

**Universidad Nacional  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Escuela de Medicina Veterinaria**

**Uso de dos protocolos con norgestomet, utilizando valerato de estradiol, gonadotropina sérica de la yegua preñada y la hormona liberadora de las gonadotropinas coriónicas, para la sincronización del ciclo estral en vacas *Bos taurus* x *Bos indicus*.**

**Modalidad: Tesis de grado**

**Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico de Licenciatura en Medicina Veterinaria**

**Minor Cordero Chavarría**

**Campus Presbítero Benjamín Nuñez  
2006**

**TRIBUNAL EXAMINADOR**

Nombre \_\_\_\_\_

Decano \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Director \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Tutor \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Lector \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Lector \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo primero a Dios, a mis padres, Prof. María Elena Chavarría Espinoza e Ing. Minor Cordero Umaña y a mi hermano Lic. José Miguel Cordero Chavarría, gracias por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles y en las alegrías, gracias por darme los valores fundamentales para intentar recorrer el largo camino llamado vida, gracias por enseñarme la importancia que tiene el trabajo, la honestidad, el respeto, la sensatez, la humildad y el amor al prójimo. Gracias tan infinitas le doy a dios por darme una familia como la que tengo, los quiero, gracias por su paciencia y amor.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dar las gracias a muchas personas que de una u otra forma colaboraron para hacer realidad este proyecto, al Dr. Leonel Navarro, por ser mi tutor y por apoyarme en este trabajo, al Dr. Jorge Quiroz por ser mi lector, transferirme conocimientos y por brindarme su amistad, al Dr. Carlos Calleja, gracias por su incondicional apoyo en todo momento, por ser mi lector, y por ser un buen amigo, al Dr. Lex Cordero por toda la orientación, ayuda y amistad, tío gracias de corazón. Al Dr. Mauricio Jiménez por sus consejos y amistad, a los señores Oswaldo Campos y Adrián Zamora, por su amistad y ayuda brindada, a mi tía Iris por estar siempre cuidándome, a tía Angie por sus sabios consejos siempre, a la mamita Minerva y a mi tía Cecilia, por que se que en todo momento ellas me han motivado a seguir adelante y estoy presente en todas sus oraciones, a Hellen y a mis compañeros José Montoya (QK), Ricardo Alfaro y Danilo Fernández gracias por estar ahí, me han enseñado muchas cosas y espero que ustedes hayan aprendido algo de mí, quiero que sepan que son más que compañeros, son mis amigos, gracias a todos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>ABREVIATURAS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	11
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	11
<b>1.2. Justificación</b> .....	30
<b>1.3. Objetivos</b> .....	33
<b>1.3.1. Objetivo General</b> .....	33
<b>1.3.2. Objetivos Específicos</b> .....	33
<b>2. METODOLOGÍA: Materiales y Métodos</b> .....	34
<b>3. RESULTADOS</b> .....	39
<b>4. DISCUSIÓN</b> .....	44
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	51
<b>6. ANEXOS</b> .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fórmula para determinar el índice de sincronización.....	38
Cuadro 2. Fórmula para determinar el índice de concepción.....	38
Cuadro 3. Determinación del índice de preñez. ....	38
Cuadro 4: Índice de sincronización del protocolo número uno.....	40
Cuadro 5: Índice de concepción del protocolo número uno.....	40
Cuadro 6: Índice de preñez del protocolo número uno.....	41
Cuadro 7: Índice de sincronización del protocolo número dos.....	42
Cuadro 8: Índice de concepción del protocolo número dos.....	42
Cuadro 9: Índice de preñez del protocolo número dos.....	43

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Protocolo número uno.....	35
Figura 2: Protocolo número dos.....	36
Figura 3: Instalaciones utilizadas para el trabajo de campo.....	57
Figura 4: Novillas seleccionadas.....	57
Figura 5: Grupo de novillas implantadas.....	58
Figura 6: Hembra mostrando signos de estro.....	58
Figura 7: Ubicación del implante auricular subcutáneo.....	59
Figura 8: Inmovilización de las hembras a ser implantadas.....	59
Figura 9: Aplicación del implante auricular subcutáneo.....	60

**ABREVIATURAS**

I.A. – Inseminación artificial

I.A.T.F. – Inseminación artificial a tiempo fijo.

GnRH – Hormona liberadora de gonadotropinas criónicas.

PMSG – Gonadotropina sérica de la yegua preñada.

Día 0 – Día en que da inicio un protocolo de sincronización e inducción de celo.

LH – Hormona luteinizante.

FSH – Hormona folículo estimulante.

PRL – Prolactina.

CL – Cuerpo lúteo.

BE – Benzoato de estradiol.

VE – Valerato de estradiol.

I.S. – Índice de sincronización.

I.C. – Índice de concepción.

I.P. – Índice de preñez.

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el empleo de dos protocolos de sincronización del estro y la ovulación con inseminación artificial a tiempo fijo (I.A.T.F.) en novillas *Bos taurus* X *Bos indicus*, en la zona norte de Costa Rica. Se utilizó un total de 80 hembras, de estas se seleccionaron 60, las cuales fueron separadas en dos grupos de 30 animales cada uno, dichas novillas se eligieron de acuerdo a la edad, condición corporal y la palpación rectal de su tracto reproductivo. El protocolo número uno que se utilizó se basó en la aplicación de un implante auricular subcutáneo (Crestar®, Intervet, Holanda) que contiene, 3 mg de norgestomet más la administración intramuscular de 2 ml de una solución oleosa que contiene valerato de estradiol (5 mg) y norgestomet (3 mg) al día cero, al día nueve se retiró el implante y se administró 2,5 ml (500 UI) intramuscular de gonadotropina sérica de la yegua preñada (Folligon®, Intervet, Holanda) y a las 48 horas después se realiza la I.A.T.F. El protocolo número dos que se utilizó fue un implante auricular subcutáneo (Crestar®, Intervet, Holanda) que contiene 3 mg de norgestomet, más la administración intramuscular de 2 ml de una solución oleosa que contiene valerato de estradiol (5 mg) y norgestomet (3 mg), esto al día cero, el retiro del implante se realizó al día nueve y se administró una dosis intramuscular de 2,5 ml (500 UI) de gonadotropina sérica de la yegua preñada (Folligon®, Intervet, Holanda), 48 horas después se realizó la I.A.T.F. y se administró 1 ml por vía intramuscular de la hormona liberadora de las gonadotropinas coriónicas (Fertagyl®, Intervet, Holanda). Se realizó un diagnóstico de gestación por medio de palpación rectal, 60 días después de la I.A.T.F. Posteriormente los resultados obtenidos en este trabajo muestran que el índice de sincronización con el protocolo número uno fue de un 70%, y con el protocolo dos de un 73%. El índice de concepción obtenido con el protocolo número uno fue de un 40% y un 57 % con el número dos, y el índice de preñez fue un 40% con el protocolo número uno y 57% con el número dos.

### **ABSTRACT**

The objective of the present study was to evaluate the employment of two protocols of synchronization of the estrus and the ovulation with artificial insemination in time fix (I.A.T.F.) in heifers *Bos taurus* X *Bos indicus*, in the north zone of Costa Rica. There was in use a whole of 80 females, of these there were selected 60, which were separated in two groups of 30 animals each one, the above mentioned heifers were chosen in agreement to the age, corporal condition and the rectal palpación of his reproductive tract. The protocol number one that was use based on the application of an ear subcutaneous implant (Crestar, Intervet, Holland) that contains, 3 mg of norgestomet more the intramuscular administration of 2 ml of an oily solution that contains valerato of estradiol (5 mg) and norgestomet (3 mg) on the zero day, the ninth one withdrew the implant and 2,5 manage the affairs ml (500 UI) intramuscular of gonadotropina sérica of the pregnant mare (Folligon, Intervet, Holland) and at 48 hours later the I.A.T.F is realized. The protocol number two that was in use was an ear subcutaneous implant (Crestar, Intervet, Holland) that contains 3 mg of norgestomet, more the intramuscular administration of 2 ml of an oily solution that contains valerato of estradiol (5 mg) and norgestomet (3 mg), this a zero day, the retirement of the implant was realized a nine day and one administered an intramuscular dose of 2,5 ml (500 UI) of gonadotropina sérica of the pregnant mare (Folligon, Intervet, Holland), 48 hours later the I.A.T.F. was realized and 1 managed the affairs ml for intramuscular route of the liberating hormone of the gonadotropinas coriónicas (Fertagyl, Intervet, Holland). A diagnosis of gestation was realized by means of palpación rectal, 60 days after the I.A.T.F. The results obtained in this work show that the index of synchronization with the protocol number one was 70 %, and with the protocol two of 73 %. The index of conception obtained with the protocol number one was 40 % and 57 % with the number two, and the index of pregnancy was 40 % with the protocol number one and 57 % with the number two.

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1 Antecedentes**

En la producción bovina moderna se procura tener mayor cantidad de animales al menor costo posible, así como un mínimo de gastos de mano de obra y trabajo. El ganadero debe estudiar los métodos que se pueden usar para mejorar la eficiencia reproductiva de su hato, como también los factores que puedan influir en todo este complejo proceso, cuyo fin es la producción de un nuevo ternero con alta habilidad productora (Castro, 2002).

La totalidad de las biotécnicas reproductivas actualmente en uso en la producción de bovinos han sido desarrolladas durante el siglo XX. La más utilizada de ellas, es la inseminación artificial (I.A.). Tiene sus orígenes en la primera mitad del siglo pasado, aunque tiene su máxima tasa de adopción después de la segunda guerra mundial. La I.A., hizo posible la popularización de la mejora genética, así como la posibilidad de aplicar un mayor potencial de selección, al poder multiplicar significativamente la capacidad reproductiva de los machos seleccionados (Jackson, 2004). La inhabilidad para predecir el momento del celo en hembras individualmente dentro de un grupo, a menudo hace impráctica la inseminación artificial, debido a la ardua labor requerida para la detección del estro. Por tanto, el desarrollo de un método económico de inseminación artificial en vacas de carne, y que además presente un alto grado de fertilidad, podría resultar en un dramático incremento en la aplicación de esta técnica en los hatos (Patterson et al., 2001).

La mayoría de biotécnicas reproductivas desarrolladas con posterioridad a ésta, estuvieron relacionadas también con la mejora genética y particularmente centradas en la perfección del uso de la I.A. así como el desarrollo de otras que posibilitaban la ampliación de la capacidad reproductiva de las hembras (Ball y Peters, 2004); por tales motivos, en los

últimos años se ha estado introduciendo el uso de la inducción y sincronización de celos, como medio para solventar los problemas reproductivos. Además, esta sincronización nos permite llevar a cabo otras técnicas reproductivas, como el transplante de embriones o la instauración de un empadre estacional que ayude a mejorar el manejo tanto de los sementales como de las vacas. Es así, como en orden sucesivo podemos nombrar en primer lugar al desarrollo de métodos de control del ciclo estral que tuvo lugar en la década del 60 del siglo XX (Alberio, 2003).

Diferentes métodos de sincronización del estro han sido utilizados como una herramienta de manejo, procurando concentrar los mismos durante un período de tiempo lo más corto posible manteniendo una adecuada tasa de concepción. De esta forma, la sincronización ha permitido tener control sobre decisiones que afectan en forma directa la eficiencia del sistema productivo. Permitiendo el uso de tecnologías como la inseminación artificial a tiempo fijo ó en períodos muy controlados de tiempo, la monta dirigida ó controlada con toros asegura la paternidad de un reproductor, cuando se usan más de uno por rodeo de distinto valor genético. En las últimas décadas se han logrado avances importantes en el conocimiento de la dinámica del ciclo estral, lo cual ha permitido una mejor comprensión de los eventos que se suceden durante el mismo. Esto ha llevado a que sean innumerables los esfuerzos que se realizan para mejorar los tratamientos hormonales con la finalidad de lograr un mayor conocimiento de los mismos y por lo tanto una mejor manipulación de los mismos dentro de un plan productivo o reproductivo (Cavalieri y Fitzpatrick, 1995).

La pobre y variable fertilidad bajo condiciones de manejo extensivo contribuyen a la dificultad para implementar programas convencionales de I.A. con ganado *Bos indicus*. El éxito de los programas de I.A. en los trópicos ha sido impedido por la baja eficiencia en la tasa de detección de celos, ya

que este tipo de ganado no demuestra o enmascara la expresión de estro natural. Esta baja eficiencia también ha sido documentada bajo sistemas tradicionales de detección de celos como la utilización de toros con bozal marcador y observación visual con resultados no superiores al 60% en detección de celos, lo que compromete significativamente la eficiencia de un programa de I.A. (Cavalieri y Fitzpatrick, 1995).

El bovino salvaje solo presenta síntomas de celo en un período limitado del año y por tanto, es poliéstrico estacional. Algo parecido es válido también para los cebuinos (por ejemplo Brahaman). En el bovino europeo domesticado, sexualmente maduro y no gestante, hay una periodicidad constante durante todo el año (poliéstrico permanente). Los períodos sexuales que presentan una sintomatología uniforme, se conocen como ciclos sexuales o ciclos estrales (Grunert y Berchtold, 1988).

Los ciclos estrales de animales domésticos están tradicionalmente clasificados dentro de cuatro fases; esas fases son llamadas: proestro, estro, metaestro y diestro (Pineda y Dooley, 2003). El control del ciclo estral es dependiente de la manipulación de los cambios hormonales para causar ovulación en un tiempo conveniente (Ball y Peters, 2004). Programas complejos de sincronización de celos están siendo más rápidamente aceptados en hatos élite o superiores (Sheldon et al., 2004).

En la hembra, la receptividad sexual está conjugada con las hormonas estrogénicas y la hormona liberadora de las gonadotropinas coriónicas (GnRH). Existen principios relacionados con los efectos de las hormonas sobre el comportamiento sexual de los animales domésticos; a saber:

- Primero, la magnitud del cambio en la concentración de las hormonas que afectan el comportamiento sexual.

- Segundo el efecto de la sinergia entre hormonas suele ser importante para la receptividad sexual.
- Tercero la secuencia de exposición a las hormonas puede ser vital (Cunningham, 1999).

Sin embargo, para lograr el éxito en el control del ciclo reproductivo de las hembras bovinas, es indispensable conocer y entender los conceptos básicos del ciclo estral normal. Por lo tanto, es importante hacer un repaso de la fisiología reproductiva antes de empezar a hablar de la sincronización e inducción de celos.

## **Fisiología Reproductiva**

### **Origen de los ciclos reproductivos**

La reproducción de las hembras constituye un proceso cíclico que es inducido por la interacción del hipotálamo, la hipófisis y los ovarios. El hipotálamo es el centro donde se integra y procesa la información procedente tanto del propio sistema nervioso central, como del exterior y del ovario. El resultado de esta integración es la regulación de la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas.

La GnRH es secretada de forma pulsátil con una frecuencia de 70 a 90 minutos. Esto induce a que las gonadotropinas sean también secretadas en pulsos. Sin embargo, los pulsos secretores de gonadotropinas varían durante el ciclo estral, aumentando en la fase folicular y disminuyendo en la fase lútea. La acción de las hormonas esteroideas en el hipotálamo determina dos tipos de secreción de las gonadotropinas: tónica; manteniendo niveles basales y cíclica; que es la secreción en forma de pico de la hormona

luteinizante (LH) y en menor medida de la hormona folículo estimulante (FSH).

Al comienzo de la fase folicular, los folículos inmaduros secretan pequeñas cantidades de estrógenos que inducen un efecto de retroalimentación negativa en el hipotálamo e hipófisis, provocando la secreción tónica de FSH y LH. Cuando uno de los folículos alcanza la fase de folículo dominante, el aumento sostenido de los niveles circulantes de estrógeno (estro conductual) estimula el centro cíclico (retroalimentación positiva) produciéndose la secreción del pico de LH. Este pico desencadena la maduración final, ovulación y luteinización folicular.

La ovulación determina el final de la fase folicular y el comienzo de la fase lútea del ciclo. En esta fase lútea, la elevada concentración de progesterona, producida por el cuerpo lúteo, junto con la baja concentración de estrógenos, originan nuevamente la retroalimentación negativa de forma que las gonadotropinas retroceden a los niveles basales. La luteólisis se produce por la secreción de prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF 2α) del endometrio no gestante, provocando la disminución en los niveles sanguíneos de progesterona al mismo tiempo que se inicia el nuevo ciclo (Basurto y Hernández, 2002).

### **Tipos de ciclo estral**

El ciclo estral es el tipo de ciclo reproductor que se produce en todos los mamíferos a excepción de los primates. El síntoma más característico de este ciclo reproductor es la manifestación por parte de las hembras, en periodos de tiempo limitado, pero regulares de receptividad sexual, que se conocen con el nombre de estro.

El ciclo estral se define como el periodo de tiempo comprendido desde la aparición de un estro hasta el comienzo del siguiente, o bien, el intervalo de tiempo comprendido entre dos ovulaciones.

La ovulación es un proceso espontáneo, en los animales domésticos esta es predecible, ya que el estro conductual generalmente coincide con la descarga preovulatoria del pico de LH inductora de la ovulación.

La hembra acepta al macho para el apareamiento exclusivamente durante el periodo de estro. El origen del comportamiento de receptividad sexual durante el estro, está directamente relacionado con las variaciones en la concentración sanguínea de las hormonas esteroideas. Ambas hormonas, estrógenos y progesterona, actúan en centros del sistema nervioso central relacionados con la conducta, determinando este comportamiento sexual.

En todas las especies, excepto el gato, es necesario que el hipotálamo esté previamente expuesto a la progesterona, secretada por el cuerpo lúteo del ciclo anterior, para que los estrógenos provoquen el estro. Esto explica que el estro del primer ciclo, al alcanzar la pubertad, sea silencioso.

En los animales domésticos, el crecimiento de los folículos no se ve afectado durante la fase lútea, de tal manera que al coincidir con la luteólisis, existe un folículo en fase antral disponible para ser ovulado en el siguiente estro. Esto quiere decir que en los animales domésticos la fase folicular se superpone a la fase lútea, y por tanto, los ciclos estrales son cortos de 17 a 21 días (Basurto y Hernández, 2002).

Los ciclos estrales de las hembras de la especie bovina generalmente tienen una longitud de tres semanas, pero normalmente puede existir un rango de 17 a 25 días; sin embargo, en las novillas es 1 a 2 días más corto

que en las vacas adultas. El periodo de aceptación del macho (celo) puede durar aproximadamente 12 a 18 horas. La ovulación ocurre alrededor de 24 a 30 horas después del inicio del celo, y el primer signo del celo usualmente coincide con el comienzo del pico preovulatorio de LH y FSH (Youngquist, 1997).

En las *Bos indicus* se reportan períodos más cortos de duración del celo, cortos intervalos del inicio del celo a la ovulación, reducida magnitud de la concentración preovulatoria del pico de LH, cuerpos lúteos más pequeños y más bajas concentraciones de progesterona durante la fase luteal (Youngquist, 1997).

### **Control endocrino de la foliculogénesis**

El crecimiento y maduración folicular constituyen un proceso que se encuentra regulado por las gonadotropinas FSH y LH, una vez que el animal ha alcanzado la pubertad y la subsiguiente madurez sexual.

Es en el estadio de folículo preantral cuando las células de la granulosa adquieren receptores de membrana para la FSH. La estimulación de estos receptores provoca la proliferación de las células de la granulosa, las cuales comienzan a producir estrógenos. Esta gonadotropina es también la responsable de la formación del antro en el folículo, al estimular la producción del líquido folicular.

Durante las últimas etapas de maduración folicular, y bajo la acción química de FSH y estrógenos, las células de la granulosa comienzan a expresar receptores para la LH. La aparición de estos receptores, junto con los ya existentes en las células de la teca, permite al folículo responder a la

secreción de LH que se produce con la finalidad de desencadenar la ovulación y luteinización folicular (Youngquist, 1997).

### **Dinámica folicular**

Las ondas de crecimiento folicular se desarrollan durante el ciclo estral bovino. En cada ciclo, pueden ocurrir dos o tres ondas, siendo los ciclos de tres ondas lo más común. Cada onda consiste de un grupo de folículos antrales que inician un crecimiento en diámetro desde 1 a 2 mm de tamaño, el más grande de estos llega a ser el dominante para continuar creciendo, mientras que los otros degeneran o atresian. El folículo dominante sufre tres fases de desarrollo: crecimiento (aumento de diámetro), estasis (pocos cambios en el diámetro) y regresión (disminución del diámetro o atresia). Un folículo dominante puede madurar y ovular, si el cuerpo lúteo ha regresado en el momento apropiado (Youngquist, 1997).

El desarrollo de cada onda folicular es iniciado por un incremento en la FSH. La primera onda se inicia debido a un aumento secundario de FSH, que sigue el pico preovulatorio. Las otras ondas son iniciadas por un incremento detectable de FSH. (Youngquist, 1997)

### **Esteroidogénesis folicular**

La biosíntesis de las hormonas esteroideas (estrógenos y progesterona) constituye un proceso de cooperación entre la actividad endocrina de las células de la teca y de la granulosa, bajo el control sinérgico de las gonadotropinas hipofisarias.

Las hormonas precursoras de la biosíntesis de los estrógenos son los andrógenos, los cuales se forman en las células de la teca por estimulación de la LH. Estos andrógenos se difunden a través de la lámina basal. Las

células de la granulosa poseen gran cantidad de enzimas aromatasas que catalizan las reacciones mediante las cuales los andrógenos se convierten en estrógenos. La actividad de estas enzimas es estimulada por la FSH.

Por su parte, la síntesis de progesterona se realiza en las células de la granulosa y de la teca cuando ambas, tras la ruptura folicular, se transforman en células lúteas. De esta forma, la cooperación entre ambos tipos de células no se limita a la síntesis de estrógenos, sino que también a la formación del cuerpo lúteo y la consiguiente producción de progesterona (Youngquist, 1997)

### **Función de las hormonas esteroideas**

Los estrógenos son los responsables del desarrollo del tracto genital en la pubertad y los caracteres sexuales secundarios. Inducen la formación de edema de útero, vagina y vulva (la hinchazón de la vulva es un síntoma de estro).

Los estrógenos se caracterizan por sus efectos mitogénicos sobre el epitelio que tapiza el tracto genital, sobre todo durante el estro. Además originan un aumento del tono en el miometrio uterino y lo sensibilizan a la acción de la oxitocina y PGF 2 $\alpha$ , lo que favorece el transporte de los espermatozoides en el momento del estro. Estas hormonas también aumentan el nivel de anticuerpos en el tracto genital.

Los estrógenos son los causantes de la conducta sexual de la hembra durante el estro. Sin embargo, hay que destacar la necesidad de una secuencia determinada entre estrógenos y progesterona para que se origine el estro conductual.

Otra función importante de estas hormonas es que modifican la secreción de gonadotropinas hipofisarias mediante los dos mecanismos de retroalimentación. El mecanismo de retroalimentación negativa se origina por las bajas concentraciones de estrógenos, produciendo la inhibición en la amplitud de los pulsos secretores de gonadotropinas. Mientras que el de retroalimentación positiva, se origina por el progresivo incremento en la concentración de estrógenos durante las fases de crecimiento folicular. Este efecto positivo origina un aumento en la frecuencia pulsátil de secreción de GnRH que se traduce en la oleada preovulatorio de LH (pico de LH).

La progesterona como se mencionó anteriormente, es la hormona producida por el cuerpo lúteo (durante la fase luteal del ciclo), y por la placenta durante la gestación.

La progesterona modifica el endometrio uterino de fase proliferativa (en respuesta a los estrógenos) a la fase secretora. Además es necesaria para el mantenimiento de la gestación y su ausencia, o la disminución en su concentración, originan el aborto. Esta hormona puede ejercer actividad inmunosupresora local sobre el útero.

La progesterona regula la secreción de gonadotropinas por retroalimentación negativa. Este efecto es inducido por el aumento en la concentración de progesterona, por el cuerpo lúteo que actúa disminuyendo la frecuencia de los pulsos secretores de gonadotropinas. Por tanto, potencia el mecanismo de retroalimentación negativa de estrógenos de forma que bajas concentraciones de estos, junto con altas concentraciones de progesterona, constituyen un fuerte estímulo inhibitorio de la secreción de gonadotropinas (Youngquist, 1997).

### **Anestro lactacional**

En general, la alteración provocada por la lactación en la actividad reproductora, que se conoce con el nombre de anestro lactacional, se debe a que el estímulo de succión suprime la liberación de gonadotropinas especialmente de LH, evitando el desarrollo folicular y la ovulación.

Los periodos medios de restauración del ciclo estral en las vacas, que están en lactación, son aproximadamente de 25 días (hembras que son ordeñadas), y de alrededor de 60 días en animales que amamantan a sus crías. Existe una influencia importante del fotoperíodo y la nutrición en la variabilidad de este periodo en las vacas que crían a sus terneros.

Está demostrado que los opiodes inhiben la liberación de LH y estimulan la secreción de prolactina (PRL). La liberación de estos opiodes inducida por el estímulo de succión puede ser el principal mediador del bloqueo de la liberación de LH durante la lactación, en cuanto a la PRL la única acción directa demostrada, es la que ejerce sobre el ovario reduciendo la secreción folicular de estradiol. La duración del anestro está influenciado por la edad, los partos, la dificultad del parto, la condición corporal y la intensidad del amamantamiento. (Johnson y Stevenson, 2002).

### **Efecto de la nutrición sobre el desempeño reproductivo**

La reproducción en los hatos bovinos es uno de los aspectos más importantes en la producción tanto de carne como de leche. Uno de los principales problemas asociados a la infertilidad en el ganado tanto lechero como cárnico, es la inconsistencia en los procesos de crecimiento y maduración final de los folículos; lo que trae como consecuencia serios

problemas reproductivos tales como quistes ováricos, estados anovulatorios y finalmente anestro, que representan importantes pérdidas que repercuten en la eficiencia reproductiva del hato. Por otra parte, se ha relacionado la pobre respuesta a los programas de sincronización y superovulación a deficiencias en las etapas de selección y dominancia de los folículos, causadas a su vez por deficiencias nutricionales, por lo que los programas de mejoramiento genético tales como la inseminación artificial y transferencia de embriones (TE) han tenido resultados muy variables. (Stevenson et al., 1987).

Varios estudios han demostrado el efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva y más específicamente el efecto que juega sobre la foliculogénesis, así Mackey et al. (1999) sugirieron que en estados en los cuales los animales sufren una restricción nutricional y por lo tanto caen dentro de un balance energético negativo, las hembras muestran un decremento en el diámetro de los folículos dominantes, conduciendo esto hacia el estado anéstrico. Bossis et al. (1999) estudiaron 18 novillas Angus x Hereford, demostraron que aquellas a las que se les practicó una restricción alimenticia, se mostraban anovulatorias. Además observaron que el diámetro folicular de los animales a los cuales se les practicó la restricción alimenticia era un 50% menor en comparación a los diámetros foliculares que presentaban las novillas del grupo testigo y en adición, la concentración de LH, estradiol y la secreción de IGF-1 fue superior en las novillas del grupo testigo que en las del grupo con restricción. Lo anterior demostró que estados con déficit nutricional pueden llegar a afectar el diámetro del folículo dominante y por ende la ovulación. También sugirieron que existen etapas en las cuales el estado nutricional de los animales actúa como señal para inhibir o activar procesos en los ovarios, tal es el caso de la pubertad y durante el posparto.

### **Efectos nutricionales durante la pubertad**

Se ha puesto de manifiesto el efecto de la nutrición y más específicamente el efecto de la condición corporal, en el inicio de la actividad ovárica y el establecimiento de los ciclos normales en novillas, Foster y Nagatani (1999) concluyen que para el inicio de la pubertad es más importante el tamaño del animal que la edad del mismo, con base en que el cerebro requiere “reconocer” cierto desarrollo corporal mínimo para comenzar con los mecanismos reproductivos. Por otra parte, se ha especulado sobre la posibilidad de factores intrínsecos que actúen como señalizadores del estado nutricional del animal para activar la secreción de la hormona GnRH (Foster y Nagatani, 1999).

### **La importancia de la condición corporal**

Recientes investigaciones han puesto de manifiesto la importancia de la condición corporal en los hatos bovinos, ya que es una evaluación relativamente sencilla que tiende a reflejar el nivel nutricional del hato y específicamente el estado energético, como una medida de la eficiencia reproductiva del mismo. La condición corporal, principalmente modificada por la deposición de tejido graso, ha sido tomada como un parámetro dentro de las explotaciones, ya que diversas investigaciones han demostrado una alta correlación entre la puntuación de la condición corporal y el estado reproductivo del animal en diversas etapas, tal es el caso del posparto y la pubertad (Burke et al., 1998).

### **Particularidades Reproductivas en hembras *Bos indicus***

La baja tasa de servicios con ganado cebuino en programas de I.A. en base a celo detectado, ha sido ampliamente documentada en todo el mundo,

debido a que su comportamiento reproductivo presenta ciertas particularidades como celos de corta duración con un elevado porcentaje de celos nocturnos (56.6%) además un 30.7% de los celos comienzan y terminan durante la noche (Pinheiro et al., 1998).

La composición y el tamaño del grupo han demostrado una fuerte influencia en la frecuencia de actividad sexual o número de montas en el período del celo. El mayor número de vacas en celo al mismo tiempo afecta en forma positiva la frecuencia de montas y la duración del celo. (Price, 1987). Estos resultados sugieren que existe dificultad en la expresión del celo en hembras cebuinas criadas en condiciones extensivas y de pastoreo, esto es particularmente más evidente en ganado *Bos indicus* no sincronizado, ya que; se reduce considerablemente el número de animales en celo.

Otro factor involucrado en la manifestación del estro es la posición jerárquica de la vaca en el grupo, el mayor estado jerárquico de una vaca *Bos indicus* ejerce la mayor influencia en la expresión del celo. Se ha encontrado que más del 60% de las montas en grupo de animales en celo, han sido realizadas por vacas con mayor jerarquía, asimismo estas vacas no permiten que vacas subordinadas y de menor tamaño la monten durante el celo, disminuyendo la frecuencia de montas y afectando la expresión de celos (Orihuela et al., 1988).

Existen otros factores como la lluvia, fuertes vientos, movimiento de animales de un potrero a otro, o animales acostumbrados a pastoreo mantenidos bajo condiciones de encierro en corral, método que es comúnmente utilizado en programas de sincronización de celos con base a celo detectado lo cual suprime la actividad de monta (Price, 1987).

### **Efecto del macho sobre la eficacia en la detección de celos**

El rol del toro como principal factor en la eficacia de la detección de celos ha sido sobreestimada, particularmente cuando varias vacas están concomitantemente en celo, como sucede en grupos de vacas o novillas sincronizadas (Galina et al., 1996). Se ha demostrado que mientras un toro había detectado el 30% de vacas en celo en un grupo sincronizado, otro toro en el mismo lapso de tiempo recién había empezado a distinguir las vacas en celo, perdiendo considerable cantidad de tiempo montando animales que no estaban en celo. (Orihuela et al., 1988). Similares variaciones individuales entre toros han sido reportadas en varios ensayos. (Rodríguez et al., 1993). Existe también la probabilidad de aquel toro o novillo que muestra una preferencia particular por una hembra en celo y la exclusión de otras hembras en celo. (Galina et al., 1996).

Con la finalidad de superar estas dificultades de detección de celos, tanto veterinarios como ganaderos han implementado programas de sincronización e inducción de celos en ganado *Bos indicus*, los dos sistemas más populares son agentes luteolíticos como los análogos de Prostaglandina F2 alfa y los progestágenos combinados con estradiol. La utilización de análogos de Prostaglandina F2 alfa ha demostrado una eficacia variable en ganado *Bos indicus*, la respuesta estral es aproximadamente 30% menor que el 90% informado para ganado *Bos taurus*. Se han reportado casos de luteólisis parcial seguida de recuperación de la función del cuerpo lúteo cuando ganado cebuino ha sido tratado con Prostaglandina F 2 alfa además se presentan limitaciones como dificultades en la detección de celos en este biotipo animal, considerando este método el menos recomendable (Pinheiro et al., 1998).

El estudio de protocolos efectivos de sincronización de la ovulación para evitar la detección de celos en programas de I.A., ha permitido la inseminación masiva de vacas y novillas de carne y leche con pocos días de trabajo. Los protocolos más utilizados para realizar inseminación artificial a tiempo fijo, son aquellos que combinan progestágenos y estrógenos, además puede ser incluida la gonadotropina coriónica equina (eCG) en animales en anestro o con condición corporal comprometida (Pinheiro et al., 1998).

La sincronización del estro y ovulación es una herramienta de manejo que minimiza la necesidad de detección de celos de un grupo de animales en un tiempo determinado (Tenhagen et al., 2005). Un gran número de diferentes hormonas se han utilizado para manipular la actividad cíclica en animales o especies domésticas. Algunos de los métodos han sido basados en los cambios endocrinos normales, sin embargo, otros han sido basados en métodos empíricos (Noakes et al., 2001).

La necesidad de reducir las deficiencias en la detección de celo han llevado a diseñar protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (I.A.T.F.) y aún cuando puede existir variabilidad de resultados, es claro que se puede contar con una alternativa para contribuir a disminuir las deficiencias reproductivas. En nuestras condiciones, si bien los costos de administración de protocolos de I.A.T.F. pueden parecer elevados, las deficiencias en la detección de celos es un problema importante y que puede afectar la productividad de un establecimiento (Huanca, 2001).

Sin embargo, hay que señalar que una de las grandes deficiencias de los programas de sincronización es la inadecuada atención al manejo de los animales. Los protocolos de sincronización son complementarios a un buen manejo pero no lo reemplazan, por lo que debe considerarse el estado

nutricional de los animales al momento del servicio y un período de descanso postparto mayor a los 50 días (Huanca, 2001).

Entre las ventajas de la regulación farmacológica del ciclo estral se incluye mejorar la eficiencia (en algunos casos) de la detección de estros, aumentar la eficiencia reproductiva y tener un manejo eficiente de la reproducción en el establecimiento, controlar las ondas foliculares del ovario aumentando la precisión en la sincronización de los estros, incremento la fertilidad de la inseminación artificial, e inducir la actividad cíclica en animales en anestro o vaquillonas prepúberes, en el caso del uso de progestágenos.

El control del estro y ovulación requiere, ante todo, que se controle la vida media del cuerpo lúteo (CL) con prostaglandina F<sub>2α</sub>, o que se simule su función prolongando la fase luteal del ciclo estral mediante la administración de progestágenos o progesterona natural (Geary et al., 2000).

El desarrollo de las ondas foliculares puede ser controlado mediante tratamientos con GnRH, estradiol y análogos sintéticos como el benzoato de estradiol (BE), valerato de estradiol (VE), progesterona o progestágenos, PGF<sub>2α</sub>, combinados entre sí. La producción de bovinos para carne se basa en la programación de los servicios de acuerdo a las distintas condiciones climáticas y de mercado. El manejo de las pariciones en los sistemas de producción es clave para la obtención de los objetivos de producción. Durante las últimas décadas los tratamientos hormonales de sincronización han evolucionado al uso combinado de un importante número de hormonas o sus análogos sintéticos, con la finalidad de poder controlar y manipular los celos (Galina et al., 1996).

Algunos métodos para controlar el celo en ganado vacuno, consisten en el empleo de progestágenos tanto en animales cíclicos como acíclicos (Noakes, 1997). Estos actúan como un cuerpo lúteo artificial (García y Salaheddine, 2001). Una aplicación exógena de progesterona o un progestágeno sintético como el norgestomet (Crestar®), ejercen un “feed back” negativo (o retroalimentación negativa) en el hipotálamo, suprimiendo la actividad cíclica. Cuando este es removido en ausencia de un cuerpo lúteo funcional hay un retorno al estro y a la actividad cíclica (Mihm, et al., 2002).

Los mejores resultados se consiguen cuando los animales están ciclando y se inseminan sobre celo detectado (Cox et al., 1999), El norgestomet (Crestar®), posee una acción fisiológica antiluteotrópica y aumenta la sensibilidad de los órganos sexuales a los estímulos de las gonadotropinas, o una acción práctica de inducción y sincronización de estros en vacas y vaquillas, permitiendo realizar la I.A.T.F., los progestágenos (norgestomet) como el Crestar®, combinados con la gonadotropina sérica de la yegua preñada (PMSG), se pueden aplicar en vacas cíclicas y no cíclicas en cualquier fase del ciclo. El Crestar® más la administración de PMSG (Folligon®), inducen un celo y ovulación bien sincronizados que permiten una sola inseminación artificial a tiempo fijo (La Torre, 2001).

Los tratamientos con progestágenos (como el Crestar®), imitan la fase luteínica del ciclo, se ha fijado la duración del tratamiento para conseguir un celo fértil normal en nueve a doce días. Para asegurar que el cuerpo lúteo natural haya regresado al final del tratamiento, se deben asociar los progestágenos a un tratamiento luteolítico, que acorta la vida media del cuerpo lúteo, y mejoran la fertilidad del celo inducido (La Torre, 2001).

En vacas no cíclicas el progestágeno (norgestomet) sensibiliza el eje hipotálamo-hipofisario gonadal. Ello permite el empleo de Crestar® en

ganado con ovarios inactivos. La administración de PMSG (Folligon®) a la retirada del progestágeno asegura un cuerpo lúteo de vida media normal. En tratamientos con progestágenos, el celo y la ovulación se dan en un período de tiempo más corto tras la inyección de prostaglandinas. Con el Crestar® se recomienda una sola inseminación artificial a tiempo fijo (La Torre, 2001).

Es difícil precisar acerca del costo beneficio de la sincronización del estro, debido a que este varía de región a región, la efectividad del tratamiento, y la eficiencia reproductiva de los animales antes del tratamiento (Ball y Peters, 2004).

## **1.2. Justificación**

Con el crecimiento de las empresas ganaderas y el consiguiente aumento de los gastos y salarios, en muchas situaciones parece inadecuado permitir que los animales impongan sus ritmos reproductivos intrínsecos. Suele resultar difícil e incluso imposible detectar los estros mediante observación o utilizando machos con desviación de pene, y ninguno de estos métodos permite llevar a cabo la inseminación artificial en el momento óptimo de fertilidad. Sería mucho más lógico y satisfactorio poder controlar el ciclo estral de los animales mediante tratamientos farmacológicos, de manera que se pueda predecir el momento del estro en la gran mayoría de los animales que recibieron el tratamiento. Además, si se pudiera determinar el momento exacto de la ovulación, sería posible inseminar los animales a tiempo sin tener que fijarse en las manifestaciones de comportamiento que podrían inducir a error, inseminando a destiempo (Alberio, 2003).

Un sistema de control del ciclo éstrico debería intentar imponer un calendario reproductivo conveniente, en vez de dejar que las hembras impongan sus propios ritmos reproductivos. En la práctica, teniendo en cuenta que uno de los objetivos de la sincronización de los ciclos es tener un grupo numeroso de animales que presenten el estro al mismo tiempo, es lógico que la inseminación artificial sea un método habitual en estas técnicas. Los beneficios de la sincronización se pueden agrupar en varios aspectos generales como económico, sanitario, y organizativo (Hunter, 1990)

Programas de detección de estro pueden ser inefectivos debido a los pobres controles o a la falta de registros, además estrategias pobres de manejo en cada uno de los establecimientos, pueden hacer que fallen los tratamientos de sincronización de celo (Rekwot et al., 1999). Otro factor que dificulta la posibilidad de alcanzar las metas fijadas, son las deficiencias nutricionales (Mateus et al., 2002).

La sincronización del estro no es la única forma de resolver problemas de eficiencia reproductiva por lo que se requiere de habilidad para desarrollar un programa de sincronización funcional (Brand et al., 1996).

Un programa de manejo reproductivo (sincronización de celo) en un establecimiento ganadero está orientado a obtener óptimos parámetros reproductivos, entre ellos:

- Una reducción del intervalo entre partos, buscando obtener una máxima eficiencia para garantizar el retorno económico (Cairolí et al., 2006).
- Reducir el tiempo necesario para detectar el estro.
- Lograr concentrar los celos.
- Facilitar el uso de la I.A. especialmente en rebaños de vacas para carne, tratando a los animales en grupos con semen de reproductores identificados como genéticamente superiores.
- Acelerar la tasa de avances genéticos en rodeos (Bearden y Fuquay, 1982).
- Permitir la inseminación artificial según un plan prefijado (en combinación con un procedimiento para controlar el momento de la ovulación).
- Poder alimentar a los animales en grupos uniformes especialmente cuando es preciso cambiar la dieta según el estado de gestación.
- Después de una fecundación sincronizada para limitar el período de parto en una manada o rebaño.
- Permite la supervisión de los nacimientos (quizás en combinación con un sistema de inducción del parto, con el fin de reducir la mortalidad neonatal y redistribuir eficazmente las crías).
- Permite destetar y engordar grupos de animales en forma uniforme.
- Facilita la comercialización de semovientes.
- Favorece la introducción de medidas estrictas para el control de enfermedades.

- Permite el empleo de otras técnicas como el trasplante de embriones y en general para racionalizar el uso de recursos, trabajo y edificios (Hunter, 1990).

La búsqueda de elevados índices de producción asociados con una alta eficiencia reproductiva, deben ser las metas fijadas por los productores para mejorar su productividad y un satisfactorio retorno económico (Huanca, 2001).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la efectividad de un programa de sincronización e inducción de celos utilizando un implante auricular de progesterona en combinación con valerato de estradiol, PMSG y GnRH, en ganado *Bos indicus* x *Bos taurus* en la zona norte de Costa Rica.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- 1.3.2.1. Evaluar el índice de preñez con un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo utilizando un implante de progesterona auricular, valerato de estradiol, PMSG y GnRH.
- 1.3.2.2. Conocer el índice de preñez de un protocolo de I.A.T.F. con base en un implante de progesterona auricular, valerato de estradiol y PMSG.
- 1.3.2.3. Comparar el índice de preñez y el índice de detección de calor de los dos protocolos utilizados, para determinar cuál de ellos es el más efectivo en este trabajo.
- 1.3.2.4. Determinar el índice de concepción en ambos protocolos de I.A.T.F.

## 2. METODOLOGÍA: Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en la finca del señor Tulio Rojas, ubicada en Boca de Arenal en San Carlos de Alajuela, la cual fue seleccionada tomando en cuenta algunas de sus características como lo son su área, el número de animales, hembras de edades similares (de 15 a 20 meses) e igual manejo para todos los animales. En esta finca se practica una ganadería extensiva con animales *Bos indicus x Bos taurus*, los cuales son híbridos producto del cruce entre diferentes razas (Brahman y Charolais). La explotación cuenta con un total de 275 animales aproximadamente, la alimentación se basa en la rotación de potreros los cuales tienen diversos forrajes como por ejemplo la estrella africana, pasto Toledo y Retana entre otros.

Antes de iniciar con el programa de sincronización, se seleccionaron las posibles novillas, 60 (ya que en la finca existen aproximadamente unas 80 novillas entre 15 y 20 meses de edad), esta cantidad de animales se separó en dos grupos, de 30 cada uno, dicha selección se realizó con base en una inspección visual de las novillas con el fin de determinar su estado físico y se aceptaron sólo animales con una condición corporal entre 5 y 7 en una escala de 1 a 9. Adicionalmente, las hembras deben estar en un plano nutricional de ganancia de peso (Patterson, 2002). Además, se realizó una palpación rectal por animal para definir su estado reproductivo (ciclando o en anestro) y se verificó la condición del aparato reproductor de cada hembra, para descartar novillas no aptas.

Se utilizaron dos protocolos para la sincronización de celos:

- En el primer protocolo al día cero se utilizó un implante auricular que contiene 3 miligramos (mg) de norgestomet (Implante Crestar®) y la administración intramuscular (inyectable Crestar®) de 2 mililitros (ml) de

una solución oleosa que contiene, valerato estradiol 5 mg. y norgestomet 3 mg, Al día 9 se retiró el implante y se administró 2,5 ml (500 unidades internacionales) de PMSG (Folligon®) intramuscular y a las 48 horas se realiza la I.A.T.F. (Favero et al., 1993).

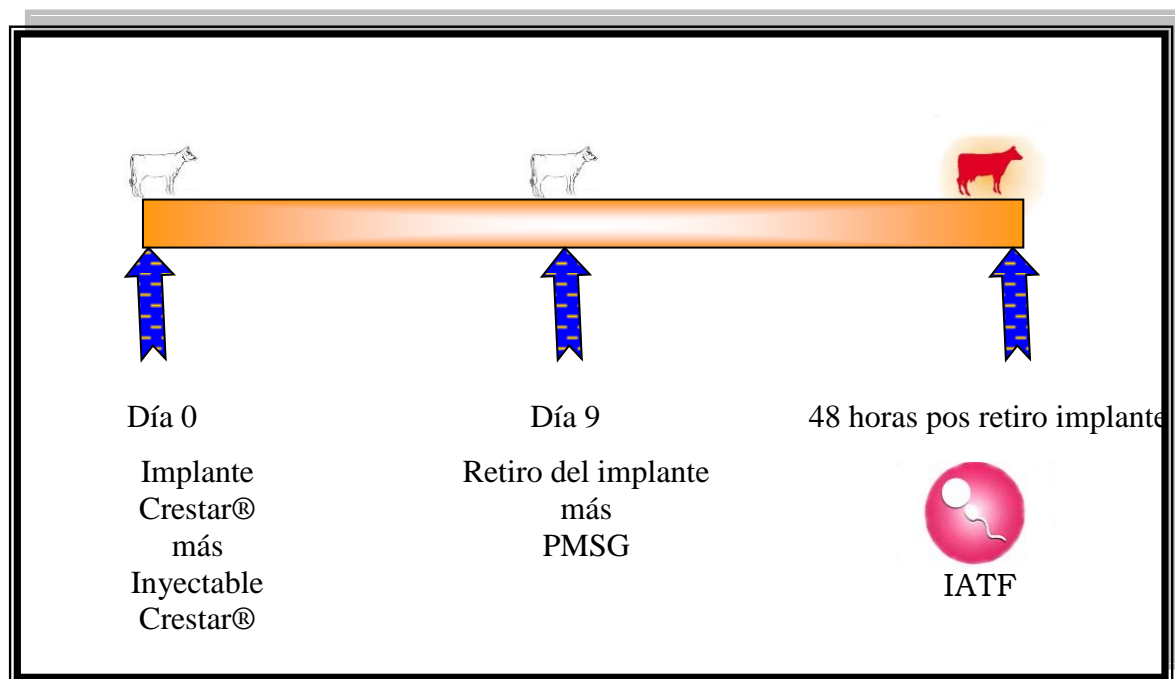


Figura 1. Protocolo número uno.

- En el segundo protocolo que se usó, se empleó al día 0 el implante auricular (Crestar®) más la administración intramuscular (inyectable Crestar®) de 2 ml de una solución oleosa que contiene, valerato estradiol 5 mg y norgestomet 3 mg., al día 9 se retiró el implante y se administró una dosis intramuscular de 2,5 ml de PMSG (500 UI Folligon®), cuarenta y ocho horas después se administró 1 ml de GnRH (Fertagyl®) intramuscular al momento de la I.A.T.F. (Martínez et al., 2005).

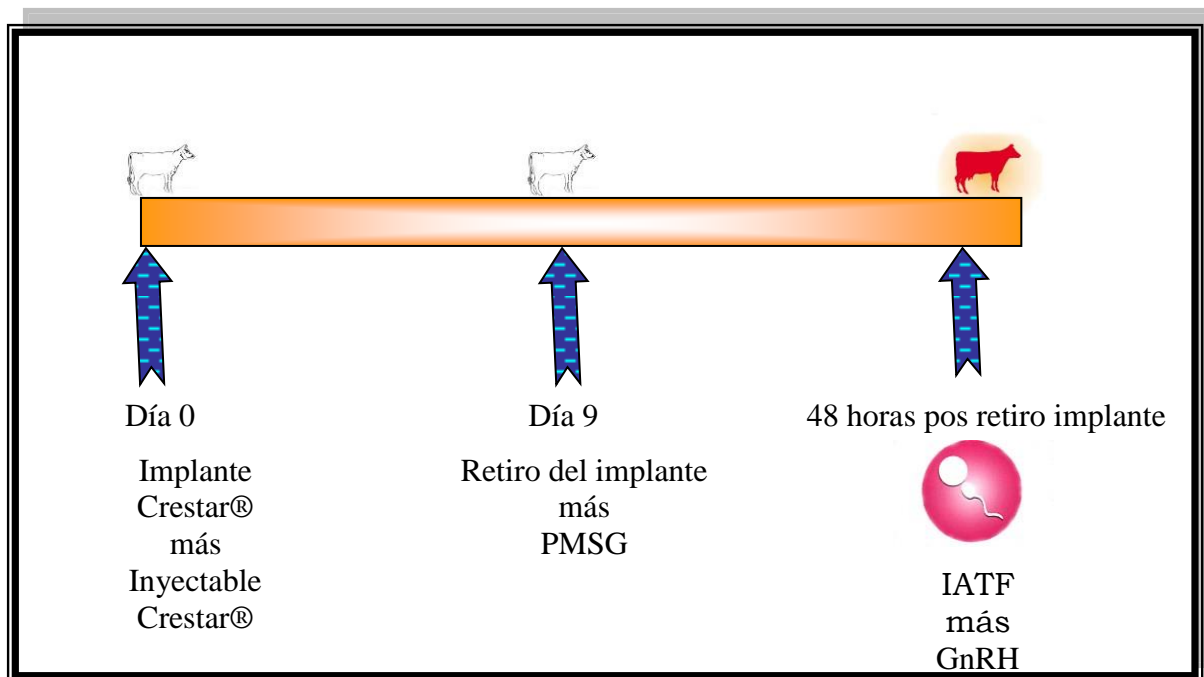


Figura 2. Protocolo número dos que se utilizó.

La forma de administrar el implante Crestar® es muy importante, se debe desinfectar la zona por donde va a perforar la piel la pistola implantadora, luego se debe cargar la pistola con el implante y posteriormente ponerlo en la cara externa y en la parte media de la oreja, depositando el implante en el subcutáneo (La Torre, 2001).

La detección de celos se inició 24 horas después de retirar el implante, y se llevó a cabo por un lapso de 3 días. Se realizaron 3 observaciones de una hora diariamente; la primera a las 7:30 am, la segunda a las 11.30 am y la tercera a las 4.30 pm.

Para la inseminación, se requirió de un tanque para almacenar nitrógeno líquido y el semen, un termo pequeño para descongelarlo, toallas de papel, termómetro, pinzas para extraer pajillas de 0.5 y 0.25mm, fundas para la inseminación, pistola de inseminación, y camisas plásticas sanitarias

(Bearden y Fuquay, 1982). Luego se procede a extraer del termo que contiene el nitrógeno líquido, la canasta con las raquetas que contienen las pajillas de semen, estas se llevan a un termo con agua a una temperatura entre 35-37 grados Celsius, 30 segundos después se saca la pajilla del termo y se seca, luego se colocó en la pistola de inseminación, se cubrió con una funda plástica y se pone la camisa sanitaria respectivamente (Hunter, 1990), cuando se realizó la palpación rectal también se necesitaron guantes plásticos y aceite o gel lubricante.

Posteriormente se dejaron las hembras durante diez días en potrero, al día 11 después de ser inseminadas se ubicaron con un toro, para no perder el siguiente celo en caso de que no hubiesen quedado preñadas, y se palparon a los 60 días posteriores de la inseminación o monta natural (Patterson et al., 2001), los toros ya habían sido examinados para determinar si poseen o son portadores de alguna enfermedad infecciosa, además se les realizaron algunos análisis andrológicos.

El implante que se utilizó en cada hembra es el Crestar® que contiene 3 miligramos (mg) de norgestomet y el Crestar® inyectable (intramuscular) contiene 3 mg de norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol (en 2 ml).

También se utilizó Folligon® que cada frasco contiene 1000 UI de PMSG (5 ml). Junto con Crestar® induce la ovulación en animales en anestro. Se empleó una pistola implantadora para Crestar® distribuida por laboratorios Intervet, además se hizo uso de una aguja por vaca para la administración de fármacos intramusculares calibre 18 por 1 ½ pulgadas, algodón, alcohol y jeringas de 5 mililitros.

Con el propósito de comparar los dos protocolos utilizados se va a usar el índice de sincronización (I.S.), o de detección de calor, que corresponde al

número de animales detectados en celo en un período definido, dividido entre el número de animales tratados.

$$\text{I.S.} = \frac{\text{\# de animales detectados en celo en un período de tiempo definido.}}{\text{\# de animales tratados.}}$$

Cuadro 1. Fórmula para determinar el índice de sincronización (Johnson y Stevenson, 2002).

El índice de concepción (I.C.), es el número de animales preñados dividido entre el número de animales inseminados.

$$\text{I.C.} = \frac{\text{\# de animales preñados.}}{\text{\# de animales inseminados.}}$$

Cuadro 2. Fórmula para determinar el índice de concepción (Johnson y Stevenson, 2002).

Y el índice de preñez (I.P.), es el número de preñados entre el número de tratados (Johnson y Stevenson, 2002).

$$\text{I.P.} = \frac{\text{\# de animales preñados.}}{\text{\# de animales tratados.}}$$

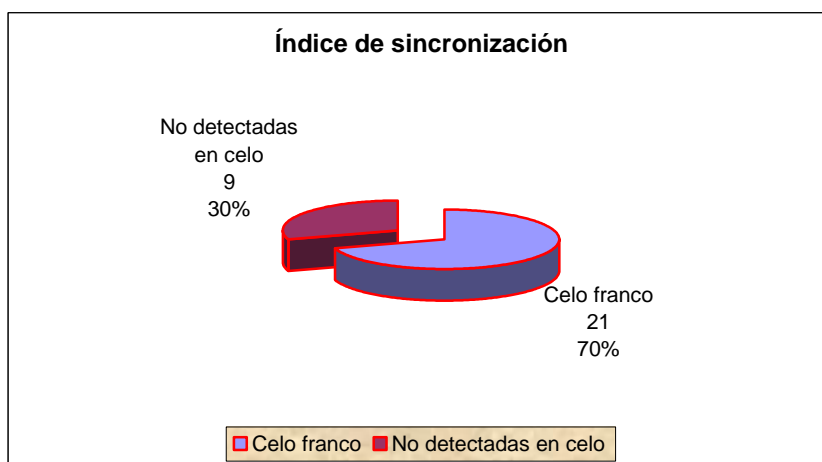
Cuadro 3. Determinación del índice de preñez (Johnson y Stevenson, 2002).

### **3. RESULTADOS**

Para desarrollar un análisis de los resultados es importante entender la terminología usada en los diferentes programas de sincronización e inducción de celos, ya que esto permite el desarrollo de expectativas realistas de acuerdo a los datos o números obtenidos. Los datos comúnmente reportados acerca de los métodos de sincronización incluyen, el índice de sincronización, el índice de concepción y el índice de preñez del protocolo que se utilizó. (Johnson y Stevenson., 2002).

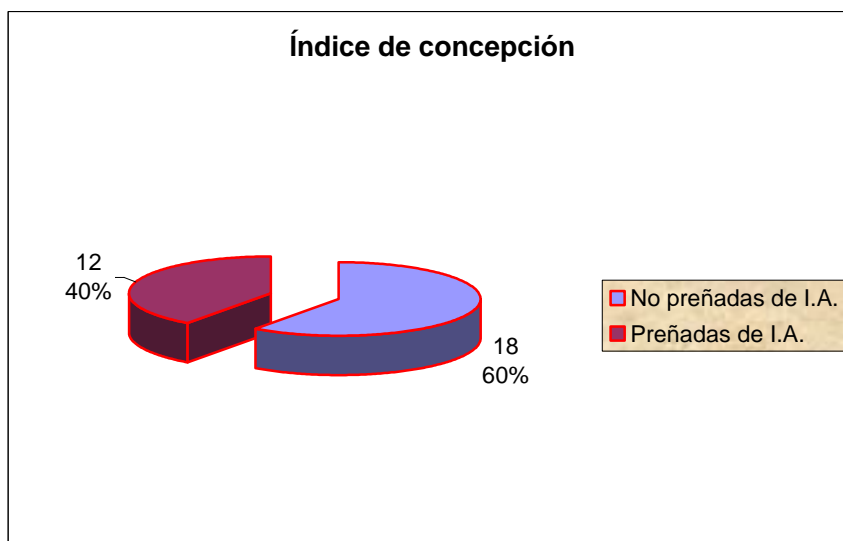
Se debe recalcar que los datos obtenidos en este estudio se tomaron de un total de 60 animales, los cuales fueron separados en dos grupos de treinta novillas cada uno, a estos dos lotes se les aplicó uno de los protocolos antes descritos.

El primer resultado importante a tomar en cuenta utilizando el protocolo número uno es el índice de sincronización o de detección de calor, este representa el número de animales detectados en celo en un periodo definido, dividido entre el número de animales tratados. De 30 vacas tratadas con este protocolo, manifestaron un celo franco 21 de ellas, lo cual indica que se obtuvo un 70% de novillas detectadas en celo (Cuadro 4).



Cuadro 4: Índice de sincronización del protocolo número uno.

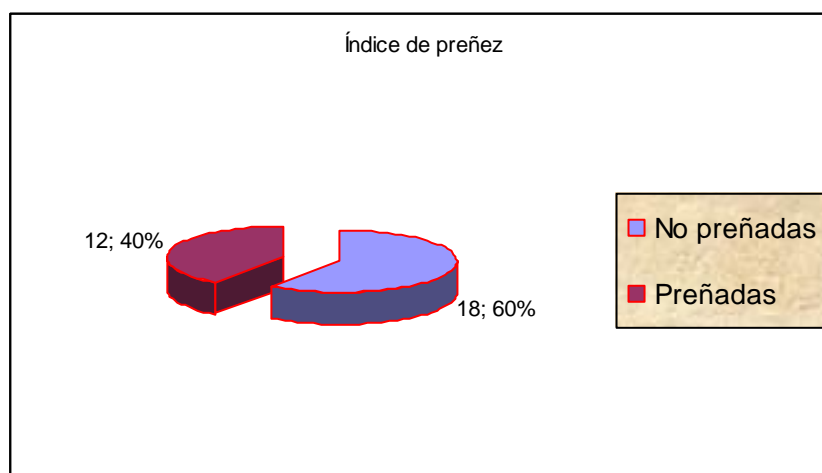
El índice de concepción por su parte, es el número de animales preñados mediante la inseminación artificial, dividido entre el número de animales inseminados. En esta investigación se inseminaron 30 hembras las cuales mediante una palpación rectal sesenta días después de la I.A.T.F. se determinó que se preñaron 12 de ellas. Estos datos revelan que se alcanzó un 40%, con el índice de concepción del protocolo número uno (Cuadro 5).



Cuadro 5: Índice de concepción del protocolo número uno.

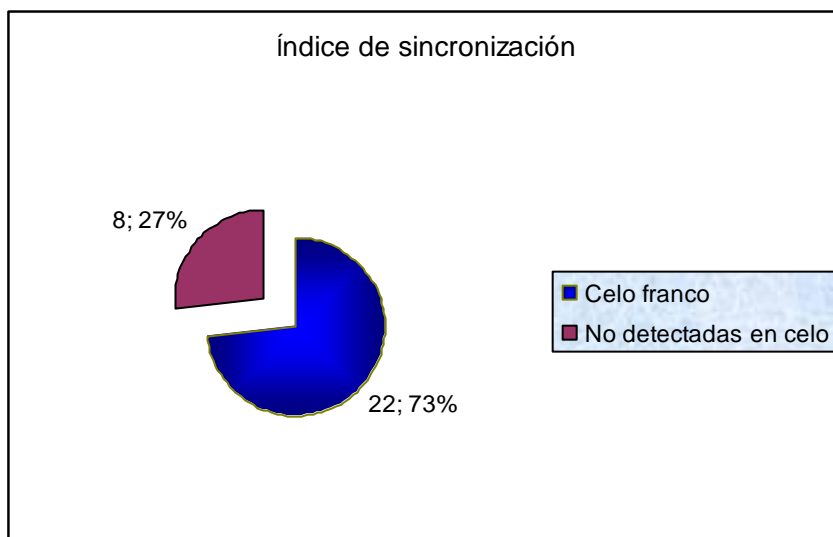
En los términos utilizados, el índice de preñez del protocolo número uno, resulta del número de vacas que se preñaron mediante la inseminación artificial, tomando en cuenta todos los animales tratados.

Como se mencionó anteriormente, para obtener los resultados de esta investigación se utilizaron 30 animales, de los cuales en el momento de llevar a cabo el diagnóstico de preñez mediante la palpación rectal hubo 12 hembras preñadas de la I.A., lo que representa un índice de preñez del 40% (Cuadro 6).



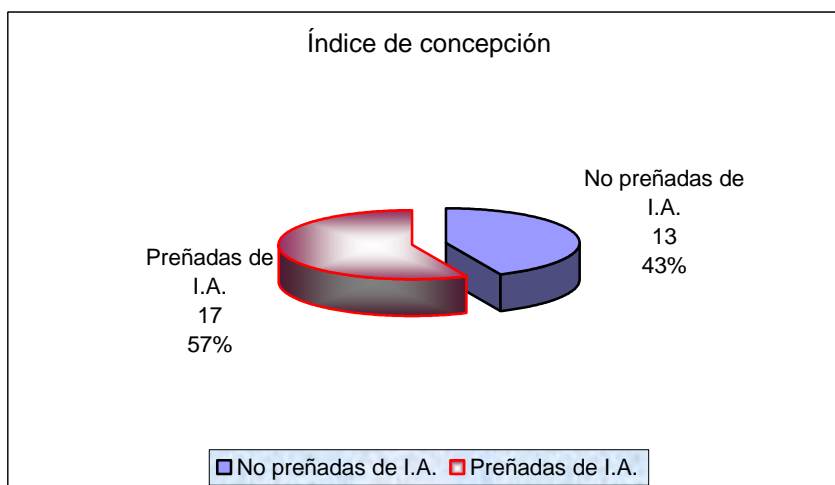
Cuadro 6: Índice de preñez del protocolo número uno.

Los resultados obtenidos en el estudio, utilizando el protocolo número dos son, iniciando con el índice de sincronización o de detección de calor, este indica número de animales detectados en celo en un periodo definido, dividido entre el número de animales tratados. Al igual que el protocolo anterior se utilizó un grupo de 30 novillas de las cuales 22 presentaron un celo franco, lo que representa un 73% de hembras en celo (Cuadro 7).



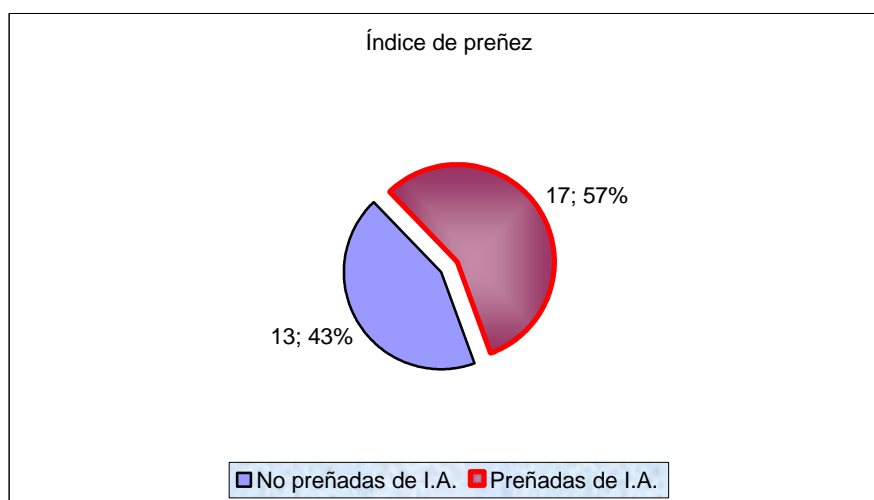
Cuadro 7: Índice de sincronización del protocolo número dos.

El índice de concepción, se obtuvo de igual manera, en este estudio se inseminaron 30 hembras, las cuales mediante una palpación rectal que se realizó sesenta días después de la inseminación artificial, se determinó que se preñaron 17 de ellas. Estos datos revelan que se alcanzó un 57% de preñez en el índice de concepción del protocolo número dos (Cuadro 8).



Cuadro 8: Índice de concepción del protocolo número dos.

Los resultados obtenidos con el protocolo número dos en cuanto al índice de preñez, recordemos que resulta del número de vacas que se preñaron mediante la inseminación artificial, tomando en cuenta todos los animales tratados, como se recalcó anteriormente, para obtener los resultados de esta investigación se utilizaron 30 animales, de los cuales al momento de llevar a cabo el diagnóstico de preñez mediante la palpación rectal (60 días después de la inseminación artificial) hubo 17 hembras preñadas de la I.A., lo que representa un índice de preñez del 57% (Cuadro 9).



Cuadro 9: Índice de preñez del protocolo número dos.

#### 4. DISCUSIÓN

La mayor parte de la vida de un animal fértil está constituida por periodos sin actividad cíclica regular (anestro). El periodo juvenil y los periodos de anestro, de gestación y lactación ocupan mucho más tiempo que los relativamente cortos periodos de actividad cíclica. Sin embargo los periodos de ciclicidad copan la mayor parte de la atención. Este es el periodo en el que el hombre interfiere más frecuentemente con el proceso reproductivo (elección del macho / I.A.; control del celo; inducción de la ovulación, etc.) y durante el mismo tienen lugar la mayoría de los problemas asociados a la reproducción (La Torre, 2001).

En nuestro país se han utilizado diversos protocolos para la sincronización de celos y ovulación con el fin de mejorar la genética de nuestros hatos, en periodos de tiempo mucho más cortos, se han utilizado los progestágenos combinados con otros fármacos, tomando en cuenta dos principios: el acortamiento de la fase luteal y el alargamiento o la creación de una fase luteal exógena, por medio del uso de progesterona aplicada en implantes subcutáneos en el pabellón auricular.

Los tratamientos basados en la utilización de implantes subcutáneos con progestágenos como el norgestomet (Crestar®), imitan la fase luteínica del ciclo. Con un tratamiento de 10-12 días se consigue un celo fértil normal. Para asegurar que el cuerpo lúteo natural haya regresado al final del tratamiento, se deben asociar los progestágenos a un tratamiento luteolítico. Existen dos opciones: administración de valerato de estradiol (VE) al comienzo del tratamiento o aplicar una inyección de prostaglandinas al final del mismo (Geoffrey et al., 1996).

Una gran ventaja que presentan estos protocolos es que contrario a lo que sucede con las prostaglandinas, cualquier análogo de la progesterona se

puede usar en animales cíclicos y no cíclicos. Esto permite la utilización de progestágenos en animales que presenten un anestro (Broers et al., 1996).

No obstante, como se mencionó anteriormente, luego de gran cantidad de trabajos llevados a cabo, actualmente se sabe que la mejor opción para una exitosa inducción y sincronización de celos, requiere la manipulación tanto del cuerpo lúteo como de la onda folicular (Downing et al., 2002; Patterson et al., 1999).

Es así como también se han creado protocolos de sincronización del estro y la ovulación con GnRH, en donde se busca la manipulación del ciclo reproductivo de las hembras utilizando una secuencia de inyecciones hormonales que permiten el control tanto de la fase lútea como de la fase folicular, para obtener una ovulación fértil en un momento predeterminado. (Pursley et al., 1997)

Este trabajo, ha permitido obtener resultados de acuerdo a las características existentes en nuestro país, como las condiciones climáticas o ambientales, así como también manejo y genética.

Como se pudo notar en los resultados el índice de sincronización en ambos protocolos es muy similar, esto se debe a que la diferencia entre el protocolo número uno y el número dos es la aplicación del GnRH al momento de la inseminación artificial. Algunos estudios que evalúan la efectividad de tratamientos sincronizantes a base de progestágenos y estradiol como valerato, revelan que un alto porcentaje de animales exhiben signos de estro en forma muy temprana después de la supresión del tratamiento y en forma altamente sincrónica (77%-100%) (Gutiérrez et al., 1995). En la presente investigación se encuentra que el protocolo número uno arroja un 70% en el

índice de sincronización y con el protocolo número dos un 73%, lo que concuerda con el reporte del autor antes mencionado.

Con respecto al índice de sincronización se obtuvieron resultados dentro de los rangos reportados por otros autores con novillas Brahman en condiciones tropicales, en climas templados y con animales tanto *Bos indicus* como *Bos taurus* (Corbet et al., 1999; Spitzer et al., 1978)

En cuanto a las proporciones de animales en estro en diferentes momentos después del retiro de los implantes, los presentes resultados concuerdan con los de Spitzer et al. (1978), en ganado *Bos taurus*, ya que 48 horas después del retiro de los implantes estos autores observaron entre el 59 y el 88% de animales en calor; pero esta concordancia se pierde más tarde, ya que los mismos autores observaron que 72 horas después del retiro entre el 77 y el 90% de los animales estaban en estro. La diferencia podría deberse a que en el *Bos taurus* el estro es más prolongado que en el *Bos indicus* (Galina et al., 1996). Por otra parte, el porcentaje de animales en estro a las 40 horas después del retiro del implante es similar al observado por Corbet et al. (1999).

Un estudio realizado por Medrano et al. (1996) concuerda con esta investigación, ya que se sugiere que el uso de Norgestomet y valerato de estradiol puede dar buenos índices, sin embargo, cabe señalar que ellos correlacionaron sus resultados con la condición corporal. La condición corporal se debe cuidar siempre en los programas de sincronización de calores, ya que es un factor que puede influir sobre los resultados, en la presente investigación la condición corporal fue un criterio de selección.

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los de McGowan et al. (1992), ya que este reporta que no existen diferencias entre

animales tratados con norgestomet, que mostraban celo post-tratamiento y novillas sometidas al mismo tratamiento que no exhibían signos de celo al momento de la IA a tiempo fijo. Según citas anteriores esto puede deberse a que los animales dominantes, presentan estro y ovulan pero no permiten ser molestadas ni montadas por otros animales de menor rango, por tanto, se dificulta la detección externa de signos de estro y los animales no son inseminados a tiempo, disminuyendo en forma apreciable la tasa de preñez y de concepción del celo sincronizado.

Adicionalmente, la época del año también influye sobre la manifestación de celo posterior a la sincronización, manifestándose en un 60% en la época seca y del 35.2% en la época lluviosa. Estos resultados concuerdan con los de Richards *et al.* (1988), que encuentran diferencias entre estaciones del año para el número de animales que muestran celo posterior a la aplicación del norgestomet.

En contraste Zakari *et al.* (1981) y Randel (1984) mencionaron que la receptividad sexual de las hembras se ve afectada por las épocas en las cuales la temperatura es alta y la calidad del forraje es baja. Se han descrito diversos factores que pueden afectar la presentación del estro, lo que concuerda con lo reportado por Orihuela (2000) y Lamothe-Zavaleta *et al.* (1995), que describieron factores como interacciones sociales, manejo de los animales, ambientales, nutricionales, edad, estado fisiológico, genética y finalmente la presencia del toro, dichos factores por si solos o en asociación pueden llegar a retrasar o adelantar la presentación de las conductas sexuales. En esta investigación no se tomó en cuenta la época del año, la precipitación, ni las temperaturas.

El índice de preñez obtenido en esta investigación oscila entre un 40% con el protocolo número uno y un 57% con el protocolo número dos, otros

autores señalan que el índice de preñez es mayor en novillas que inician su tratamiento de sincronización con progestágenos a partir del día 9 del ciclo estral, que novillas entre los días 2 y 8, principalmente cuando se realizan tratamientos cortos. La regresión del cuerpo lúteo ocurre alrededor del día 18 del ciclo estral. Por lo que al retirar un tratamiento de progestágenos con duración menor a doce días, habrá algunos animales que aun tengan un cuerpo lúteo que interfiera con la respuesta, por esta razón los tratamientos cortos deben ser acompañados con la administración de un agente luteolítico (Prostaglandinas o estrógenos) que se aplican al inicio (Medrano et al., 1996; Orihuela et al., 1989; Pursley et al., 1997). En el presente trabajo no se diferenció el día del ciclo en que se encontraban las novillas que eran candidatas a ser implantadas con el progestágeno.

Sin embargo, debe manifestarse que Favero et al. (1993), Bo et al. (1994) y Silva et al. (1992), no encontraron diferencias significativas en cuanto al momento del ciclo estral al iniciar el tratamiento de sincronización ni en cuanto a la fertilidad obtenida en tratamientos cortos entre animales sincronizados y sus controles, lo cual no fue un aspecto considerado en la presente investigación.

Richards et al. (1988), reportan que existe una influencia negativa entre el peso de los animales y el índice de preñez. Animales con pesos altos poseen tasas de preñez más bajas que aquellos animales con pesos menores a 300 kg, probablemente la facilidad al momento de la inseminación y el alto número de hembras en celo luego de retirado el implante, pueden explicar esta asociación en este estudio, igualmente animales muy delgados o emaciados tienen tasas de concepción bajas. Como ya se mencionó uno de los parámetros que se evaluó en esta investigación fue la condición corporal de las posibles novillas candidatas a ser implantadas, que estuvieran en un plano de condición entre 5 y 7 en escala de 1 a 9, pero no se detalló si existe

una correlación entre la condición corporal y las tasas de preñez y concepción.

El índice de concepción obtenido fue de un 40% con el protocolo número uno y un 57% con el protocolo número dos, Corbet et al. (1999), reportan un promedio alrededor del 60% de concepción, y es similar al que observaron Koppel y Rodríguez (1992), con la utilización del GnRH. Por otro lado, Pinheiro et al. (1998) menciona en un estudio realizado utilizando un protocolo con el implante auricular de norgestomet sin el GnRH al momento de la inseminación artificial un 45% en el índice de concepción en novillas, esto se asemeja a los resultados obtenidos en esta investigación. Se debe recordar que, el índice de concepción es afectado por la edad y por la interacción edad versus ciclicidad. El índice de concepción se incrementa conforme aumenta la edad. (Geary et al., 2000).

Con la realización de este estudio, bajo las condiciones de la finca involucrada se puede concluir que existe una diferencia positiva de un 17% en el índice de concepción al utilizar el protocolo número dos, que incluye el GnRH al momento de la inseminación artificial a tiempo fijo, ya que causa liberación de la LH, ocasionando una ovulación sincronizada (Patterson et al., 2001; Geary et al., 2000).

Con respecto al índice de sincronización, los resultados obtenidos son muy similares en los dos protocolos, induciendo una buena sincronización de celos y dando una diferencia positiva de un 3% con el protocolo número dos, esta diferencia se podría deber a variaciones de algunos factores propios como manejo, ambiente y genética de dicha explotación.

En este estudio el índice de preñez y el índice de concepción arrojó un resultado igual, ya que en el desarrollo del trabajo de campo tanto el número

de animales inseminados como el número de animales tratados fue el mismo y esta es una de las diferencias en la fórmula que nos permite identificar el índice de concepción (es el número de animales preñados entre el número de animales inseminados) y el índice de preñez (que es el número de animales preñados entre el número de animales tratados) por esta razón es que no existe diferencia ente estos dos índices.

Sería oportuno complementar esta investigación para poder medir la influencia que ejercen algunos factores, que en este trabajo no se evaluaron, como los pesos de animales, temperaturas ambientales, época del año, precipitaciones, condición corporal y la nutrición.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberio, R. H. 2003. Nuevas biotecnologías reproductivas aspectos biológicos y económicos [en línea]. 1ª. ed. Grupo de Biotecnología de la Reproducción - INTA Balcarce, Buenos Aires, Argentina. [http:// www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/ reproduccion/ alberio.htm](http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/reproduccion/alberio.htm) (Consulta: 25 ene. 2007).
- Ball, P. J. H., & A. R., Peters. 2004. *Reproduction in cattle*. 3 rd. ed. Blackwell, U.S.
- Basurto H., & Hernández I. 2002. “Sincronización del estro en bovinos en condiciones tropicales”. <http://fmvz.uat.edu.mx/Investigación/mrormorias/principal6.htm> (Consulta: 14 ene. 2007)
- Bearden, J. H., & J. Fuquay. 1982. *Reproducción animal aplicada*. 1a. ed. El Manual Moderno, México.
- Bo, G. A., G. P. Adams, R. A. Pierson, H., E. Tribulo, M. Caccia, & R. Mapletoft. 1994. Follicular wave dynamics after estradiol - 17b treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*. 41: 1555 - 1569.
- Bossis I, R.P. Wettemann, S.D. Welty, J.A. Vizcarra, L.J. Spicer, & M.G. Diskin. 1999. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: Ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. *J. Anim. Sci.* 77: 1536-1546.
- Brand, A., J.P.T.M. Noordhuizen, & Y. H. Schukken. 1996. *Herd health and production management in dairy practice*. 1 st. ed. Wageningen, Netherlands.
- Broers P. ISBN 1996. *Compendium de Reproducción Animal*. Segunda Edición. Laboratorio Intevet S. A. pp. 20 – 30.
- Burke J.M., J.H. Hampton, C.R. Staples, & W.Thatcher. 1998 Body condition influences maintenance of a persistent first wave dominant follicle in dairy cattle. *Theriogenology* 49: 751-760.
- Cairolì, F., A. Mollo, MC. Veronesi, B. Renaville, M. Faustini & M. Battocchio. 2006. Comparison between clorprostenol-induced and spontaneous oestrus fertility in dairy cows [en línea]. *Reprod. Dom. Anim.* 41: 175-179. [www.blackwell.de/synergy](http://www.blackwell.de/synergy) (Consulta: 8 Ene 2007).

- Castro, R. A. 2002. Ganadería de leche enfoque empresarial. 1<sup>a</sup>. ed. Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.
- Cavalieri, J., & L. Fitzpatrick. 1995. Oestrus detection techniques and insemination strategies in *Bos indicus* heifers synchronised with norgestomet – oestradiol. *Anim. Behav.*, 70: 1-16
- Corbet J., R. Miller, B. Bindon, H. Burrow, M. Occhio, & K. Entwistle. 1999. Synchronization of estrus and fertility in Zebu beef heifers treated with three estrus synchronization protocols. *Theriogenology*; 51: 647-59.
- Cox, J. F., V. Contreras, N. Letelier, F. Saravia, A. Santa María, A. Lobos, & S. Recabarren. 1999. Sincronización de estros con GnRH y prostaglandina F<sub>2</sub> $\alpha$  en vacas Holstein Friesian en confinamiento [en línea]. *Arch. med. vet.* 31:1. [www.scielo.org.pe/](http://www.scielo.org.pe/). (Consulta: 5 dic. 2006).
- Cunningham, G. J. 1999. Fisiología veterinaria. 2nd. ed. McGraw-Hill, México.
- Downing E. R., Whittier J. C., Downing L. D., Burns P. D., Seidel G. S., & Moon N. 2002. "An evaluation of a modified MGA-Select Synch treatment to synchronize estrous in postpartum beef cows". Colorado State University. Department of Animal Sciences. <http://ansci.colostate.edu/ran/beef/2002/erd02.htm> (consulta: 20 ene 2007)
- Evans, A. C. O., G. P. Adams., & N. C. Rawlings. 1994. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *J. Reprod. Fertil.* 100:187-194.
- Favero, R. J., D. B. Faulkner & D. J. Kesler. 1993. Norgestomet implants synchronize estrus and enhance fertility in beef heifers subsequent to a timed artificial insemination. *J. Anim. Sci.* 71: 2494-2600.
- Foster D.L., & S. Nagatani. 1999. Physiological perspectives on leptin as a regulator of reproduction: Role in timing puberty. *Biol. Reprod.* 60: 205-215.
- Galina C., Orihuela A, Rubio I. 1996. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 42: 465-70.
- Garcia, A., & M. Salaheddine. 2001. Effect of oestrus synchronization with estradiol 17 $\beta$  and progesterone on follicular wave dynamics in dairy heifers [en línea]. *Reprod. Dom. Anim.* 36: 301-307. [www.blackwell.de/synergy](http://www.blackwell.de/synergy) (Consulta: 10 dic, 2006).

- Geary, T.W., E.R. Downing, J.C. Bruemmer, & J.C. Whittier. 2000. Ovarian and estrous response of suckled beef cows to the Select Synch estrous synchronization protocol. *J. Anim. Sci.* 16:1-5.
- Geoffrey H. A., D. E. Noakes, H. Pearson, & T. J. Parkinson. 1996. *Veterinary Reproduction Obstetrics*. Seven Edition. Great Britain. Ed W. B. Saunders Company Ltd. pp. 38 – 40.
- Grunert, E. & M. Berchtold. 1988. *Infertilidad en la vaca*. 1<sup>a</sup>. ed. Hemisferio Sur, Uruguay.
- Gutiérrez, C., C. Galina, L. Zarco, & I. Rubio. 1995. Evaluation of ovarian activity in gyr and indobrazil crossbred holstein heifers during the months of march to june in the wet tropics of México. *J. Anim. Sci.* 10: 17 - 20.
- Huanca, W. 2001. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 12: 161-163.
- Hunter, R. H. F. 1990. *Fisiología y tecnología de la reproducción de la hembra de los animales domésticos*. 1<sup>a</sup>. ed. Acribia, España.
- Jackson, P. G. G. 2004. *Handbook of veterinary obstetrics*. 2 nd. ed. Saunders, Edinburgh.
- Johnson, S. & J. Stevenson. 2002. Strategies for synchronizing estrus and ovulation in cows and heifers [en línea]. K-State research and extension. [www.oznet.ksu.edu/nwao/NW%20LIVESTOCK](http://www.oznet.ksu.edu/nwao/NW%20LIVESTOCK) (Consulta: 10 Ene. 2006).
- Koppel, R. E. T., & R. O. L. Rodríguez. 1992. Sincronización del celo con progestágenos e I.A. en vaquillas Cebú en el trópico (en línea). <http://www.mexico.ganadero.org/reprod/> (Consulta: 03 mar. 2007)
- La Torre, W. 2001. Métodos de reducción de los días abiertos en bovinos lecheros [en línea]. *Rev. Investig. Vet. Perú.* 12: 179-184. <http://www.scielo.org.pe/>. (Consulta: 20 dic. 2006).
- Lalman, D. L., D. H. Keisler, J. E. Williams, E. J. Scholljegerdes, & D. M. Mallet. 1997. Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrus by undernourished suckled beef heifers. *J. Anim. Sci.* 75: 2003-2008.
- Lamothe-Zavaleta, C., F. Montiel, G. Fredriksson, & C. S. Galina. 1995. Reproductive performance of Zebu cattle in Mexico 3. Influence of season and social interaction on the timing of expressed oestrus. *J. Dairy Sci.* 62: 163 - 169.

- Mackey, D. R., J. M. Sreenan, J. F. Roche, & M.G. Diskin. 1999. Effect of acute nutritional restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotrophin concentrations in beef heifers. *Biol. Reprod.* 61: 1601-1607.
- Martínez, F. M., J. P. Kastelic, M. G. Colazo, & R. J. Mapletoft. 2005. Effects of estradiol on gonadotrophin release, estrus and ovulation in CIDR-treated beef cattle [en línea]. *Domestic animal endocrinology*. [www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/dae](http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/dae). (Consulta:18 jul. 2006).
- Mateus, L., L. L. Da Costa, J. J. Alfaro & J. R. Silva. 2002. Treatment of unobserved oestrus in a dairy cattle herd with low oestrus detection rate up to 60 days post-partum [en línea]. *Reprod Dom Anim.* 37: 57-60. [www.blackwell.de/synergy](http://www.blackwell.de/synergy) (Consulta: 20 oct. 2006).
- McGowan, M. R., C. L. Carroll, & F. J. Davies. 1992. Fixed timed insemination of *Bos indicus* heiferes following the use of syncro-mate B to synchronize estrus. *Theriogenology.* 37: 1293 - 1300.
- Medrano, E. A., O. Hernández, C. Lamothe, & C. S. Galina. 1996. Evidence of asynchrony in the onset of signs of oestrus in zebu cattle treated with a progesterone ear implant. *Vet. Med.* 60:51 - 54.
- Mihm, M., M.A. Crowe, P. G. Knight, & E.J. Austin. 2002. Follicle wave growth in cattle [en línea]. *Reprod. Dom. Anim.* 37: 191-200. [www.blackwell.de/synergy](http://www.blackwell.de/synergy) (Consulta: 5 feb. 2007).
- Noakes, E. D. 1997. *Fertility and obstetrics in cattle*. 2 nd. ed. Blackwell, London.
- Noakes, E. D., T. J. Parkinson, & G. C. W. England. 2001. *Arthur's veterinary reproduction and obstetrics*. 8 th. ed. Saunders, Toronto.
- Orihuela, A. 2000. Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle. *Anim. Behav.*, 72: 177-182.
- Orihuela, A, C. Galina, & A. Duchateau. 1989. The efficacy of oestrous detection and fertility following synchronization with PGF2 alfa or SMB in Zebu cattle. *Theriogenology.* 32: 715-753
- Orihuela, A., C. Galina, , & A. Duchateau. 1988. Behavioral patterns of Zebu bulls towards cows previously synchronized with prostaglandin F2alpha. *Appl. Anim. Behav.*, 21: 267 - 276.

- Patterson, D. J. 2002. MGA in different synchronization strategies [en línea]. UMC. [www.beeflinks.com/mgasynchro.htm](http://www.beeflinks.com/mgasynchro.htm) (Consulta: 5 jul. 2006).
- Patterson D. J., S. L. Wood, G. A. Perry, F. N. Kojima & M. F. Smith. 2001. Emerging protocols to synchronize estrus in replacement beef heifers and postpartum cows [en línea]. Department of Animal Sciences. University of Missouri, Columbia. [http://www.iowabeefcenter.org/Pages/Pattersonpress\\_301.pdf](http://www.iowabeefcenter.org/Pages/Pattersonpress_301.pdf) . (Consulta: 22 feb. 2007).
- Pineda, H. M., & M. P. Dooley. 2003. McDonald's veterinary endocrinology and reproducción. 5 th. ed. Blachewll. Iowa.
- Pinheiro, O., C. Barros, R. Figueredo, E. Valle, R. Encarnacao, & C. Padovani. 1998. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F<sub>2</sub>alpha or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*, 49: 667 – 681.
- Price, E., 1987. Sexual behavior of female domestic mammals. In: E.O. Price (Guest Editor), *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice-Anim. Behav.*, 3: 405 – 421.
- Pursley, J. R., M. C. Wiltbank, J. S. Stevenson, J. S. Ottobre, H. Garverick, & L. L. Anderson. 1997. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *J. Dairy Sci.*, 80: 295 - 300.
- Randel, R.D. 1984. Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (Indian breeds). *Theriogenology* 21: 170-185.
- Rekwot, I. P., E. O. Oyedipe, E. Mukasa-Mugerwa, V. O. Sekoni, O. P. Akinpelumi, & A. A. Anyam. 1999. Fertility in zebu cattle (*bos indicus*) after prostaglandin administration and artificial insemination [en línea]. *Vet. J.* 158: 53-58. [www.idealibrary.com](http://www.idealibrary.com) (Consulta: 27 nov. 2006)
- Richards, M.W., R.D. Geisert, L.E. Rice, D. S. Buchanan, & J.W. Castree. 1988. Influence of synchro-mate-B and breed composition on estrous response and pregnancy rate in spring and fall-breed Barhman crossbred beef cows. *Theriogenology*. 29:951-960
- Rodríguez, C., C. Galina, C. Gutiérrez, R. Navarro, & R. Piccinalli. 1993. Evaluación de la actividad sexual de toros Cebú bajo condiciones de empadre múltiple con hembras sincronizadas con PGF<sub>2</sub> alfa. *Ciencias Veterinaria Costa Rica*, 15: 41 – 49.

- Sheldon, M., D. C. Wathes, & H. Dobson. 2004. The management of bovine reproduction in elite herds [en línea]. *Vet. J.* 171:70-78. [www.elsevier.com/locate/tvjl](http://www.elsevier.com/locate/tvjl) (Consulta: 8 feb. 2007).
- Silva, E.; C. Galina, A. Porras, & M. A. Galina. 1992. Evaluación de la actividad ovárica por medio de la palpación rectal, observación de calores y los niveles de progesterona en vacas lecheras explotadas en el trópico seco. *Ciencias Veterinarias. Costa Rica.* 14 (1): 5-11.
- Spitzer, J. C., W. C. Burell, D. G. LeFever, R. W. Whitman, & J.N. Wiltbank. 1978. Synchronization of estrus in beef cattle I. Utilization of Norgestomet implant and injection of Estradiol Valerate. *Theriogenology*; 10: 181-00.
- Stevenson, J. S., M. C. Lucy, & E. P. Call. 1987. Failure of timed inseminations and associated luteal function in dairy cattle after two injections of prostaglandin F2 $\alpha$ . *Theriogenology* 28: 937.
- Tenhagen, B. A., S. Kuchenbuch, & W. Heuwieser. 2005. Timing of ovulation and fertility of heifers after synchronization of estrus with GnRH and prostaglandin F2 $\alpha$  [en línea]. *Reprod. Dom. Anim.* 40: 62-67. [www.blackwell-synergy.com](http://www.blackwell-synergy.com) (Consulta: 27 nov. 2006).
- Wishart D. F., & I. M. Young. 1982. Artificial insemination of progestin (SC1009) treated cattle at predetermined times. *Vet. Rec.*, 95: 503-8.
- Youngquist R. S. 1997. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology.* Philadelphia U. S. A. W.B. Saunders Company. pp 290 – 294.
- Zakari, A. Y., E. C. Molokwu, & D. I. Osori. 1981. Effect of season on the oestrus cycle of cows (*Bos indicus*) indigenous to northern Nigeria. *Vet. Rec.*, 109: 213-215.

## 6. ANEXOS



Figura 3. Instalaciones utilizadas para el trabajo de campo.



Figura 4. Novillas seleccionadas.



Figura 5. Grupo de novillas implantadas.

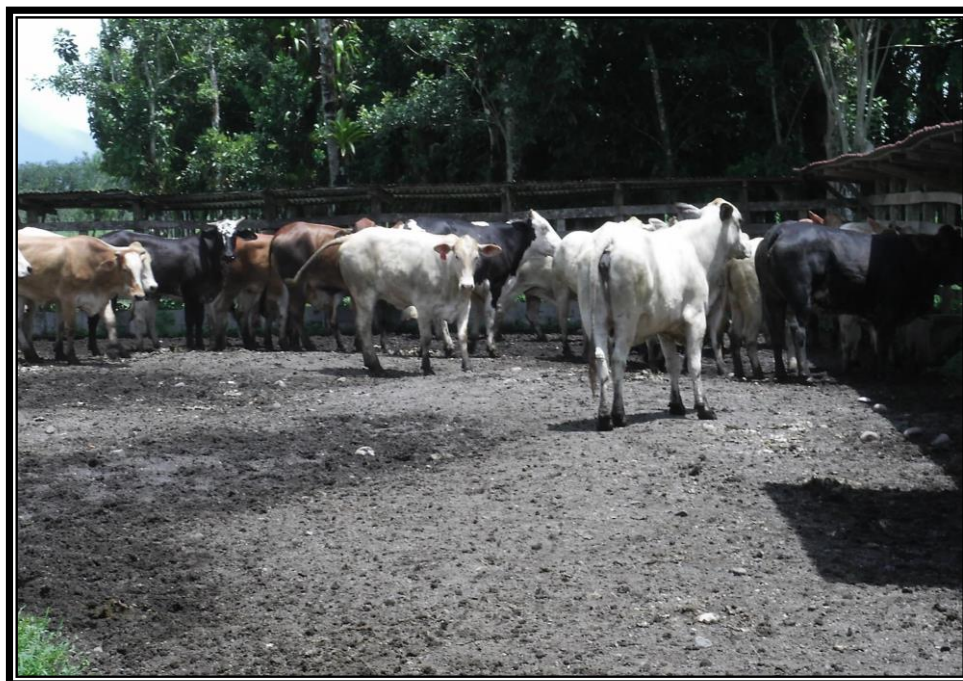


Figura 6. Hembra mostrando signos de estro.

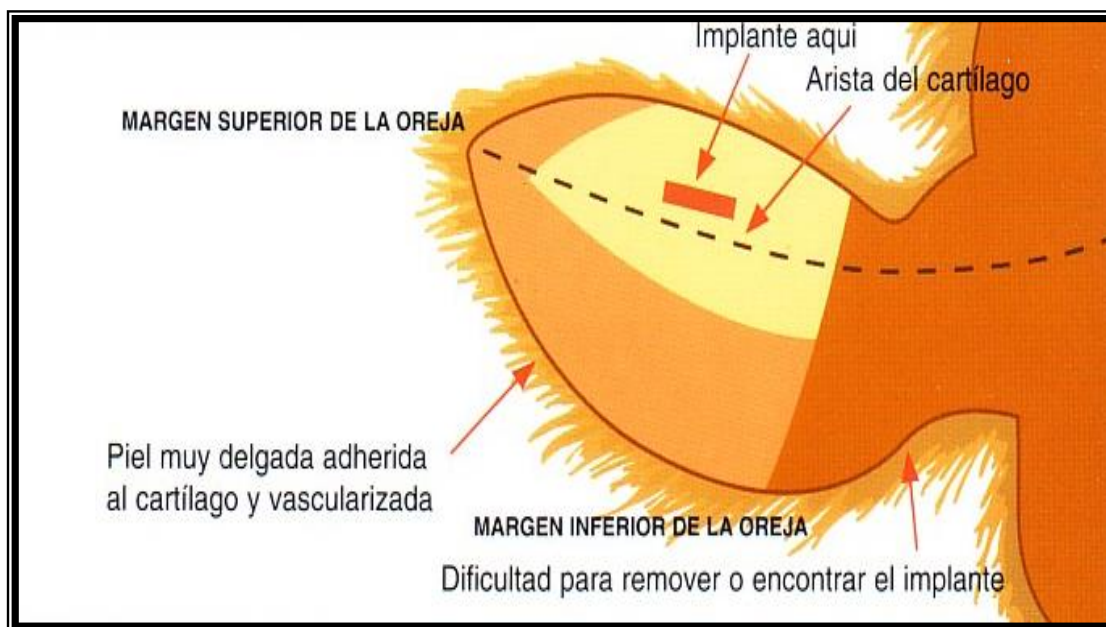


Figura 7. Ubicación del implante auricular subcutáneo.



Figura 8. Inmovilización de las hembras a ser implantadas.



Figura 9. Aplicación del implante auricular subcutáneo.