han centrado esfuerzos en el mejoramiento de las razas bovinas; y con ello, las tecnologías involucradas en este proceso, ya que existen muchos cruces en el ganado, convirtiendo esto en un problema de genética, ya que la producción de ganado vacuno ha variado su producción en sí. La inseminación artificial, una técnica de reproducción que surgió en la edad media, cuando unos árabes introdujeron un puñado de pelos llenos de semen en la vagina de una yegua y al pasar el tiempo, éstos descubrieron que esta yegua estaba preñada, con lo cual dedujeron que era posible introducir manualmente el semen del animal a una vagina (**Robson et al., 2004**).

La Inseminación Artificial, como práctica zootécnica, asegura un alto índice en la procreación del ganado vacuno de alta calidad, y constituye un medio eficaz para mejorar la ganadería y su uso puede extenderse no sólo para aumentar la producción de un hato, sino de toda una región, por cuanto con ella se previene y controla la propagación de enfermedades transmitidas exclusivamente por vía genital o de otras que contaminan en forma indirecta los instrumentos genitales de la hembra y el macho (**Solano Y Ramonez, 2013**).

La Inseminación Artificial (I.A.), es un método de reproducción en el que obtiene del semen del macho para introducirlo posteriormente en el sistema genital de la hembra por medio de unos instrumentos especiales. En este sistema no existe contacto directo entre el macho y la hembra (**Evans Y Maxwell citados por Robson et al., 2004**).

La inseminación artificial puede definirse como la biotecnología para la aplicación de semen en el tracto genital de una hembra en el momento efectivo para la fecundación. Respecto al origen de la inseminación artificial (IA), existen historias indocumentadas de la obtención por los Árabes de esperma, a partir de yeguas servidas pertenecientes a grupos rivales, y su uso en la inseminación sus propias yeguas (**Giraldo, 2007**).

Según **Foote (2002)**, un crecimiento fenomenal de la inseminación artificial en bovinos lecheros, ocurrió en los años 40 en los Estados Unidos, cuyos procedimientos desarrollados fueron establecidos mundialmente. Desde entonces, la IA ha sido utilizada como el principal vehículo para dispersar rápidamente genes de valor dentro de la población, con el fin de mejorar la calidad genética de los hatos.

Es muy importante que, antes de comenzar la Inseminación, un Veterinario realice un examen ginecológico (mediante palpación rectal) de las hembras que van a recibir servicio, con el fin de separar del plantel a los animales con escaso desarrollo genital, preñeces por robo y/o anomalías en el tracto reproductivo. Los objetivos de la inseminación artificial son: mejoramiento genético, prevención de enfermedades venéreas, facilidad del parto y económico (**Evans Y Maxwell citados por Robson et al., 2004**).

### **2.1.1. Anatomía del aparato reproductor femenino**

El aparato genital de la hembra bovina formado por los ovarios y un sistema de órganos tubulares: oviducto, útero y vagina. La parte posterior del tracto sexual,

vestíbulo vaginal y vulva, representan conductos comunes de los sistemas genitales y urinario, por lo que se denominan urogenitales (Figura 1 del Anexo).

**2.1.1.1. Ovarios.-** Tiene una doble función, producir óvulos maduros y segregar hormonas sexuales. Cada hembra posee dos ovarios que se encuentran ubicados a los costados de los cuernos uterinos. En la vaquillona los ovarios se encuentran en la cavidad pelviana junto al útero, son muy pequeños, como el tamaño de un maní. En la vaca adulta se encuentran en la cavidad abdominal y miden 3 a 4 cm, como un huevo de paloma (**Giraldo, 2007**).

**2.1.1.2. Oviductos o trompas de Falopio:** Son dos tubos finos y flexuosos de 20 a 35 cm de largo, que comunica el útero con los ovarios. Es el lugar, donde se realiza la fecundación (unión del óvulo con el espermatozoide).

**2.1.1.3. Útero o matriz:** Es el órgano, donde se desarrolla el feto. Está constituido por tres partes, de adelante hacia atrás son:

**Cuernos:** Son dos tubos que se comunican por delante con los oviductos y por detrás con el cuerpo uterino. Tiene la forma de cuerno de carnero y miden de 25 a 40 cm. En las vaquillonas, se ubican en la cavidad pelviana y en la vaca que ha gestado, en la cavidad abdominal, cuerpo: se encuentra inmediatamente, por detrás de la unión de los cuernos uterinos, su longitud es de 2 a 3 cm (**Robson et al., 2004**).

**Cuello o cérvix:** Es un cilindro situado en el piso de la cavidad pelviana. Sus paredes son más gruesas y rígidas, adquiriendo una consistencia dura que la diferencia claramente del resto del útero. Mide de 8 a 10 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho. En vacas cebú, es común encontrar cuellos del doble de dicho tamaño.

**2.1.1.4. Vagina:** Se extiende, por detrás del cuello uterino hasta la vulva y mide de 15 a 30 cm. En su porción anterior se observa la flor radicada u hocico de tenca, en forma de cráter con bordes festoneados y estrías, que es la prolongación intravaginal del cuello uterino. En el piso de la parte posterior de la vagina, se encuentra una bolsita denominada divertículo suburetral e

inmediatamente por delante del mismo, se halla la desembocadura de la uretra **(Villa et al 2007)**.

**2.1.1.5. Vulva:** Forma el orificio sexual externo y se compone de dos labios. Inmediatamente por delante de la unión de los labios, en el piso vulvar, se encuentra el clítoris, que constituye un vestigio del pene **(Giraldo, 2007)**.

### **2.1.2. Ciclo estral bovino**

Manifiesta, que el ciclo estral comienza con el inicio de un celo y termina aproximadamente 21 días más tarde al comenzar el próximo celo. El ciclo estral es interrumpido solamente por la preñez y se reanuda aproximadamente 21 a 28 días después del parto **Villa et al., (2007)**.

La vaca es poliéstrica anual, lo que significa que presenta celo a lo largo de todo el año. Cuando la vaca esta en anestro no cicla ni presenta celo. Las causas principales de anestro son: preñez, mala nutrición, determinados procesos patológicos. El ciclo estral dura 21 +- 4 días, 60% de las vacas tienen un ciclo que varía de 17 a 25 días. El ciclo se divide en proestro, estro, metaestro y diestro **(O'Connor, 2003)**.

**2.1.2.1. Proestro:** Dura de 2 a 3 días. Se caracteriza por un aumento en la liberación de hormona folículo estimulante (FSH) que actúa a nivel del folículo ovárico para producir su maduración. El folículo maduro es una ampolla con líquido que mide 1,5 a 2 cm de diámetro y contiene el óvulo en su interior **(Andino, 2003)**.

**2.1.2.2. Estro, celo o calor:** Dura un promedio de 18 horas, variando de 12 a 24. En este período se manifiestan los signos de celos, que se deben al aumento en la producción de estrógenos por las paredes de los folículos. En este período los folículos alcanzan su maduración o total **(Bearden y Páez, 2012)**.

**2.1.2.3. Metaestro:** Dura de 2 a 3 días. En este período y entre 6 y 12 horas de terminado el celo ocurre la ovulación (en animales Británicos) y de 22 a 30 horas de iniciado el celo en vacas indicas. Este proceso se caracteriza por la liberación del óvulo por la rotura del folículo. La hormona luteinizante (LH) es la responsable de la ovulación **(Orisaka et al., 2006) (O'Connor et al., (2013).**

**2.1.2.4. Diestro:** Dura de 14 a 17 días. Se caracteriza por una quietud sexual. En este período se forma el cuerpo lúteo a partir de la transformación del folículo que ha ovulado. El cuerpo lúteo es el responsable de la producción de progesterona, que es la hormona responsable de mantener la preñez **(Roche et al., 2000 y Reiser y Maldonadp 2000).**

### **2.1.3. Detección de celos**

La detección de celos, es el cuello de botella de los programas de Inseminación Artificial. Este trabajo debe estar a cargo del personal más competente y de confianza del establecimiento. Se debe realizar dos apartes diarios de 1 hora de duración cada uno, el primero a la mañana bien temprano, el otro a última hora de la tarde. Esto es porque la mayoría de las vacas presentan celo de noche. Lo más conveniente es que el detecta celos sea el inseminador. Para 500 animales son suficientes 3 o 4 buenos detectores de celos **(Rubiano, 2009).**

Las vacas que se detectan a la mañana se inseminan a la tarde (entre 8 a 12 horas después del aparte) y las detectadas a la tarde a la mañana siguiente (en vacas Británicas). En vacas Indicas y Cruzas Indicas, la inseminación es inmediatamente a la detección. Facilita la detección el hecho de que se forma un grupo sexualmente activo. Este grupo se aísla del rodeo y está constituido por vacas que están en celo, la que entren las próximas 12 horas y las que han finalizado recientemente su período de celo **(Páez, 2012).**

### 2.1.3.1. Signos de celo

- El síntoma más seguro, es que el animal se deja montar, se queda quieto, no camina. La que está en celo es la que está abajo, no la que está arriba.
- Pueden ocurrir montas desorientadas, por la cabeza.
- Al ser montada con frecuencia se observa que tiene la encoladura pelada, como si lo hubiesen raspado.
- También, se observa peladuras al costado de la cadera. En días lluviosos se nota barro en la grupa.
- La vulva esta hinchada, enrojecida y pierde sus pliegues, alisándose.
- Por la vulva, cae un líquido parecido a la clara de un huevo. Este moco se esparce con los movimientos de la cola, formando costras y pegando los pelos de los alrededores al secarse.
- La vaca está muy intranquila, muge frecuentemente y come poco. Se aísla del rodeo.
- Se producen movimientos rítmicos del ano (**Roche et al., 2000**).

### 2.1.3.2. Momento oportuno para inseminar

El mejor momento para inseminar a la hembra, es después de 9 horas de iniciado el celo hasta 6 horas después de finalizado. Esto se debe a:

- El óvulo es liberado alrededor de 10 hs de terminado el celo.
- Una vez liberado, el óvulo vive de 6 a 10 hs.
- La vida del espermatozoide en el tracto genital de la vaca es de 24 hs.
- El espermatozoide, antes de poder fecundar al óvulo, tiene que capacitarse en el aparato genital femenino, proceso que dura de 4 a 6 hs (**Colazo et al., 2007**).

### 2.1.3.3. Sincronización de celos

**Páez (2012)**, menciona que en realidad consiste en una sincronización de luteolisis; para su correcta realización hay que tener en cuenta cuatro cosas:

- Los animales han de presentar una ciclicidad ovárica normal; esto planteará problemas en el caso de las novillas.
- Para sincronizar a un grupo de animales es necesario realizar dos aplicaciones separadas 10 ó 12 días entre sí (el motivo es que, al recibir la primera dosis, cada animal estará en una fase distinta del ciclo estral). Así se logra una alta efectividad en la Inducción del estro hasta un 90 % y 80 % en novillas y vacas respectivamente.
- Es necesario realizar una doble inseminación, a las 72 y a las 96 horas tras la última inyección, a causa de las variaciones que existen entre animales en cuanto al tiempo que pasa entre la última dosis y la salida en celo (este tiempo puede oscilar entre 3 y 5 días), con este sistema se ha logrado un 91% de fertilidad en novillas.
- A pesar de seguir, correctamente este protocolo siempre hay que esperar que entre un 20 y un 30% de los animales no se sincronicen.

#### **2.1.4. Métodos de inseminación artificial**

##### **2.1.4.1. Inseminación con pastilla**

Las pastillas son semejantes a una lenteja, son producidas por goteo del semen diluido sobre la superficie de un bloque de hielo seco. Tienen un volumen de 0.12 ml. Entre las ventajas que presenta este método está comprobado que: **(Robson et al., 2004)**.

- Son fáciles y económicas de producir.
- Costo de almacenamiento barato por su pequeño tamaño.

Entre sus desventajas tenemos que:

- Falta de identificación.
- Peligro de contaminación por no poseer cubierta.

- Hay que rediluírlas antes de inseminar.

#### **2.1.4.2. Inseminación con pajueta**

La pajueta, es un pequeño cilindro plástico con un volumen de 0,25 a 0,59 ml, que contiene la dosis de semen diluido. Entre las ventajas del uso de este método tenemos: **(Robson et al., 2004)**.

- Perfecta identificación individual.
- Envase inviolable.
- No se diluye antes de inseminar.
- No hay peligro de contaminación.

Entre las desventajas del uso tenemos:

- Mayores costos de mantenimiento y elaboración.
- Se necesita mayor infraestructura para su elaboración.

La técnica de inseminación con pajueta consta de los siguientes pasos a seguir:

- Preparar y verificar que el agua del termo para descongelar este a 35 – 37 °C.
- Llenar el gobelet con el agua a 35 – 37 °C y controlar que esté correctamente suspendido en el interior del termo de descongelación.
- Levantar el canastillo sin sobrepasar el cuello del termo.
- Extraer rápidamente con la pinza la pajueta que contiene el semen del toro elegido depositándola de inmediato en el interior del gobelet.
- Tapar el termo de descongelación y controlar que transcurra 1 minuto.
- Mientras tanto frotar la recámara de la jeringa para que se caliente.
- Transcurrido el tiempo de descongelación (1 minuto) extraer la pajueta del gobelet, secarla con papel y verificar la identidad del toro y la posición del tapón mayor.

- Llevar hacia atrás el émbolo de la jeringa aproximadamente unos 12 cm e introducir la pajuela con el tapón mayor en la recámara de la misma.
- Cortar la pajuela en forma recta, dejando salir aproximadamente 1 cm del extremo de la jeringa.
- Aplicar la vaina y asegurarla firmemente con la arandela plástica.
- Colocarse el guante protector.
- Presionar suavemente el émbolo hasta que aparezca una pequeña gota de semen, para garantizar que el depósito está correctamente armado. La jeringa está lista para ser usada.
- La pajuela con la vaina colocada debe sobresalir 1 cm de la jeringa.

#### **2.1.4.3. Costo de una preñez mediante inseminación artificial**

El valor de una dosis de semen más el servicio de IATF, multiplicado por 1.66 estimando un 60% de preñez para 200 vientres, reutilizando el CIDR, el cálculo sería de \$5 de semen + \$15 de IATF = \$20 por vaca inseminada x 60% de preñez = \$33.33 por vaca preñada (**Solano y Ramonez, 2013**).

#### **2.1.4.4. Costo de una preñez con toro.**

Tomando la amortización del capital en toros, más la sanidad, más el pastoreo y dividiéndolo por las vacas que preña un toro, cuesta \$ 18 por vaca preñada. A este costo por vaca preñada del servicio convencional hay que compararlo con el costo del IATF, más los beneficios que podemos obtener al preñar el 60% del rodeo en el primer día con la consecuente e idéntica distribución de los partos (**Solano Y Ramonez, 2013**).

#### **2.1.5. Factores que afecta a la reproducción**

##### **2.1.5.1. Pubertad**

**Orisaka et al., (2006)**, manifiesta que una vaquillona alcanza la pubertad cuando exhibe conducta sexual normal y la ovulación (descarga de un huevo

del ovario) ocurre. Al irrumpir la pubertad, las hormonas proteicas que afectan los ovarios son secretadas por la glándula pituitaria a una cadencia acelerada. Simultáneamente, los ovarios llegan a ser capaces de responder a estas hormonas, llamadas gonadotrofinas, y producen sus propias hormonas, estrógeno y progesterona. Estas hormonas esferoides son responsables del normal desarrollo folicular y de la regulación del ciclo estral. La pubertad está más estrechamente relacionada al peso corporal que a la edad. Las vaquillonas lecheras alcanzan la pubertad cuando el peso corporal es el 30 % o el 40 % del peso adulto promedio. Si se retrasa el crecimiento por baja alimentación, enfermedad, o parásitos, la pubertad se demora.

**Roche et al., (2000)**, reportan que en la activación ovárica las principales hormonas que intervienen son: Hormona GnRH (gonadotropina) segregada por el Hipotálamo que es una estructura anatómica estimulada por los efectos fisiológicos y del medio ambiente tales como, temperatura, duración luz/día, velocidad de crecimiento, peso vivo, estado nutricional, edad, raza y otros; vía portal la hormona GnRH llega a la Hipófisis (Adenohipófisis) para estimular la liberación de las hormonas LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículo estimulante); estas se dirigen hacia el ovario donde actúan de la siguiente manera: la FSH promueve la formación y maduración del folículo, ocurriendo una proliferación celular y acumulación de líquido rico en estrógenos primera hormona sexual femenina. Cuando la LH alcanza su máxima concentración en la sangre, sucede la ovulación, durante la cual, y después de ésta la LH promueve un cambio en las células de la granulosa y la teca, las que modifican su forma y se llenan de grasas que les confiere su característico color amarillo (cuerpo lúteo). A medida que las células siguen creciendo, producen la segunda hormona sexual femenina, la progesterona, la cual exhibe altos niveles en la sangre, lo que nos sirve para la cuantificación de los valores plasmáticos y así ser analizada la función ovárica. En el neonato los niveles de ésta son muy bajos; más tarde aumentan, seguidos por las máximas elevaciones de LH, al acercarse la pubertad.

El mismo autor manifiesta que durante el período prepuberal y la pubertad, la vaquilla exhibe un cambio en el nivel de LH. Ocurre una primera elevación de

LH unos 10 días antes del celo (prepuberal), y luego otra, de aproximadamente la misma magnitud, durante el estro.

### **2.1.5.2. Formación de folículos germinales en la vaca**

#### **2.1.5.2.1. Dinámica Folicular durante el ciclo estral**

**Roche *et al.*, (2000)**, manifiesta que, mediante el uso de la ultrasonografía ha sido posible confirmar que los folículos bovinos se desarrollan en ondas y que en cada ciclo estral se producen 2 o 3 ondas foliculares. Estas ondas foliculares consisten en que un grupo de folículos antrales inician un crecimiento hasta los 4 mm y a partir de allí se produce una selección de un folículo dominante, que continua con su crecimiento, mientras que los demás folículos se convierten en subordinados e inician un proceso de atresia. La emergencia de la primera onda folicular, sea en ciclos de 2 o 3 ondas, ocurre inmediatamente después de la ovulación, mientras que la segunda onda ocurre entre los días 9 o 10 en ciclos de 2 ondas y en los días 8 o 9 en ciclos de 3 ondas, con una tercera onda emergiendo en los días 15 y 16.

Investigaciones demuestran que algunos animales *Bos indicus* pueden tener ciclos con 4 ondas. En este caso la cuarta onda comienza el día 20 ó 21 y el ciclo estral dura 24 a 25 días (**Rubiano, 2009**).

**Fernández (2003)**, menciona que una onda de desarrollo folicular se puede definir como el desarrollo armónico y simultáneo de varios folículos antrales pequeños, en promedio 24 por onda con un rango de 8 a 41, funcionando a través de estadios integrados de reclutación, selección y dominancia folicular. El reclutamiento es un proceso por el que, bajo la responsabilidad de la FSH, un conjunto de folículos astrales tempranos (2-3 mm de diámetro) comienzan a crecer en un medio con suficiente soporte gonadotrófico que les permita progresar a la ovulación. La selección es un proceso por el cual un único folículo evade la atresia y adquiere competencia para alcanzar la ovulación. La dominancia es el medio por el cual el folículo seleccionado inhibe el reclutamiento de una nueva serie de folículos.

El mismo autor sostiene que el reclutamiento no ha recibido la misma atención investigativa como la dominancia folicular y la ovulación. Grupos, más que folículos aislados, son reclutados y este proceso se relaciona con cambios medibles de la FSH circulante. Factores intraováricos estimulados por la FSH están involucrados en el proceso de reclutamiento folicular y los IGF (Factores de crecimiento ligados a la insulina) y sus proteínas de enlace (IGFBP) han sido implicados en la amplificación de la acción de la FSH.

#### **2.1.5.2.2. Endocrinología del desarrollo folicular**

**Roche et al., (2000)**, reportan que las hormonas hipofisarias: Folículo estimulante (FSH) y Luteinizante (LH), son las responsables de la emergencia de las ondas foliculares y la selección de un folículo dominante.

Elevaciones de la concentración plasmática de FSH son responsables de la emergencia de una onda folicular, la que posteriormente es suprimida por productos de los folículos en crecimiento (**Castro, 2013**).

#### **2.1.5.3. Ovulación**

**Rubiano (2009)**, manifiesta que, se han demostrado determinados pasos o eventos fisiológicos que pueden explicar lo esencial de este complejo proceso, lo que se puede resumir del siguiente modo:

- Aumento de la vascularización de toda la pared folicular, excepto en el ápice del mismo donde se produce una zona avascular, representando el lugar por donde se romperá el folículo.
- Disociación de las células de la membrana granulosa, lo que se traduce o expresa en un adelgazamiento notable del grosor de la pared folicular.
- Disociación también de las células que conforman el cumulus oophorus liberándose el ovocito del macizo celular ovígeno.
- La vascularización folicular preovulatoria condiciona los cambios edemáticos en la teca externa y con ello se afecta la cohesión celular de la

misma. Participa además una fuerte acción enzimática (colagenasa y plasmina) que destruye la elasticidad del folículo, representada fundamentalmente por la teca externa.

- En el ápice del folículo, aparecen las células epiteliales, los lisosomas que con su hidrolasa destruyen las células de la túnica albugínea y las de la teca folicular.
- La pared folicular se prolapsa cónicamente produciéndose determinados abombamientos conocidos comúnmente como estigma de ovulación, lugar por donde se romperá la pared folicular.
- Poco antes de la ovulación los niveles de  $\text{PGF}_2\alpha$  y de  $\text{PGE}_2$  aumentan notablemente, participando en la contracción ovárica y folicular por lo que se produce la expulsión del ovocito. En este momento participan también la enzima que destruyen la cohesión de las fibras colágenas.

Según **Castro (2013)**, se ha comprobado por varios investigadores que los bloqueadores de la producción de  $\text{PGF}_2\alpha$  (inhibidores de su secreción como la indometacina y el ácido acetil salicílico) retardan o impiden la ovulación en este mismo sentido se ha citado a la adrenalina. Contrariamente, la cópula adelanta la ovulación varias horas, quizás esto se produzca por la descarga de oxitocina provocada por el reflejo cruzado de Ferguson, de modo que la oxitocina estimularía la producción de la cascada de la  $\text{PGF}_2\alpha$  a la cual aceleraría el proceso a causa de la contracción de la pared folicular.

Para **Orisaka et al., (2006)**, **O'Connor et al., (2013)** es ciencia constituida la importancia de la gonadotropina LH en el proceso de la ovulación, la descarga preovulatoria de esta hormona está provocada por los niveles máximos de  $\text{E}_2$  un día antes del celo lo que da lugar a que en el inicio del celo, comienzan también la descarga de LH, la cual alcanza su valor máximo de 6-10 horas más tarde. Después de la onda preovulatoria, no se detectan pulsos de LH durante 6-12 horas.

**Rubiano, (2009)**, comprobó que los niveles de  $\text{P}_4$  altos durante el periodo estral bloquean la liberación de LH con lo cual la duración del estro se

prolonga, deprimiéndose las manifestaciones de este; así mismo comprobó que la ovulación demoraba más que lo esperado, lo que influyó significativamente en la fertilidad, de modo que las hembras (novillas) que presentaron los niveles de P<sub>4</sub> suprabasales durante el estro, solamente se fecundaron en el orden del 46 %, mientras que las que presentaron niveles bajos de P<sub>4</sub> (0,45-0,5 nmol / L) durante el celo mostraron una fertilidad elevada, es decir, se gestaron el 90 %.

**Federación Colombiana de Ganaderos (2004)**, indica que paralelamente a la caída de la progesterona se incrementa la frecuencia de pulsos de la LH, al tiempo que se elevan sus niveles basales hasta de 20 a 80 veces mayores que los niveles basales durante un período de 6 - 12 horas, lo que se conoce como el pico de LH. El proceso ovulatorio se desencadena a partir del mismo, determinándose el estallido del folículo preovulatorio y la liberación del ovocito.

La ovulación, en especies como la vaca, oveja y cabra se produce unas 24 a 30 hs luego de iniciado el celo. En las especies de ovulación espontánea (vaca, oveja, cabra, yegua), la caída de la progesterona determina que se produzca una retroalimentación positiva entre la GnRH y la LH por un lado y los estrógenos por otro. Es decir, que ante cada pulso de GnRH la hipófisis responde con un pulso de LH; y el folículo responde a la LH secretando estrógenos (**Betun, 2004**).

Para **Bearden Y Páez (2012)**, los estrógenos determinan que se produzca rápidamente un nuevo pulso de LH, el que inducirá un nuevo incremento de estrógenos. A su vez, el estradiol incrementa la sensibilidad de la hipófisis a GnRH, de forma que finalmente se produce una descarga masiva de LH: el pico de LH. Actualmente se considera que los estrógenos ejercen su efecto estimulador en ambos niveles, tanto en el hipotálamo, estimulando la secreción de GnRH, como en la hipófisis, estimulando directamente la secreción de LH. Finalmente, el pico de LH determina la ruptura y luteinización del folículo, de forma que caen los niveles de estrógenos. Por tanto, el propio folículo es el que desencadena los mecanismos que lo destruirán (o sea, la ovulación). El hecho de que la progesterona sea capaz de inhibir la aparición del pico de LH al impedir que se desencadene el mecanismo de

retroalimentación positivo GnRH-LH estrógenos es importante para comprender el fundamento de las técnicas de sincronización de celos que utilizan progestinas (sustancias de acción similar a la progesterona).

#### **2.1.5.4. Regulación neuro-endocrina de los procesos reproductivos**

##### **2.1.5.4.1. Eje hipotálamo-hipofisario. (GnRH)**

**Tovio (2011)**, reporta que el eje hipotálamo-hipofisario está constituido por neuronas neurosecretoras localizadas en el hipotálamo, la glándula hipófisis o pituitaria y las glándulas y órganos blanco que se encuentran bajo su control. Debido a su estructura y función, este eje representa la conexión entre el sistema nervioso y el sistema endocrino. La interrelación entre los sistemas nervioso y endocrino se realiza mediante mediadores hormonales y puede ser entendido fácilmente si nos referimos al eje hipotálamo-hipofisario-gonadal. Hoy sabemos que este sistema es regulado por una hormona de naturaleza peptídica, denominada GnRH (Hormona Liberadora de Gonadotropinas) que es sintetizada por neuronas hipotalámicas y liberada a los vasos porta hipofisarios por donde llega a la hipófisis para estimular la secreción a la circulación general de dos hormonas hipofisarias: LH (Hormona Luteinizante) y FSH (Hormona Folículo Estimulante).

##### **2.1.5.4.2. Hipófisis y gonadotropinas**

**Betun (2004)**, reporta que la hipófisis es la principal glándula endocrina, y se la considera como el comando del sistema hormonal de los organismos. Tiene 2 grandes regiones: el lóbulo anterior (adenohipófisis) y el posterior (neurohipófisis). En los mamíferos el lóbulo anterior no contiene fibras nerviosas, no tiene contacto neural directo con el hipotálamo, comunicándose a través de un sistema vascular, el sistema porta hipotálamo-hipofisario. El lóbulo posterior está compuesto por tejido neural y se conecta por el hipotálamo por neuronas que comunican a través del pedúnculo hipotálamo-hipofisario. Entre los lóbulos anterior y posterior existe una pequeña división del lóbulo anterior, la parte intermedia.

Para el mismo autor, las principales hormonas vinculadas directamente con la reproducción secretadas por: La adenohipófisis, Prolactina, FSH y LH.

#### **2.1.5.4.3. Hormonas gonadales y otras hormonas vinculadas a la reproducción**

**Tovio (2011)**, reporta que las principales hormonas producidas por los testículos y los ovarios-progestinas, andrógenos, estrógenos, inhibina; así como otras hormonas secretadas por otros órganos pero cuya acción principal se vincula con la reproducción: prostaglandinas de origen uterino, melatonina, relaxina y lactógenos placentarios.

##### **2.1.5.4.3.1. Esteroides gonadales**

**Bearden y Páez (2012)**, reporta que los esteroides son aquellas moléculas derivadas del colesterol. Este es un lípido derivado del acetato producido en muchos tejidos del organismo, que, además de ser sustrato para la esteroidogénesis, tiene un importante rol estructural. Las hormonas asteroideas más comunes son designadas por nombres simplificadas, e.g. estradiol, testosterona, etc.

##### **2.1.5.4.3.2. Estrógenos**

**Páez (2012)**, reporta que en animales no preñados los estrógenos son secretados por folículos éntrales, mientras que en los preñados son secretados fundamentalmente por la unidad feto-placentaria. De acuerdo a una relación de volumen, los estrógenos son biológicamente más potentes que los otros esteroides. Las células tecales de los folículos en crecimiento sintetizan básicamente andrógenos y algo de estrógenos, estando dicha conversión regulada fundamentalmente por la LH. Las células granulosas del folículo en crecimiento tienen las enzimas necesarias para aromatizar los andrógenos a estrógenos. La mayoría de los andrógenos sintetizados en la célula tecal son convertidos a estrógenos por las células de la granulosa, lo que es regulado fundamentalmente por la FSH. En el folículo preovulatorio las células de la

granulosa adquieren receptores para la LH, y durante el pico peovulatorio de LH la granulosa es convertida en células sintetizadoras de progesterona, muchas respuestas tisulares importantes son estimuladas por estrógenos:

- Promueve el crecimiento de las glándulas endometriales.
- Estimulan el crecimiento de los ductos de la glándula mamaria.
- Estimulan la actividad secretoria en el oviducto.
- Estimulan la receptividad sexual.
- Frenan el crecimiento de los huesos largos.
- Promueven el anabolismo proteico.
- Tienen actividad epitelio-trófica.
- Regulan la secreción gonadotrófica.
- Estimulan el inicio de la secreción de prostaglandina.

#### **2.1.5.4.3.3. Progesterona**

**Tovio (2011)**, reporta que la progesterona como su nombre lo indica, la hormona de la preñez, es la principal secreción del cuerpo lúteo. En especies como los primates, ovinos y equinos la progesterona también es secretada por la unidad feto-placentaria en cantidades suficientes como para no ser necesaria la presencia del cuerpo lúteo a partir de la mitad de la gestación. La progesterona induce muchas respuestas, entre las que están:

- Estimular la hipertrofia de las glándulas endometriales.
- Estimular el crecimiento alveolar de las glándulas mamarias.
- Estimular la actividad secretoria del oviducto y de las glándulas endometriales.
- Estimular el comportamiento estral fuera del período normal en algunas especies (oveja y perra) en combinación con estrógenos.
- Bloquear la motilidad uterina.
- Regular la secreción de gonadotrofinas.

En el primer caso, el de la progesterona natural, tenemos el denominado PRID (dispositivo intravaginal de liberación de progesterona; dosis de 1.55 g); en

cuanto a los análogos, estos suelen aplicarse bajo la forma de implantes subcutáneos (dosis de 3 mg).

Estos productos actúan como un cuerpo lúteo exógeno, inhibiendo la secreción de gonadotropinas y, por tanto, el desarrollo folicular. Al cesar este bloqueo progestérico se producirá la liberación de las gonadotropinas y el inicio de un ciclo fértil.

Un trabajo realizado por **Soto et al.,(2000)**, en el cual evaluaron el comportamiento reproductivo en vacas mestizas cebú, utilizando progesterona P4, en seis fincas de la región occidental de Venezuela, obtuvieron tasas de celo entre el 83.30 y 95.5%, a través de la prueba Ji cuadrado.

#### **2.1.5.4.3.4. Inhibina**

**Páez (2012)**, reporta que la inhibina es una hormona proteica de origen gonadal que juega un importante rol en la regulación de la secreción de FSH. La principal fuente de inhibina en la hembra es la granulosa de los folículos en crecimiento, y en el macho son las células de Sertoli, homólogas de las de la granulosa del folículo. En ambos sexos la inhibina provoca un feed-back negativo sobre la síntesis y liberación de FSH. Esto es especialmente importante en la hembra durante la selección de los folículos dominantes, y en el macho durante la espermatogénesis activa, disminuyendo la secreción cuando la producción espermática es continua. Los patrones de secreción de la inhibina son diferentes entre los sexos porque la producción genética es diferente, cíclica en la hembra vs continua en el macho.

#### **2.1.5.4.3.5. Prostaglandina**

**Andino (2003)**, reporta que los precursores de la prostaglandinas son ácidos grasos polinsaturados; el ácido araquidónico (ácido 5, 8, 11, 14 - eicosatetraenoico), es el precursor de las prostaglandinas que intervienen en los procesos reproductivos. Desde el punto de vista reproductivo las prostaglandinas de mayor importancia son la prostaglandina F2cx (PGF<sub>2</sub>α) y la prostaglandina E2 (PGE<sub>2</sub>α). La PGF<sub>2</sub>α es liberada por el útero (en el

endometrio desde donde pasa, vía hemática, al ovario, lugar donde ejerce su acción: la luteolisis), y juega un rol importante en regular la vida del cuerpo lúteo en las especies domésticas. La regresión del cuerpo lúteo (luteólisis) es un evento clave responsable de la ciclicidad ovárica en muchas especies domésticas. El útero sintetiza  $\text{PGF}_{2\alpha}$  que induce la regresión del cuerpo lúteo. La liberación de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  es producida en pulsos durante unas horas en ovejas, cerdas, cabras, yeguas y vacas. Se propuso que la misma inhibe la secreción de progesterona por parte del cuerpo lúteo evitando la producción de AMP cíclico estimulada por la LH. También tienen un importante rol en el parto causando luteólisis (caída de la progesterona) en algunas especies e incrementa la contractilidad miométrial que indica la salida del feto.

#### **2.1.5.4.3.6. Relaxina**

**Páez (2012)**, reporta que la relaxina es sintetizada por el cuerpo lúteo de la preñez en cerdas, vacas, y mujeres, y por la unidad feto placentario en conejas, monas, yeguas y gatas. La relaxina tiene un efecto sinérgico para mantener quiescente el útero durante la gestación. También induce ablandamiento del ligamento interpubiano y de la cerviz, todo lo cual permite agrandar el canal de parto y distender el cérvix en el parto. También juega un papel en la disrupción del tejido conectivo de la pared del folículo, lo que facilita su ruptura (ovulación). La relaxina es un polipéptido de 48 aminoácidos (peso molecular = 6000) organizado en dos cadenas unidas por puentes disulfuro a través de cisteínas.

#### **2.1.6. Programa con progestágenos**

**Baruselli (2002)**, menciona los siguientes programas de sincronización del ciclo con progestágenos:

- Progesterona

La progesterona puede ser empleada para alargar artificialmente el diestro, por inyecciones oleosas diarias, debido a que se lavan rápidamente de la

circulación. Esto representa una seria limitación, sobre todo cuando se tienen que mover grupos grandes de animales **(Páez, 2012)**.

- Acetato de melengestrol (MGA)

El más común de los progestágenos usados para sincronizar el astro en hembras carniceras es el acetato de melengestrol (MGA). El MGA es una progestina sintética oralmente activa, que suprime el astro en vacas y vaquillonas cíclicas.. Cuando es suministrado al nivel de 0,5 mg/cabeza/día durante 14 días a vacas de cría y lecheras que están listas para reproducir, retrasará el celo y la ovulación hasta que al finalizar con la última alimentación de MGA, estas vacas y vaquillonas entrarán en celo como un grupo homogéneo. Si es suministrado a niveles más bajos, MGA se ha probado y exitosamente que puede ser usado para promover el crecimiento, aumentar la eficiencia de alimentos y suprimir el estro entre las vaquillonas que se engordan para carne **(Fernández, 2003)**. **(Hernández y Limas, 2003)**.

- Norgestomet (SyncroMate B)

El norgestomet es un progestágeno varias veces más potente que la progesterona. Su uso más común en el ganado, son los implantes en la oreja. El soporte del implante es un delgado tubo que con la ayuda de un aplicador, se introduce debajo de la piel de la parte externa de la oreja. Simultáneamente se inyectan 2 ml de la solución de norgestomet y valerato de estradiol.

Pueden existir razones de manejo o climáticas que impidan retirar el implante el día 9. El mismo puede ser retirado 1 o 2 días después sin perjudicar sus resultados, siempre que se insemine a los 48-54 h **(Bearden y Páez, 2012)**

- Prid y Cidr

Para **Padula y Macmillan (2006)**, el PRID es un dispositivo comercial intravaginal, consistente en una espiral de acero inoxidable recubierta con un elastómero de silicona, que sirve de soporte a 1,55 g de progesterona, la cual es uniformemente distribuida en toda su superficie y liberada lentamente a una tasa predeterminada. El dispositivo tiene adherido en su cara interna, una

cápsula de gelatina con 10 mg. de benzoato de estradiol de rápida liberación. Un cordel fijo a la placa metálica permite su retiro al finalizar el tratamiento.

### **2.1.7. Sincronización con Prostaglandina $PG_{2\alpha}$**

**Peck y Bishop (2000)**, han investigado que la prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PF_{2\alpha}$ ) causa lisis del cuerpo lúteo, por lo que su administración se utiliza entre otras cosas, para lograr la sincronización del estro y la ovulación en los bovinos. Su aplicación por vía parenteral entre los días 5 y 16 del ciclo estral, conduce a la disminución de las concentraciones de progesterona a menos de 1 ng/ml en 24 h después de la inyección; se inicia el desarrollo folicular, se elevan los niveles de estradiol y hormona luteinizante seguidos de la presentación del estro y finalmente la ovulación. El estro suele presentarse dentro de los 5 días posteriores a la aplicación de la  $PF_{2\alpha}$ .

**Bearden y Páez (2012)**, menciona que el CL es el responsable de la duración del ciclo estral y que la aparición de un nuevo ciclo no es posible mientras esta glándula permanezca activa, se puede sincronizar el estral de un determinado número de hembras mediante el suministro de progesterona o progestágenos sintéticos, los cuales inhiben la producción de nuevos ciclos.

Sin embargo, **Padula y Macmillan (2006)**, afirman que en la mayoría de los trabajos pioneros donde se utilizaron progestágenos, existe coincidencia en que el primer celo sincronizado presenta una fertilidad inferior a la normal respecto a los animales no tratados. No obstante, en el segundo celo, que también se presenta agrupado entre los 21 y 28 días después de la suspensión del tratamiento, las vacas y vaquillonas inseminadas presentan una fertilidad normal.

#### **2.1.7.1. Control del estro con Prostaglandina $F_{2\alpha}$ ( $PGF_{2\alpha}$ )**

Estos programas pueden programarse semanalmente, bi-semanalmente o mensualmente. Con este programa, todas las vacas elegibles para el servicio,

luego del período voluntario de espera (55 a 75 días) son palpadas en un día determinado de la semana (lunes, p.e.) y aquellas con CL reciben una dosis de PO y se observan para detección del celo sobre los días 2, 3, 4 y 5 pos-inyección. Las vacas que exhiben monta se inseminan apropiadamente. Las vacas sin CL detectable y aquellas inyectadas y que no presentaron celo a la primera inyección de PO, son observadas nuevamente el lunes siguiente. Este programa continúa rutinariamente, y las vacas permanecen en el programa hasta que son diagnosticadas preñadas (**Baruselli, 2002**).

Otro trabajo realizado por **Repulveda et al.,(2003)**, consistió en determinar la eficiencia de un tratamiento de sincronización de celo e inseminación artificial a tiempo fijo utilizando GnRH y PGF<sub>2</sub>α en vacas lechera frisonas al sur de Chile. Se obtuvieron como resultados tasas de preñez entre 47.5 y 50.0 % al primer servicio del GC y GS.

#### **2.1.8. Sincronización Con Progestágenos Y AGFA**

**Baruselli (2002)**, manifiesta en el protocolo se basa en que la combinación de estrógenos y progestágenos (el MGA es un progestágeno de administración oral.) induce la regresión de los folículos astrales presentes en el momento del tratamiento y sincroniza el comienzo de una nueva onda folicular. Por lo tanto, el tratamiento consiste la administración de 0.5 mg/cabeza/día de MGA durante 7 días y la administración de 5 mg de Estradiol- 17β y 100 mg de P<sub>4</sub> por vía intramuscular el primer día en que se aplica MGA. El último día de administración de MGA se aplica una dosis luteolítica de PGF. Se puede inducir la ovulación con 1 mg de EB a las 24 horas de la POE vs GnRH 54 h después de la PGF. Este esquema fue evaluado en novillas Nelore cíclicas y en anestro. Se encontró una interacción tratamiento ciclicidad debido a que los porcentajes de preñez fueron mayores en las novillas cíclicas (con un CL) tratadas con EB (55.6%, 29/52) que las tratadas con GnRH (32.9%, 17/52), pero las diferencias fueron opuestas en las que estaban en anestro. (EB=20.0%, 2/10 vs GnRH=63.0%, 7/11).

### 2.1.9. Sincronización con Benzoato de Estradiol

El Benzoato de estradiol es un derivado sintético del 17  $\beta$  Estradiol, hormona esteroidea sintetizada por el folículo ovárico desarrollada para optimizar los resultados reproductivos de los tratamientos con progestágenos en bovinos el mismo que debe aplicarse en las siguientes dosis (**Syntex, S/F**):

**Cuadro 1.** Dosis de Benzoato de Estradiol (BE) en ml antes y después del progestágeno.

Indicación	ml de BE (*) antes del progestágeno	ml de BE (*) después del progestágeno
Anestro posparto	0	1
Celo silencioso	2	0
Sincronización de celo	2	1

Una investigación realizada por Villa *et al.*, 2007, consistió en evaluar cuatro protocolos de sincronización para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas *Bos indicus* lactantes: **T1.** Tratamiento Crestar (Implante auricular subcutáneo de progesterona P4 y una inyección intramuscular de valerato de estradiol VE y P4, los implantes fueron retirados a los 9 días y simultáneamente recibieron una inyección intramuscular de 400 UI de eCG. Las vacas se inseminaron 48-52 horas después de retirados los implantes). **T2.** Tratamiento GPG (el día 0 se aplicó una inyección intramuscular de GnRH 0.25 mg de gonadorelina.

7 días después se administró una inyección intramuscular de 0.15 mg de D-cloprostenol y el día 9 una segunda inyección intramuscular con 0.25 mg de gonadorelina, las vacas fueron inseminadas a tiempo fijo entre 18 y 22 horas después de la segunda dosis de GnRH. **T3.** Tratamiento GPE: Fue similar al tratamiento GPG excepto que la segunda dosis de GnRH fue remplazada por una inyección intramuscular de 1 mg de BE Estro-zoo el día 8 y las vacas fueron inseminadas 30 – 34 horas después del BE. y **T4.** Tratamiento CIDR B: se aplicó un dispositivo intravaginal con P4 CIDR más una inyección

intramuscular de 2 mg de BE y 50 mg de P4 el día 0. El dispositivo fue retirado el día 7 del tratamiento y paralelo a esto las vacas recibieron una inyección intramuscular con 0.15 mg de D-cloprostenol; 24 horas después recibieron una inyección intramuscular de 1 mg de BE. Las vacas fueron inseminadas 54 – 58 horas después de retirado el dispositivo.

En un estudio reciente realizado por **Colazo et al., (2007)** investigaron el uso de estradiol-17 $\beta$  (E-17 $\beta$ ) en combinación con 2 dosis de PGF (33). Vaquillonas (n = 401) con un CL (determinado por ecografía) recibieron PGF en los días 0 (comienzo del experimento) y 14. En el día 7, en un diseño experimental 2 X 2, las vaquillonas recibieron 1.5 mg de E-17 $\beta$  y 50 mg de progesterona P4 o ningún tratamiento y en el día 15, 1 mg E-17 $\beta$  o ningún tratamiento. Las vaquillonas que recibieron E-17 $\beta$  en el día 15 fueron IATF 52 horas después de la segunda PGF. Las vaquillonas que no recibieron tratamiento alguno en el día 15 fueron observadas por 3 días y aquellas en celo fueron inseminadas. En el día 18 las que no fueron detectadas en celo recibieron GnRH y fueron inseminadas. Obtuvo como resultado una tasa de celo del 45% mediante el uso de uso de estradiol-17 $\beta$  (E-17 $\beta$ ) en combinación con 2 dosis de PGF (33).

**González et al., (2003)**, propuso la adopción de la tasa de preñez (TP) como un nuevo índice que integra en una fórmula ( $TP = DC \times F$ ) los dos principales riesgos que afectan la reproducción en bovinos: la detección del celo (DC) y la fertilidad (F). TP es usada para monitorear la eficiencia reproductiva al igual que los cambios estratégicos de manejo, detección de celos e inseminaciones. TP fue determinada en tres vacas mestizas de seis explotaciones doble propósito, 3 tradicionales y 3 mejoradas en la zona de Perijá, Cuenca del Lago de Maracaibo. Se obtuvo que durante la época diciembre a febrero la tasa de preñez fue del 19.3% mientras que junio a agosto fueron menores con un promedio del 11.5%.

**CAPÍTULO III.  
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 3.1. Materiales y Métodos

### 3.1.1. Localización y duración del experimento

La presente investigación se realizó en la Hda. Flamingo ubicada en la Parroquia San Mateo del cantón Esmeraldas, a 37 msnm, a N 0° 50' y W 79° 45' Provincia de Esmeraldas. La investigación tuvo una duración de dos meses.

### 3.1.2. Datos meteorológicos del sitio experimental

**Cuadro 2.** Condiciones meteorológicas en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia san mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014.

Parámetros	Promedios
Topografía	Regular
Temperatura °C	25.8
Humedad relativa %	83
Precipitación mm.	71,00
Altitud m.s.n.m	37.00

Fuente: INAMHI, Esmeraldas 2011-2015.

### 3.1.3. Materiales y equipos

#### 3.1.3.1. Materiales

- Prostaglandinas PG2 $\alpha$  2 ml
- Implante (prostágeno) 18 U
- Benzoato 2 ml
- Agua 50 L
- Jabón 1 Unid

- Jeringuillas 4 Unid
- Agujas descartables 60 Unid
- Papel higiénico 2 Rollos
- Catéteres 2 Unid
- Pajuelas portadoras de semen 2 Unid
- Guantes ginecológicos descartables 24 Unid
- Cortapajuelas 2 Unid

### 3.1.3.2. Equipos

Los equipos que se utilizaron en la presente investigación fueron:

- Termo de nitrógeno. 1
- Termo de descongelamiento. 1
- Pistola de inseminación artificial. 2
- Termómetro. 2
- Ecógrafo. 1
- Computador portátil 2

### 3.1.4. Diseño experimental y modelo matemático

Los tratamientos (Cuadro 3) se establecieron mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis observaciones (vacas) y una vaca por unidad experimental (Anexo 1). El esquema del análisis de varianza se presenta en el Cuadro 4 (Cochran y Cox, 1980).

**Cuadro 3.** Estructuración de los tratamientos efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vacas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas.

Nº	Tratamientos	UE
1	Benzoato más implante	6
2	Prostaglandina más implante	6
3	Prostaglandina más benzoato más implante	6
<b>Unidades Experimentales</b>		<b>18</b>

En la presente investigación se utilizaron 18 vaconas holstein y cada tratamiento estuvo conformado por 6 vaconas (una por cada unidad experimental).

**Cuadro 4.** Adeva del experimento efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014.

Fuente de variación	Grados de libertad	
Tratamiento	t-1	2
Error experimental	t ( r-1)	15
Total	t r -1	17

**Modelo matemático:**

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Observación de unidad experimental  $j$  (repetición) a la que se ha aplicado el tratamiento  $i$

$\mu$  = Media general del experimento

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental

### **3.1.5. Prueba Estadística**

Para la comparación entre las medias de tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidades del error.

### **3.1.6. Datos registrados y métodos de evaluación**

#### **3.1.6.1. Tasa de efectividad de la sincronización (%)**

La tasa de efectividad de la sincronización (%) estuvo dada por el cociente entre el número de vacas que presentaron celo por efecto de los tratamientos dividido para el total de vacas a las que se suministró el tratamiento y este valor multiplicado por 100.

#### **3.1.6.2. Tasa de efectividad de la inseminación (%)**

La tasa de efectividad de la inseminación (%) estuvo dada por el cociente entre el número de vacas que resultaron preñadas por efecto de los tratamientos dividido para el total de vacas a las que se suministró el tratamiento y este valor multiplicado por 100.

#### **3.1.6.3. Análisis económico**

Se realizó el cálculo de la utilidad neta que resulta de la diferencia entre los ingresos menos los costos de cada tratamiento. En la medida que los ingresos superen los costos se logrará alcanzar la utilidad. Al dividir esta utilidad para el total de costos se obtuvo la rentabilidad de los tratamientos, aplicando la fórmula de la relación beneficio costo se obtuvo que si este resultado era mayor a uno significa que los ingresos son mayores que los egresos, si el resultado es igual a uno estos son iguales y si por el contrario, el resultado es menor a uno, significa que los ingresos por la venta de terneros en este caso son inferiores a los costos (**Gonzales et al., 2008**).

### **3.1.7. Manejo del Experimento.**

#### **3.1.7.1. Selección de vientres**

En la hacienda la Flamingo se seleccionaron 18 vaconas de raza Holstein animales que tuvieron mejores vientres de 62 existente para la investigación.

#### **3.1.7.2. Preparación de los animales**

Las 18 vaconas Holstein fueron seleccionadas tomando en cuenta el peso corporal del animal, posteriormente se procedió a la desparasitación a base de Ivermectina, además se aplicó un plan de nutrición a base de sales y minerales y controlando su alimentación para mantener equilibrada su salud.

#### **3.1.7.3. Aplicación de los tratamientos**

Se procedió a la colocación de los implantes a todos los animales seleccionados y se aplicó: al tratamiento T1. Benzoato de estradiol en dosis de 2 ml, al tratamiento T2.

Prostaglandina en dosis de 2 ml y al tratamiento T3. Se aplicaron 2 ml prostaglandina más benzoato de estradiol.

#### **3.1.7.4. Inseminación de los animales**

A los 8 días después de la aplicación de los tratamientos se procedió a retirar los implantes a las vacas holstein y se procedió a la aplicación de 2 ml de Benzoato de estradiol más prostaglandina a todos los animales, y al segundo día se presenciaron celos, y al tercer día de retirar los implantes se procedió a la inseminación, para lo cual se utilizó una pajuela (Bronzui) por cada animal y se aplicó 2 ml de benzoato de estradiol más prostaglandina.

#### **3.1.7.5. Detección de preñez**

A los 60 días de realizada la inseminación se procedió al chequeo ginecológico de los animales aplicados con los técnicos del Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP), utilizando el ecógrafo donde se comprobó los resultados.

**CAPÍTULO IV.  
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados y Discusión

### 4.1.1. Tasa de efectividad de la sincronización (%)

El análisis de varianza (Cuadro 1 del Anexo), realizado a la variable tasa de efectividad de la sincronización de celo (%), no mostró significancia estadística entre los tratamientos, el promedio general de esta variable fue del 72.00%. Este promedio fue superior a los obtenidos por **Colaso et al., (2007)**, quien obtuvo una tasa de celo del 45% mediante el uso de uso de estradiol-17 $\beta$  (E-17 $\beta$ ) en combinación con 2 dosis de PGF (33). Vaquillonas (n = 401) con un CL (determinado por ecografía) recibieron PGF en los días 0 (comienzo del experimento) y 14. En el día siete.

Así mismo, este promedio fue superior al reportado por **Sepúlveda et al., (2003)**, quienes obtuvieron promedios de tasa de celo entre el 47.5 y 50.00%.

También este promedio discrepa con los obtenidos por **Soto et al., (2000)**, quien evaluó el comportamiento reproductivo en vacas mestizas cebú utilizando progesterona (P4), encontrando un 95.5 y 83.3% en mayor y menor tasa de celo. El coeficiente de variación fue del 54.49%, tal como se muestra en el Cuadro 5.

### 4.1.2. Eficacia de efectividad de la inseminación (%)

El análisis de varianza (Cuadro 2 del Anexo), realizado a la variable tasa de efectividad de la inseminación (%), mostró significancia estadística entre los tratamientos. La prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ) indicó que el tratamiento T3. Prostaglandina más implante presentó el mayor porcentaje de efectividad de la inseminación con un promedio del 100%. Este resultado fue superior al obtenido por **Villa et al., (2007)** quien obtuvo una tasa de preñez del 55.7% con el tratamiento Crestar (Implante auricular de norgestomet y una inyección de norgestomet y valerato de estradiol, el día nueve se retiró el implante y se aplicó eCG), al evaluar cuatro protocolos de sincronización para inseminación

artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas *Bos indicus* lactantes. De igual manera, estos resultados fueron superiores a los reportados por **González et al.,(2003)**, quienes reportaron promedios de 19.3 y 11.5% durante dos épocas del año en un análisis de la tasa de preñez en vacas de doble propósito El coeficiente de variación fue del 54.97% (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Promedios de la tasa de efectividad de la sincronización de celo (**TEC**) y Tasa de efectividad de la inseminación (**TEI**) en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vacas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014.

Nº	TRATAMIENTO	TEC	TEI
1	Benzoato más implante	66.67 a	50.00 b
2	Prostaglandina más implante	50.00 a	0.00 c
3	Prostaglandina más benzoato de estradiol más implante	100.00 a	100.00 a
X		72.00	50.00
CV(%)		54.49	54.97

*Promedios con letras iguales no indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ )*

*Promedios con letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ )*

#### 4.1.3. Análisis económico (\$)

El Cuadro 6 muestra el análisis económico de los tratamientos: T1. Benzoato más implante, T2. Prostaglandina más implante y T3. Prostaglandina más benzoato de estradiol más implante. El mejor tratamiento resultó el T3. Prostaglandina más benzoato de estradiol más implante cuyo valor de preñez mediante inseminación artificial correspondió a una dosis de semen más el servicio de IATF, multiplicado por 2.76 estimando un 100% de preñez. Para 18 vientres, reutilizando el Dispositivo intravaginal para la regulación del ciclo astral (CIDR) el cálculo fue de \$ 5 de semen + \$ 15 de IATF = \$ 20 por vaca inseminada x 100% de preñez = \$ 40 por vaca preñada.

Este costo de vaca preñada supera el resultado obtenido por **Solano y Ramonez (2013)**, quien obtuvo un costo de \$33.33 por vaca preñada y coincide con este autor en cuanto al valor de \$ 20.00 por vaca inseminada.

**Cuadro 6.** Análisis económico en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014.

RUBRO	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
<b>BENEFICIO</b>			
Vaconas inseminadas	06	06	06
Vaconas preñadas	03	00	06
Porcentaje de preñez (%)	50	00	100
<b>COSTOS</b>			
<b>Costos Fijos</b>			
Semen	5.00	5.00	5.00
<b>Costos Variables</b>			
Benzoato de estradiol	15.00	0.00	7.50
Prostaglandina	00	15.00	7.50
Costo por vaca inseminada (\$)	20.00	20.00	20.00
<b>BENEFICIO TOTAL (\$)</b>	<b>30.00</b>	<b>20.00</b>	<b>40.00</b>
<b>RBC</b>	<b>1.50</b>	<b>1.00</b>	<b>2.00</b>

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

## 5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1.1. Conclusiones

- El uso de Prostaglandina mas benzoato de estradiol mas implante (T3.) permitió obtener la mejor porcentaje de fertilidad ó tasa de efectividad de la inseminación con el mayor porcentaje, respecto a los demás tratamientos.
- La utilización de la inseminación artificial a tiempo fijo(IATF) vía intracervical con semen congelado enfriado en vaconas Holstein del cantón San Mateo, Provincia de Esmeraldas constituye una biotecnología aplicable, bajo las condiciones de este estudio ya que se logró una eficacia de sincronización del celo del 72%.
- La mejor relación Beneficio-Costo, con un valor de \$ 40 por vaca preñada mediante este método.

### **5.1.2. Recomendaciones**

- Utilizar la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) vía intracervical con semen congelado enfriado en vaconas Holstein para el cantón San Mateo, Provincia de Esmeraldas, ya que constituye una biotecnología aplicable, bajo las condiciones de este estudio en esta zona y Litoral Ecuatoriano.
- Utilizar Prostaglandina mas benzoato de estradiol mas implante (T3.) para obtener la mejor Tasa de efectividad de la inseminación (TEI) y además una mejor relación Beneficio-Costo.

**CAPÍTULO VI.  
LITERATURA CITADA**

## 6.1. Bibliografía

- Andino P. 2003. Sincronización del desarrollo folicular y ovulæ programas de Inseminación Artificial a tiempo fijo en vacas Brown Swis en la hacienda la Laguna. Tesis de grado. EIZ. FCP – ESPOCH. Riobamba – Ecuador. p16.
- Baruselli P. 2002. “Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en el Ganado Bovino en Regiones Subtropicales”, Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Córdoba-Argentina, [http://www.cecalc.ula.ve/AVPAI/congresos/cd\\_xi\\_congreso/pdf/gabrie lbo.PDF](http://www.cecalc.ula.ve/AVPAI/congresos/cd_xi_congreso/pdf/gabrie%20lbo.PDF) F. p12.
- Baruselli P.; MARQUS M.; CARVALHO N.; MADUREIRA E. y CAMPOS F. 2002. Efeito d diferentes protocolos de inseminacao artificial em tempo fixo na eficiencia reproductiva de vacas de cort lactantes. *Bras the reprod anim.* 26: 218-221. p7.
- Bearden H., y Páez E., 2012. Reproducción Animal Aplicada, Edit., El manual moderno, S.A. de C.V., México. p8.
- Betun S. 2004. Comparación de los diferentes días (7 – 14) del desarrollo del cuerpo lúteo en la inducción al estro con el método OVSYNCH en vacas Holstein Mestizas. Tesis de grado. EIZ. FCP – ESPOCH. Riobamba – Ecuador. p6.
- Castro O. 2013. Efecto de la desincronización de celo con dispositivo intravaginal bovino (cidr) y detección temprana de preñez mediante ecógrafo en vacas lecheras. Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). Tesis de Grado. 74 p.

- Colazo M.; Mapletoft R.; Martínez M. y Kastelic J. 2007. El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. *Revista Ciencia Veterinaria*. La pampa, Ar. Vol. 9 N° 1: 1- 16.
- Federación Colombiana de Ganaderos. 2004. Carta fedegan. Inseminación artificial a tiempo fijo. Medellín, Co. 84: 36 – 51.
- Fernández T. 2003. Dinámica folicular: Funcionamiento y regulación. Departamento de Reproducción Animal, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/23-ondas\\_foliculares.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/23-ondas_foliculares.htm).
- Foote R. 2002. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. In: American Society of Animal Science. Vol. 80, Electronic Supplement 2.
- Giraldo J. 2007. Una mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 4, núm. 1, 2007, pp. 51-57 Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia.
- González C.; Madrid N. y Goicochea J. 2003. Análisis de la tasa de preñez en vacas de doble propósito. *Revista Científica FCV-LUZ*. Vol. XIII (6): 440-447.
- González B., Torres E. y Vallejo L. 2008. Guía técnica informativa para productores de cacao (*Theobroma cacao* L.). Quevedo, Ec. 10p.
- Hernández L. y Limas A., 2003. Inyección intracitoplasmática del espermatozoide (ICSI). Una técnica de reproducción asistida con indicaciones. *Revista colombiana de obstetricia y ginecología* Vol. 54 No. 3. 2003.

- O'Connor M.L., BALDWIN, R.S., ADAMS, R.S. y HUTCHINSON, L. J. 2013. An Integral Approach to Improving Reproductive Performance. *J. Dairy Sci.* 68 2806-2816
- Orisaka M, Tajima K, Mizutani T, Miyamoto K, Tsang BK, Fukuda S, Yoshida Y, Kotsuji F. 2006. Granulosa cells promote differentiation of cortical stromal cells into theca cells in the bovine ovary. *Biol Reprod* 75:734-740.
- Padula A. y Macmillan K. 2006. Effect of treatment with two intravaginal inserts on the uterine and vaginal microflora of early postpartum beef cows. *Australian Veterinary Journal.* 84:204-208.
- Páez E. 2012. Módulo de reproducción animal avanzada. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Tunja, Co. Tesis Doctoral. 150 p.
- Peck R. y Bishop J. 2000. Manejo de bosques secundarios en sistemas agroforestales para mejorar la producción sostenida en la Amazonía ecuatoriana. Taller sobre Manejo y Conservación del Ecosistema Forestal en los Trópicos Húmedos March 12–16, 1990. IUFRO, Cayena, French Guiana
- Ramírez A.; Seré C. y Uquillas J. 2000. Impacto socioeconómico de sistemas agroforestales en la selva baja del Ecuador. Collaborative Project FUNDAGRO-CIAT/MAG-USAID. CIAT, Cali, Columbia
- Reiser S. J. y Maldonado C. 2000. The Ethics movements in the biological sciences: A new wave of discovery», en Ruth Ellen Bulgar, Elizabeth Hetiman y otros, *The Ethical Dimensions of Biological Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press., 1993, págs. 1-13
- Robson C.; Aguilar D.; López S.; Calvi M.; Cersler R.; Flores F. Y Gomez M. 2004. Inseminación Artificial en Bovinos. Proyecto Ganadero Corrientes. Centro Regional Corrientes, Estación Experimental

Agropecuaria Mercedes Corrientes. Sitio Argentino de Producción Animal. 30 p.

Roche J, Mackey D, Diskin M. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim Reprod Sci.* 60-61:703-712

Rubiano L. 2009. Métodos de manipulación del ciclo estral en hembras bubalinas (*Bubalus bubalis*). Bogotá, Co. universidad de ciencias aplicadas y ambientales. Tesis de Grado. 223p.

Sepúlveda N.; Risopatrón J.; Rodríguez F. y Rodero E. 2003. Fertilidad en vacas lecheras asociadas a la sincronización de celos e inseminación a tiempo fijo utilizando GnRH y PGF2alfa. *Rev Cient.* Maracaibo, Br. Vol. 13 (3): 182-186.

Solano M. y Ramonez X. 2013. Aplicación DE P4 Intravaginal en protocolos de iatf en vacas y aprovisionamiento de un equipo de inseminación artificial en el centro de apoyo "juan lunardi". Universidad Politécnica Salesiana. Tesis de grado. 68p.

Soto B.; Portillo G.; De Ondiz A.; Rojas N., Soto G.; Ramírez I.; Aranguren M.; y Pera G.; Evaluación del comportamiento reproductivo mediante el uso de la progesterona por radioinmunoanálisis en vacas mestizas cebú bajo programas de inseminación artificial en Venezuela. Mérida, Ve. *Revista Científica.* Vol.X (5).

Syntex S/F. Bensoato de Estradiol. Ficha técnica del producto. Buenos aires, Ar. Disponible en:  
[http://www.syntexar.com/sr/archivos/68\\_Ficha%20T%20t%20cnica%20Benzoato%20de%20Estradiol%20Syntex%20reg;.pdf](http://www.syntexar.com/sr/archivos/68_Ficha%20T%20t%20cnica%20Benzoato%20de%20Estradiol%20Syntex%20reg;.pdf)

Tovio N. 2011. E. Efectos de la aplicación de eCG (Día 5 u 8) sobre el desarrollo del cuerpo lúteo, nivel de progesterona y tasa de preñez en hembras receptoras de embriones bovinos. Bogotá, Co. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Grado. 174p.

Villa N.; Morales C.; Granda J.; Mesa H.; Gómez G. y Molina J. 2007.  
Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación  
a tiempo fijo en vacas *Bos indicus* Lactantes. *Revista Científica  
Maracaibo*. Vol. 17 N°5. 1-8.

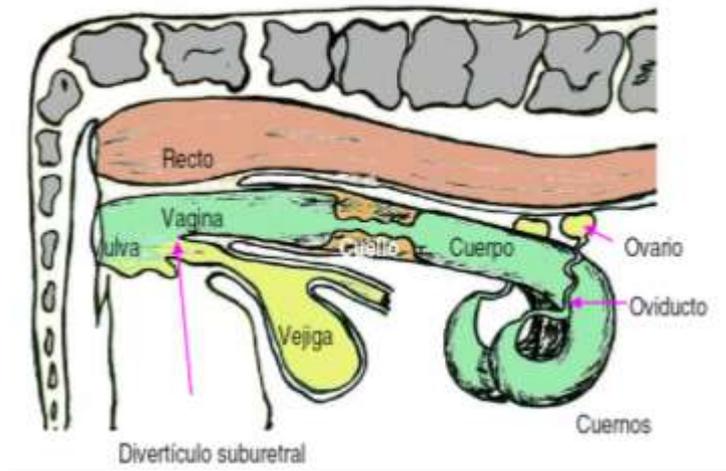
**CAPÍTULO VII.  
ANEXOS**

**Cuadro 1.** Análisis de varianza de la variable tasa de efectividad de la sincronización de celo (TEC) en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas 2014.

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-VALOR</b>
Tratamiento	2	67.27	33.63	2.06	0.16
Error Experimental	15	245.05	16.33		
Total	17	312.32			

**Cuadro 2.** Análisis de varianza de la tasa de efectividad de la inseminación (TEI) en el efecto de sincronización bajo la aplicación de benzoato de estradiol más implante y prostaglandina, en vaconas holstein en la parroquia San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, 2014.

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-VALOR</b>
Tratamiento	2	259.47	129.73	15.00	0.0003
Error Experimental	15	129.73	8.64		
Total	17	389.20			



**Figura 1.** Esquema de los órganos genitales de la vaca



**Figura 2.** Implantes que conformaron parte de los tratamientos



**Figura 3.** Antonino Márquez seleccionando pajuelas para el trabajo experimental



**Figura 4.** Antonino Márquez realizando la inseminación artificial.



**Figura 5.** Detección de preñez, mediante el uso del ecógrafo.