



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**



**“EFECTO DE DOS PROGRAMAS DE SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DE VACAS CRIOLLAS EN SISTEMA EXTENSIVO, DISTRITO DE ANDABAMBA, SANTA CRUZ, CAJAMARCA”**

## **TESIS**

**Presentada a la Facultad de Ingeniería Zootecnia**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Por:**

**Bachiller I.Z. WALDIR GOODIMER ESTELA ROJAS**

**LAMBAYEQUE – PERU**

**2017**

**“EFECTO DE DOS PROGRAMAS DE SINCRONIZACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL DE  
VACAS CRIOLLAS EN SISTEMA EXTENSIVO, DISTRITO DE ANDABAMBA, SANTA CRUZ,  
CAJAMARCA”**

**TESIS**

**Presentada como requisito para optar el título profesional de**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Presentada y aprobada por el siguiente jurado**

---

**I.Z. M.SC. CARLOS H. POMARES NEIRA  
PRESIDENTE**

---

**M.V.M.SC. LUIS VILCHEZ MUÑOZ  
SECRETARIO**

---

**I.Z. ALEJANDRO FLORES PAIVA  
VOCAL**

---

**I.Z. SEGUNDO F. BERNAL RUBIO  
PATROCINADOR**

---

**I.Z. M.SC. ENRIQUE G. LOZANO ALVA  
PATROCINADOR**

## **DEDICATORIA**

**DEDICO ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION  
A MIS PADRES Y HERMANA QUIENES SON MI  
FUERZA PARA CONTINUAR EN ESTA LARGA VIDA DE  
APRENDIZAJE PARA SERVIR A LA SOCIEDAD**

**WALDIR GOODIMER**

# **AGRADECIMIENTOS**

**PRIMERAMENTE, A DIOS, QUE SIEMPRE A ESTADO  
CONMIGO Y ME HA GUIADO SIEMPRE Y PRINCIPALMENTE  
EN LOS MOMENTOS DIFICILES**

**A MIS ASESORES:**

**ING. SEGUNDO BERNAL RUBIO  
ING. ENRIQUE LOZANO ALVA**

**A MIS FAMILIARES, AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE ME  
APOYARON A LO LARGO DE MI CARRERA UNIVERSOTARIA  
Y EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO**

**WALDIR GOODIMER**

# CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES Y BASES TEORICAS .....	3
2.1. Fisiología reproductiva de la vaca.....	3
2.2. Efecto de las hormonas sobre el control del estro.....	8
2.3. Sincronización del celo e inseminación artificial a tiempo fijo.....	12
2.4. Hormonas intervinientes en sincronización de celo e IATF.....	13
2.5. Condición corporal.....	20
2.6. Factores a considerar antes de la sincronización del celo.....	21
2.7. Métodos disponibles para sincronizar el celo.....	24
2.8. Resultados obtenidos en sincronización del celo e IATF.....	33
2.9. Evaluación del comportamiento reproductivo de la vaca.....	39
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	44
3.1. Ubicación del lugar y duración del experimento.....	44
3.2. Material experimental.....	44
3.3. Metodología experimental.....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Índices de preñez, según el tratamiento aplicado.....	48
4.2. Análisis económico de los tratamientos aplicados.....	55
	60
V. CONCLUSIONES Y ECOMENDACIONES.....	55
VI. RESUMEN.....	56
VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	57
VIII. APÉNDICE.....	66

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°	Pág.
1. Prueba de $X^2$ para concepción de vacas post sincronización.....	47
2. Índices de preñez, según el tratamiento aplicado.....	48
3. Análisis económico de los tratamientos aplicados.....	53

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N°	Pág.
1. Tasa de concepción en vacas con o sin sincronización del celo.....	49
2. Concepción promedio en vacas.....	51
3. Eficiencia económica de los tratamientos aplicados.....	54

## CUADROS DEL APÉNDICE

1. Prueba de $x^2$ para concepción en vacas post sincronización.....	67
--	----

# **I. INTRODUCCIÓN**

El distrito de Andabamba, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, se distingue por llevar a cabo una gran actividad ganadera, la misma que constituye una fuente importante desde el punto de vista económico para el productor y disponibilidad de alimentos (leche y carne) para el consumidor. Sin embargo, actualmente, existen una serie de factores limitantes para garantizar mejores índices productivos (ausencia de programas de reproducción animal, ausencia de tecnologías, baja calidad nutritiva de las pasturas, escaso mejoramiento genético del ganado, ausencia en el control sanitario y en la aplicación de técnicas modernas) que le impiden incrementar la capacidad productiva de los hatos.

Su topografía y la lejanía entre los productores hacen muy difícil el acceso a la inseminación artificial como técnica para mejorar la genética de los animales. Las principales limitantes, en esas condiciones, son la dificultad del ganadero para solicitar el servicio, la ausencia de personal técnico que pueda atender oportunamente con la inseminación artificial y ello genera pérdidas de celos, prolongación del periodo entre partos y su secuela de no lograr producciones continuas de terneros que son ingresos económicos hacia el ganadero.

Actualmente, a nivel mundial, se ha avanzado bastante en el desarrollo de innovaciones tecnológicas, dentro del campo de la reproducción animal, que solucionan los problemas antes señalados y que permiten racionalizar su plan reproductivo del ganado

Por las características de la sierra peruana, se cree que sería viable la aplicación de esta innovación reproductiva. En tal sentido, se plantea si la sincronización de celos podría corregir las limitaciones señaladas. La hipótesis, como herramienta de trabajo, prevé que la sincronización del celo

logrará mejorar la tasa de concepción de vacas criollas inseminadas; habiéndose planteado la ejecución del experimento, con la finalidad de cumplir con los siguientes objetivos:

- ◆ **Generales:** Evaluar dos programas de sincronización del celo en vacas criollas criadas extensivamente en el distrito de Andabamba, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, a través de la tasa de concepción.
- ◆ **Específicos:**
  - ✓ Determinar la tasa de concepción con el protocolo Ovsynch
  - ✓ Determinar la tasa de concepción con el protocolo Pro-ciclar
  - ✓ Determinar la tasa de concepción con Inseminación tradicional



## **II.- ANTECEDENTES Y BASES TEORICAS**

### **1.1. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA DE LA VACA.**

El desempeño reproductivo es el principal componente de la eficiencia productiva en las explotaciones ganaderas de leche, y uno de los factores que afectan la eficiencia reproductiva es el intervalo entre partos, el cual está directamente influenciado por el anestro post parto. Una nutrición adecuada es esencial para la recuperación de la actividad ovárica luego del parto, cuando el consumo de nutrientes es inadecuado y las reservas corporales están disminuidos, el intervalo parto primer estro se extiende. Todo lo anterior ha llevado a recurrir a técnicas que permitan sincronizar el estro (calor) y la ovulación, para asegurar que la inseminación coincida con esta última (**PAREJA, 2007**).

Este tipo de manejo permite un estrecho control de la actividad cíclica de las vacas sometidas a este sistema, lo cual facilita desarrollar otras prácticas como la sincronización hormonal, para posteriormente realizar la aplicación de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), permitiendo el uso de material genético de alto valor, en ganaderías comerciales extensivas (**CALLEJAS, 2005**).

Los eventos endocrinos presentes durante el ciclo estral son regulados por el hipotálamo (mediante la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)), la hipófisis (con su secreción de hormona luteinizante [LH] y folículo estimulante [FSH]), el folículo (que secreta estrógenos e inhibina), el cuerpo lúteo (que secreta progesterona y oxitocina) y el útero (que es responsable de la producción de prostaglandina F<sub>2α</sub>) (**VIÑOLES, 2003**).

### **2.1.1. Fases del Ciclo Estral**

Se analiza el ciclo estral según (**CALLEJAS, 2005**); el cual se divide en tres fases:

1. Fase folicular o de regresión lútea (proestro).
2. Fase periovulatoria (estro y metaestro).
3. Fase luteal (diestro).

El día 0 (cero) del ciclo estral es el día del celo, signo visible a simple vista; sin embargo desde el punto de vista fisiológico, la descripción se realizará a partir de la destrucción del cuerpo lúteo y finalizará en la destrucción del cuerpo lúteo del próximo ciclo (**CALLEJAS, 2005**).

#### **1. Fase folicular o de regresión lútea (proestro)**

Período, con duración de 3 días, se inicia con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación del celo. Al producirse la destrucción del cuerpo lúteo tenemos una caída en los niveles de progesterona y posteriormente una pérdida de tejido luteal, siendo la PGF2  $\alpha$  de origen uterino el principal lúteo lítico en los animales domésticos y en la mayoría de los roedores. Como consecuencia de la caída de los niveles de progesterona, disminuye el feed back negativo que dicha hormona tenía a nivel hipotalámico y comienzan a aumentar la frecuencia pulsátil de las hormonas gonadotrofinas (FSH y LH) y se estimula el crecimiento folicular con el desarrollo de un gran folículo y el aumento en los niveles de estradiol. Cuando los estrógenos alcanzan cierto nivel, se estimula la receptividad al macho y comienza el período de celo o estro (**CALLEJAS, 2005**).

#### **2. Fase periovulatoria (estro y metaestro)**

Esta comienza con la receptividad al macho (se deja montar por vacas y toros), e involucra todos los cambios que permiten la ovulación y comienzo de la formación del cuerpo lúteo. Durante el estro, cuya duración es de  $18 \pm 6$  horas, la vaca manifiesta inquietud, ansiedad, brama con frecuencia y pierde el apetito; en el caso de las vacas lecheras, se resiente su producción. Las vacas presentan descarga de mucus con

mínima viscosidad (filante), cuyo olor atrae y excita al toro (presencia de feromonas), edema de vulva y en el útero se produce un aumento del tono miometrial, detectado fácilmente por palpación transrectal. Durante esta fase, los estrógenos en altas concentraciones alcanzan el umbral de estimulación del centro cíclico hipotalámico, estimulando a las neuronas hipotalámicas a producir el pico de GnRH y en consecuencia el pico de LH (**CALLEJAS, 2005**).

Con respecto a la FSH, disminuye su secreción, consecuencia del feed back negativo iatrogénico y de la inhibina, con excepción del momento en que se produce el pico preovulatorio de LH, en que puede aparecer un pico de FSH. Posteriormente, 4 a 12 horas después de la onda de LH, se incrementan la concentración basal y la amplitud de los pulsos de FSH, relacionándose esto con la primera onda de crecimiento folicular. Luego de 12 a 24 horas de comenzado el celo, el sistema nervioso de la vaca se torna refractario al estradiol y cesan todas las manifestaciones psíquicas del mismo (**CALLEJAS, 2005**).

El período inmediato a la finalización del celo, es el metaestro (6 días). En este período ocurre la ovulación de la vaca, a diferencia de las otras especies que lo hacen durante el celo, y comienza la organización celular y desarrollo del cuerpo lúteo. La ovulación ocurre 28 a 32 horas de iniciado el celo y es desencadenada por el pico preovulatorio de LH. A la ovulación sigue hemorragia profunda y el folículo se llena de sangre convirtiéndose en cuerpo hemorrágico. En la formación del cuerpo lúteo (luteinización) se producen una serie de cambios morfológicos y bioquímicos que permiten que las células foliculares se transformen en células luteales, cambios que finalizan al séptimo día con un cuerpo lúteo funcional (**CALLEJAS, 2005**).

### **3. Fase luteal (diestro)**

Se caracteriza por el dominio del cuerpo lúteo. El mantenimiento del cuerpo lúteo, así como la síntesis de progesterona está ligada a la hormona LH que es progesterotrófica y luteotrófica. Otras hormonas que

intervendrían en la síntesis de progesterona, son la FSH y la PGI2 alfa. La FSH se uniría a receptores ubicados en el cuerpo lúteo y provocaría un aumento en la secreción de progesterona. En lo referente a la PGI2 además de estimular a las células luteales para producir progesterona, aumentaría el flujo sanguíneo a nivel ovárico con el efecto positivo que esto significa sobre la síntesis y secreción de progesterona (Callejas, 2005). Si el huevo no es fecundado, el cuerpo lúteo permanece funcional hasta el día 15- 20, después del cual comienza a regresionar en preparación para un nuevo ciclo estral (**CALLEJAS, 2005**).

## **2.1.2. Dinámica Folicular Bovina**

### **2.1.2.1. Actividad ovárica durante la gestación y el posparto temprano**

Durante los primeros tres meses de la gestación bovina, los ovarios continúan desarrollando ondas foliculares sucesivas con atresia del folículo dominante. En la primera onda folicular formada después de la concepción se forma un folículo dominante de diámetro similar a un folículo ovulatorio, pero los folículos dominantes de ondas sucesivas disminuyen su diámetro, acercándose cada vez más al diámetro de los folículos subordinados (**HENAO y TRUJILLO, 2000**).

### **2.1.2.2. Actividad ovárica durante el anestro posparto**

Su duración es el factor más determinante en la eficiencia reproductiva (**GARCÍA et al., 1990**). Durante el período posparto de los bovinos, la actividad reproductiva frecuentemente es afectada por factores externos e internos, los cuales por diversos mecanismos y con diferente intensidad perturban el equilibrio neuroendocrino, prolongando el anestro posparto y disminuyendo la eficiencia reproductiva. Desde tiempo atrás, **GALINA y ARTHUYR (1989)** han informado la presentación de períodos de anestro prolongado prepuberal o en el posparto del ganado bovino, que conducen al retraso de la pubertad o a la presentación de períodos prolongados entre el parto y el servicio fértil (días abiertos). Esta situación se encuentra afectada por la nutrición, el amamantamiento, la salud, la raza, la producción de leche, la presencia del macho y factores climatológicos, los cuales actúan sinérgica o independientemente para

alterar la función ovárica posparto (**LUCY et al., 1992**). Durante el anestro posparto el nivel de progesterona sérica se encuentra por debajo del límite de sensibilidad de las pruebas (**HENAO et al., 2000a, HENAO et al., 2000b; MURPHY et al., 1990**) y el examen ovárico efectuado por tacto rectal revela la presencia de ovarios pequeños o planos, carentes de cuerpo lúteo, lo cual denota ausencia de ciclicidad ovárica.

Contrario a la designación basada en tacto rectal, los estudios ultrasonográficos seriados de los ovarios de vacas anéstricas, revelan que a partir de la primera o segunda semana posparto se desarrolla una secuencia de ondas foliculares, con presencia de folículos dominantes que pueden ovular o desarrollar atresia para dar paso a la emergencia de una nueva onda folicular (**HENAO et al., 2001; MURPHY et al., 1990**). De lo anterior se deduce que el anestro prolongado no se debe a ausencia de folículos dominantes sino a una falla para ovular.

Un alto porcentaje de hembras *Bos taurus* y *Bos indicus* presenta la primera ovulación posparto no precedida por signos de estro (ovulación silenciosa), seguida de un intervalo intero vulvario corto, formación de un cuerpo lúteo (CL) pequeño, lisis temprana del CL y producción de niveles reducidos de progesterona (**HENAO et al., 2001; HENAO et al., 2000a**) informaron que el primer cuerpo lúteo posparto cursa con disfunción, a la que clasificaron en tres categorías:

- a) Deficiencias en el proceso de maduración del folículo que lo originó.
- b) Deficiente soporte luteotrópico.
- c) Activación prematura del proceso luteolítico.

Quizás la baja fertilidad que se obtiene al primer servicio, cuando éste se realiza antes de los 45 días posparto, tenga relación con una deficiencia lútea. Los niveles bajos de progesterona secretados por el primer CL del posparto parecen tener una función de sensibilización orgánica a los

estrógenos para la manifestación de los signos de estro. La segunda ovulación generalmente es precedida por signos normales de estro y marca el final del anestro posparto (**HENAO et al., 2000 y 2001**).

## **2.2. EFECTO DE LAS HORMONAS SOBRE EL CONTROL DEL ESTRO.**

### **2.2.1. Rol de la Progesterona en el Control del Ciclo Estral**

La exposición a niveles elevados de progesterona seguida de su declinación (priming de progesterona) parecen ser pre-requisitos para una diferenciación normal de las células de la granulosa, una expresión normal del celo y el desarrollo post ovulatorio del CL con una fase luteal normal (**BO, 1998**). El mecanismo involucra el efecto del incremento de la frecuencia de los pulsos de LH sobre la producción de estrógenos foliculares, desarrollo de los receptores de LH y luteinización. La presencia de una fuente exógena de progesterona permite imitar la acción inhibidora de los niveles luteales de ésta hormona sobre la secreción pulsátil de LH, con la supresión del crecimiento del folículo dominante y el consiguiente desarrollo sincrónico de una nueva onda de desarrollo folicular (**BO, 1998**).

El retiro de ésta fuente exógena de progesterona permite el aumento de la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH y el crecimiento de un folículo dominante que ovulará entre 48 y 72 hs. después (**BO, 1998**).

### **2.2.2. Mecanismo de Acción del Dispositivo Intra-vaginal Bovino (D.I.B.)**

La progesterona liberada del D.I.B. es estructuralmente idéntica a la endógena y tiene un rol importante sobre la dinámica folicular ovárica. Los niveles supraluteales ( $>1$  ng/ml) obtenidos a los pocos minutos de la introducción del dispositivo provocan la regresión del folículo dominante y aceleran el recambio de las ondas foliculares, este cese de la secreción de productos foliculares (estrógeno e inhibina) produce el aumento de FSH que va a ser la responsable del comienzo de la emergencia de la siguiente onda folicular. Por otro lado la extracción del dispositivo provoca la caída de Progesterona a niveles

subluteales ( $< 1$  ng/ml) que inducen el incremento de la frecuencia de los pulsos de LH, el crecimiento y la persistencia del folículo dominante con concentraciones muy altas de Estradiol que provocan por un lado el celo y a nivel endocrino inducen finalmente el pico de LH que es seguido por la ovulación. (BO, 2002).

Re uso: En función de los resultados obtenidos en pruebas de re uso (BO, 2002) en animales ovariectomizados, tanto en el análisis del plasma como de la progesterona residual de los dispositivos se concluye que los dispositivos usados pueden ser reutilizados sin que esto constituya un riesgo para la eficacia de los tratamientos. Esto incluye el re uso de los dispositivos en la re sincronización de animales ya sincronizados y que no hubieran sido preñados. Esto permitiría concentrar los servicios o inseminaciones en 2 o 3 días lo cual constituye una importante ventaja respecto del no uso del tratamiento sin que esto implique mayores costos para el usuario (BO, 2002).

### **2.2.3. Rol del Estradiol en el Control del Ciclo Estral**

Los estrógenos son hormonas esteroideas, producidas por el folículo ovárico cuya síntesis se explica de la siguiente manera: La Hormona Luteinizante hipofisaria (LH) interacciona con su receptor ubicado en las células de la teca interna y produce andrógenos; estos pasan a través de la membrana basal y entran en las células granulosas. En estas actúa la Hormona Folículo estimulante hipofisaria (FSH), quien estimula una enzima aromatasa que transforma a los andrógenos en estrógenos, los cuales pasan al líquido folicular y a la circulación general. Posteriormente llegan a su blanco y ejercen su acción mediante el modelo de receptor móvil o intracelular. Los estrógenos tienen acciones sobre distintos órganos blanco, como las Trompas de Falopio, el útero, la vagina, la vulva y el sistema nervioso central. A nivel uterino, actúan como hormonas tróficas provocando la proliferación de células y glándulas endometriales; las que aumentan su secreción (BO, 2002).

En el miometrio producen una hipertrofia de la capa muscular circular y longitudinal y sensibilizan sus células a la acción de la oxitocina, por lo cual favorecen la contractibilidad y conductibilidad de las

mismas. También producen congestión de los vasos sanguíneos con edema del estroma. En el cérvix producen relajación, aumentan su diámetro y aparece una abundante secreción mucosa, filante y transparente. En la vagina y la vulva se congestionan los vasos y aparece edema, además, en la vagina se estimula el crecimiento del epitelio hasta la cornificación. En las Trompas de Falopio se produce la hipermotilidad y se estimula su crecimiento. En el sistema nervioso central se estimula la conducta de celo y en el hipotálamo ejercen un "feed back" negativo sobre el centro tónico y positivo sobre el centro cíclico (**SOSERENSEN, 1982**).

El uso de estradiol exógeno en el control del ciclo estral tiene como objetivo desencadenar la luteólisis, cuando es aplicado en la mitad del ciclo o impedir el crecimiento de un nuevo cuerpo lúteo cuando es aplicado luego de la ovulación. Así mismo el estradiol al ser aplicado al momento de la aplicación del progestágeno suprime la onda folicular presente e induce el desarrollo de una nueva onda folicular en promedio de 3 a 4 días (**SOSERENSEN, 1982**).

#### **2.2.4. Mecanismo de Acción del 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 uso de 2 mg de Benzoato de Estradiol al momento de la aplicación del D.I.B. (considerado este como día 0) provoca el inicio de una nueva onda folicular; la aplicación del 1 mg de Benzoato de Estradiol a las 24 horas de la extracción del D.I.B. produce la luteólisis e induce un pico pre ovulatorio de LH a través del feed back positivo sobre el GnRH y LH lo que induce la ovulación a las 70 horas de extraído el D.I.B. Por este motivo es un recurso ideal en la sincronización de ovulación en esquemas de inseminación artificial a tiempo fijo (**SOSERENSEN, 1982**).

#### **2.2.5. Rol de la Prostaglandina en el Control del Ciclo Estral**



Las prostaglandinas son ácidos grasos no saturados de 20 carbonos, que consisten en un ciclo pentano con dos cadenas laterales alifáticas. Son sintetizadas a partir de ácido araquidónico libre en la mayoría de los tejidos del cuerpo y sirven de hormonas locales, actuando sobre tejidos cerca del lugar de su síntesis. Las prostaglandinas son estructuralmente clasificadas en nueve grupos mayores, cada uno conteniendo subgrupos denotados por los subscripts 1, 2 y 3. En los animales domésticos, la prostaglandina más importante parece ser PGF2 alfa (**SOSERENSEN, 1982**).

Las prostaglandinas en el sistema reproductivo juegan un rol en la ovulación, luteólisis, transportando gametos, en la motilidad uterina, expulsión de membranas fetales, y transporte de espermatozoides machos y hembras. La PGF2 alfa causa una rápida regresión del cuerpo lúteo funcional con una rápida declinación en la producción de progesterona. La Luteólisis es comúnmente seguida por un desarrollo de folículos ováricos y celo con una ovulación normal. En bovinos, el celo ocurre a los 2-4 días después de la luteólisis y en yeguas, 2-5 días. El cuerpo lúteo inmaduro es insensible a los efectos de la PGF2 alfa, en bovinos y equinos este período refractario alcanza los primeros 4-5 días después de la ovulación. El mecanismo preciso de luteólisis inducida por PGF2 alfa es incierto, pero podría estar relacionado con cambios del flujo sanguíneo en venas útero-ováricas, inhibición de la respuesta ovárica normal a las gonadotropinas, o estimulación de enzimas catalíticas. La PGF2 alfa también tiene un efecto estimulante directo sobre el músculo liso uterino causando contracción y un efecto relajante en cérvix.

#### **2.2.6. Gonadotropina Coriónica Equina (eCG, PMSG)**

La Gonadotropina coriónica equina (eCG, PMSG) es una hormona glicoproteica secretada en las copas endometriales de las yeguas gestantes, entre los días 40 y 120 de gestación aproximadamente. Desde el punto de vista endocrinológico es importante resaltar dos valiosas características de la eCG que la distinguen de otras hormonas glicoproteicas, la primera es el hecho de poseer actividad FSH (folículo estimulante) y LH (luteinizante) cuando es administrada en especies distintas

al equino, en donde sólo posee actividad LH y la segunda característica es su alto contenido en carbohidratos, hecho que le confiere características propias desde el punto de vista farmacocinético, como una vida media prolongada que favorece su uso en una sola dosis a diferencia de la FSH cuya vida media es extremadamente corta y requiere aplicaciones múltiples (BO, 2002).

La utilización de la eCG en veterinaria queda, pues, ampliamente fundamentada desde el punto de vista endocrinológico, justificándose su uso en todas aquellas situaciones donde se requiera la terapia con gonadotropinas exógenas, particularmente cuando se requiere un efecto FSH, es decir el estímulo de la foliculogénesis en ovarios con actividad reducida o nula.

### **2.3. SINCRONIZACIÓN DEL CELO E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO.**

La inseminación artificial en ganado de leche en climas templados se hace un tanto complicado de aplicar por la dificultad que se presenta en la detección de los estros y la irregularidad de los mismos, debido al sistema de producción que existe en esta zona (semi intensivo) en el mejor de los casos. El esquema de inseminación adoptado por la mayoría de las explotaciones bovinas sigue la regla AM/PM, es decir, que los animales cuyo estro se detecta en la mañana se inseminan en la tarde del mismo día y los que se detectan en estro en la tarde son inseminados en la mañana del día siguiente.

A partir del conocimiento detallado de la dinámica folicular (Pierson y Ginther, 1998, citado por PAREJA 2006), se hizo posible el desarrollo de tratamientos hormonales capaces de regular el crecimiento folicular y el momento de la ovulación, viabilizando así la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF, o sea, IA con tiempo predeterminado, sin la necesidad de observar el celo) (Barros *et al.*, 1998, 2000, Fernández *et al.*, 2001, citados por PAREJA 2006). De igual manera se puede controlar el desarrollo folicular y el momento de la ovulación para mejorar las tasas de preñez con este método (Barros *et al.*, 2004, Citado por PAREJA 2006) Bó *et al.*, (1995) citado por PAREJA 2006 y sus colaboradores

demostraron en una serie de artículos, que la asociación de estrógenos y dispositivo que liberen progesterona, promueve atresia del folículo dominante e induce a la emergencia de una nueva onda de crecimiento folicular, aproximadamente 4 días después de la aplicación de estos esteroides.

Dentro de la revisión de literatura realizada por **BARROS et al. (2004)** encontraron que el tratamiento más común consiste en aplicar benzoato de estradiol (BE; 2.0 mg, vía IM) en el momento de la inserción del dispositivo intravaginal (día 0), aplicación de prostaglandina al remover el dispositivo intravaginal (día 8) y 1.0 mg de benzoato de estradiol vía IM 24 horas más tarde. Por las hormonas aplicadas: progesterona + estrógenos al momento de la inserción del dispositivo intravaginal y luego prostaglandina al retiro del dispositivo + 24 horas después los estrógenos, llevó a llamar este protocolo PEPE. Este tratamiento ha sufrido modificaciones en la tentativa de mejorar aún más el crecimiento folicular y la sincronización de la ovulación, y es así como se sugiere que en el protocolo PEPE se administre eCG inmediatamente después de la aplicación de prostaglandina (400 UI, vía IM, protocolo PEPE/eCG) tiende a aumentar la tasa de preñez de vacas en anestro posparto (**BARUSELLI et al, 2004**), sin embargo esta práctica debe ser sopesada de acuerdo al costo beneficio.

## **2.4. HORMONAS INTERVINIENTES EN SINCRONIZACIÓN DEL CELO E IATF.**

### **2.4.1. Progesterona**

La fuente principal de progesterona son las células luteínicas del cuerpo amarillo. Aunque se ha aislado esta hormona de la corteza suprarrenal y placenta de diversos animales, su lugar de origen más importante es sin duda el cuerpo amarillo. Al final de la gestación la placenta puede convertirse en manantial de progesterona en algunos animales, sin bien tal hecho no se observa en la vaca. (**Mc DONALD, 1981**).

Los progestágenos son secretados por el cuerpo amarillo ovárico, la placenta, la corteza suprarrenal y los testículos en menor cantidad. Los más importantes son la progesterona y el pregnanediol. Los derivados sintéticos más utilizados son la 6 alfa-metil-17 acetoxiprogesterona y el acetato de medroxiprogesterona. (**BOTANA, 2002**).

La progesterona y sus derivados son claves en la regulación de la función reproductora de la hembra. Estos fármacos son capaces de modular diversas funciones endocrinas y reproductoras en los mamíferos, como facilitar la liberación de ovocitos maduros, la implantación y el mantenimiento de la gestación, además de modificar el crecimiento del endometrio y disminuir la actividad contráctil del musculo uterino (**BOTANA, 2002**).

#### **2.4.1.1. Estructura química**

En general los progestágenos son clasificados según hayan sido sintetizados a partir del esqueleto de 21 carbonos de la progesterona o de la 19 – nortestosterona de 19 carbonos.

#### **2.4.1.2. Farmacocinética**

La progesterona presenta una semivida breve (alrededor de 5 minutos), lo que se debe a su rápido metabolismo hepático. Los progestágenos sintéticos se absorben bien y en general presentan una mayor semivida ya que son metabolizados más lentamente por el hígado, debido a diversas sustituciones químicas realizadas en el carbono.

En el plasma la progesterona y sus esteres se unen a la albumina y la transcortina pero no a la Sexual Steroid Binding Globulin (SSBG). El metabolismo hepático origina metabolitos hidroxilados, así como conjugados sulfato glucurónico que se excretan finalmente a través de la orina. (**SUMANO, 2006**).

### 2.4.1.3. Farmacodinamia

Muchos de los efectos inducidos por los progestágenos son mediados por receptores ubicados en el núcleo celular. Sin embargo se creen que los efectos rápidos, observados con los progestágenos son mediados a través de la activación de receptores localizados en la membrana citoplasmática. Este mecanismo explicaría también algunos de los efectos sobre la transmisión sináptica en las células del sistema nervioso central y los cambios en la conducta de las hembras.

Se han descrito dos receptores para progesterona el A y el B. Estos receptores son codificados por un solo gen y están bajo el control de diferentes promotores que originan subgrupos de ácido ribonucleico mensajero (ARNm). (**BOTANA, 2002**).

La progesterona ejerce un efecto feed-back negativo sobre la liberación de LH la frecuencia de los pulsos de LH. La progesterona también es secretada en forma pulsátil, los pulsos coinciden durante la fase luteal con los de FSH más bien que con los de LH. (**HINCAPIE, 2005**).

Casi siempre la progesterona tiene efectos complementarios de los estrógenos por ejemplo después de la fase proliferativa del ciclo estrual (estrogénica) sigue la fase secretora (progestágena). En valores además la progesterona suspende la secreción de FSH y LH hipofisarias. Al disminuir sus concentraciones, se liberan nuevamente para iniciar el ciclo estrual. La progesterona prepara al útero para la gestación al bloquear la capacidad contráctil del miometrio y la implantación. Uno de sus efectos más importantes es que retarda la ovulación principalmente al inhibir la secreción de FSH y LH, lo que se ha utilizado para sincronizar estros (**SUMANO, 2006**).

La progesterona en concentraciones altas, inhibe el estro y la oleada ovulatoria de LH así la progesterona es importante en la regulación hormonal del ciclo estrual. (**HAFEZ, 2002**).

#### **2.4.1.4. Indicaciones Terapéuticas**

Entre las principales indicaciones están el control del ciclo estral y la sincronización de celos o disminución de sus manifestaciones. Para su aplicación existen los implantes auriculares, la inserción de dispositivos intravaginales y parenteral. (**BOTANA, 2002**).

#### **2.4.1.5. Interacciones, contraindicaciones y toxicidad**

La toxicidad depende del tiempo de exposición y del tipo de fármaco utilizado, pudiendo causar hipertrofia o hiperplasia endometrial quística, el excesivo desarrollo glandular y mucómetra.

En hembras equinas preñadas con antecedentes de pérdidas de embriones está contraindicado, ya que favorecerían la momificación de los fetos; también está contraindicado en animales con hiperplasia endometrial quística, piometra, diabetes y trastornos hepáticos. La rifampicina puede disminuir la actividad progestágena si se administran juntos. (**BOTANA, 2002**).

### **2.4.2. Estrógenos**

#### **2.4.2.1. Estradiol**

Los principales estrógenos en los mamíferos son  $17\beta$ -estradiol, estrona, estriol. Se producen en los folículos ováricos y en la placenta, en la actualidad existen estrógenos sintéticos que han sustituido en parte a los naturales, ejemplos de ellos son dietilestilbestrol, etinilestradiol, bencestrol y hexestrol (**SUMANO, 2006**).

#### **2.4.2.2. Farmacocinética**

Se absorben bien en el intestino debido a su naturaleza lipófila, acumulándose en el tejido adiposo. Los estrógenos naturales son rápidamente metabolizados por el hígado presentando una semivida breve (alrededor de 6 min), mientras que los sintéticos se degradan lentamente. El metabolismo origina la estrona que sufre conversión por 17 $\alpha$ hidroxilación y 17-cetoreducción en estriol metabolito que se elimina a través de la orina, también sufren conjugación con sulfatos y ácido glucorónico, que se pueden eliminar por la orina o por la bilis. Los glucurono-conjugados eliminados por la bilis al intestino sufren la acción enzimática de glucuronidasas de origen bacteriano lo que produce la ruptura del enlace con el ácido glucorónico y permite la liberación del estrógeno y su reabsorción (**BOTANA, 2002**).

Tienen un rango amplio de funciones fisiológicas: Actúan sobre el SNC para inducir el comportamiento estral en la hembra; sin embargo, en algunas especies como la vaca y la oveja se necesitan pequeñas cantidades de progesterona con estrógenos para inducir el estro. Ejercen efecto en el útero para aumentar la amplitud y la frecuencia de las contracciones, potencializando los efectos de la oxitocina y la PGF2  $\alpha$ . Desarrollan físicamente las características sexuales secundarias femeninas.

Estimular el crecimiento de los conductos y provocan el desarrollo de la glándula mamaria. (**HAFEZ, 2002**)

En los bovinos, después del tratamiento con estrógenos se puede observar estro prolongado, irritación genital, disminución del flujo de leche, desarrollo precoz y formación de quistes foliculares. Estos efectos pueden ser secundarios a la sobredosificación y el ajuste de la dosis puede reducirlos o eliminarlos. (**PLUMB, 2010**).

#### **2.4.2.3. Mecanismo de secreción**

La mayoría de estrógenos naturales se producen en el folículo ovárico bajo la estimulación de las hormonas folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), por retroalimentación negativa los valores sanguíneos de estrógenos inhiben la secreción de las hormonas FSH de la hipófisis y GnRH del hipotálamo.

Parece ser que el carácter cíclico de la secreción de FSH y LH se debe a un control neurohumoral ejercido en parte por el llamado sistema endocrino difuso influido por variables como horas de luz, nutrición, genética, estímulos olfatorios. (SUMANO, 2006).

Actúan sobre el cerebro de la vaca y provocan los cambios de comportamiento característicos del estro o calor. Simultáneamente actúan sobre el tracto reproductor causando cambios como inflamación de la vulva, hiperemia de la vagina, salida de moco cervical e incremento del tono uterino. Sus altas concentraciones causan incremento de la LH que dará origen a la ovulación al final del estro o calor.

#### **2.4.3. Prostaglandinas**

Son ácidos grasos derivados del ciclopentano, que se sintetizan a partir de un precursor común, el ácido araquidónico prostanoico. Este se deriva a su vez, de diversos fosfolípidos, como los de la membrana celular o bien se obtienen directamente de la dieta o indirectamente por la acción de una enzima acilhidrolasa (SUMANO, 2006). Las prostaglandinas relacionadas más estrechamente con la reproducción principalmente son PGF<sub>2</sub> $\alpha$  y la prostaglandina PGE<sub>2</sub>.

Las prostaglandinas no se localizan en ningún tejido en particular, son transportados en la sangre para actuar en un tejido blanco lejos del lugar de producción. Algunas formas nunca aparecen en la sangre mientras que otras son degradadas después de la circulación a través del hígado y pulmón. (HAFEZ, 2002).



#### **2.4.3.1. Mecanismo de acción**

El mecanismo de acción se halla estrechamente relacionado con receptores específicos de la membrana que activan una proteína G específica, desencadenando la cascada de adenosinmonofosfato cíclico (AMPc) y la correspondiente liberación de calcio (Ca) por medio del fosfatidilinositol (ECHEVERRIA, 2006).

#### **2.4.3.2. Prostaglandina F2 $\alpha$ (PGF2 $\alpha$ )**

La PGF2 $\alpha$  es un agente luteolítico natural que finaliza la fase lútea (de cuerpo amarillo) del ciclo estral y permite el inicio de un nuevo ciclo estral en ausencia de fertilización, esta es particularmente potente para finalizar la preñez temprana". (HAFEZ, 2002).

#### **2.4.3.3. Farmacodinamia**

La PGF2 $\alpha$  pasa del endometrio a la vena uterina y de esta a la arteria utero-ovárica, que corre paralela a la vena en una sección por medio de gradientes de concentración.

El mecanismo de regresión del cuerpo amarillo por efecto de la PGF2 $\alpha$  se debe a que disminuye el riesgo de dicho cuerpo, lo que interfiere en el aporte hormonal a éste; además, la PGF2 $\alpha$  parece tener efecto lítico directo sobre las células luteínicas. En el aparato reproductor femenino estimula la actividad del miometrio e induce a relajación del cuello uterino (cérvix). (SUMANO, 2006).

#### **2.4.3.4. Farmacocinética**

La vida media plasmática de la PGF2 $\alpha$  es aproximadamente de ocho minutos y en los pulmones es metabolizada inicialmente a 13-14 dihydro 15 keto- PGF2 $\alpha$  (PGFM), según HINCAPIE (2005).

Se pueden considerar como hormonas que controlan varios fenómenos fisiológicos y farmacológicos como la contracción del músculo liso en los aparatos gastrointestinal y reproductivo, la erección, la eyaculación, el transporte de espermatozoides, la ovulación, la formación del cuerpo amarillo, el parto y la eyección de la leche”. (HAFEZ, 2002).

## **2.5. CONDICIÓN CORPORAL (C.C).**

La determinación del estado o condición corporal ha sido objeto de numerosas investigaciones y se han propuesto diversos métodos. Estos métodos, aunque algo subjetivos, no requieren ningún equipamiento especializado y tiene la ventaja sobre el peso vivo que es independiente del tamaño corporal. El puntaje está basado en la palpación y observación de diferentes áreas de la vaca para determinar el nivel de cobertura de grasa.

Están contemplados puntajes intermedios (cuarto o medio punto, o sea 0,25 ó 0,5) cuando es necesario ajustar más exactamente la condición del animal de manera que puede ser usado siguiendo el mismo criterio una escala de 9 puntos, como la propuesta por (Herd y Sprott; 1986) citados por **BAVERA, 2005**.

### **2.5.1. Momentos de evaluación de la condición corporal**

Los momentos más convenientes para evaluar la condición corporal son: Los momentos más importantes son al comienzo de la parición y al comienzo del servicio. Los otros momentos son para permitir el control y aplicar las correcciones necesarias para llegar en una buena condición corporal a estos dos con menor costo.

#### **2.5.1.1. Condición Corporal al Parto.**

La condición corporal al parto está altamente correlacionada con el estado de la vaca en el último tercio de la gestación. Generalmente pierde medio punto en su condición corporal al momento de parir, y para

mantener su estado hasta que reciba servicio deberá proveerse una alimentación cuya calidad y disponibilidad cubra los requerimientos en aumento de esta etapa fisiológica del amamantamiento.

#### **2.5.1.2. Condición Corporal al Inicio del Servicio**

El servicio es el período más importante en el ciclo anual de la vaca de cría, en el cual se condiciona el resultado productivo de la ganadería, ya que para mantener una época de partos corta y un bajo porcentaje de vacas secas, es esencial que la vaca esté en una correcta condición corporal al servicio. Para aquellas ganaderías con partos estacionales, la condición corporal mínima recomendada está entre 2 y 2,5. Ganaderías con una condición corporal por debajo de 2 al inicio del servicio, incluyen una alta proporción de vacas en estado de anestro. Esto debe ser revertido por cambios rápidos en la condición corporal mediante adecuados niveles de nutrición. El porcentaje de vacas secas cae drásticamente cuando modificamos su condición corporal durante la época de servicio en aquellas que están por debajo de la condición 2.

El pasar de una C.C 2,5 a 3,5 implica un aumento del porcentaje de preñez de cerca del 28 %. Sobre la base de esto se debe calcular cual es el costo alimenticio para cambiar la C.C de las vacas de menor C.C y cuál será el retorno que se obtendrá. Si la vaca cae por debajo de C.C 2,5 puede entrar en anestro nutricional. La vaca, luego de entrar en un anestro nutricional debe mejorar su C.C en 1 grado aproximadamente para volver a ciclar. De ello se deduce que es más económico alimentar una vaca para que siga ciclando que para reiniciar el ciclo luego del anestro nutricional.

### **2.6. FACTORES A CONSIDERAR ANTES DE SINCRONIZAR EL CELO.**

#### **2.6.1. Ciclicidad de los Animales**

El grado de ciclicidad de los animales debe estar establecido previamente. La palpación rectal es un método eficiente y preciso de identificación de vacas y vaquillas cíclicas.

### **2.6.2. Intervalo Post Parto**

Vacas con menos de 45 días de intervalo post parto, deben ser excluidas del Programa de Sincronización. Las primerizas requieren un intervalo post parto de 3 semanas adicionales, que en el caso de las vacas.

### **2.6.3. Nutrición**

Los animales tratados deben tener una condición mínima, es muy importante que los animales tengan un balance energético positivo.

Numerosos estudios en los rebaños lecheros han mostrado claramente que un aumento notable de la producción de leche a principios de la lactación incrementa la incidencia de diversos problemas reproductivos (**MACMILLAN et al.1996**). Además, la capacidad genética para una producción extremadamente elevada de leche en el vacuno lechero, junto con los cambios en su manejo nutricional y un tamaño mayor de las explotaciones, se han asociado con un descenso gradual de la fertilidad. La incapacidad de satisfacer las enormes necesidades de energía para el mantenimiento y la producción de las vacas de alto rendimiento durante las tres primeras semanas de la lactación dan lugar a un balance energético negativo. El balance energético durante las tres primeras semanas de la lactación está estrechamente correlacionado con el intervalo entre el parto y la primera ovulación (Butler et al., 2000). Está bien documentado que las vacas demasiado gordas en el momento del parto suelen presentar una reducción del apetito y que acaban teniendo un balance energético negativo más acusado que el de las vacas con una condición corporal normal. Estas vacas muestran una mayor movilización de grasa corporal y una mayor acumulación de triglicéridos en el hígado (**BUTLER 2000**).

#### **2.6.4. En Caso de Vaquillas**

Las vaquillas deben tener mínimo el 65 – 70% del peso vivo de una adulta, la palpación puede ser necesaria para incluirlas en programas de vaquillas que no estén ciclando o que presenten ovarios o útero no bien desarrollados.

#### **2.6.5. Semen e Inseminador**

Una eficiente y adecuada tecnología de I.A. debe ser asegurada. El inseminador deberá tener la habilidad y experiencia suficientes.

#### **2.6.6. Sanidad**

La salud general del rebaño debe ser evaluada por diversos factores que puedan afectar el proceso reproductivo, debiendo prestarse atención especial a las enfermedades infecciosas y parasitarias que afectan directamente el aparato reproductor (IBR, DVB, leptospirosis, brucelosis, tricomoniasis y Neosporosis).

#### **2.6.7. Estrés de Manejo**

Dos semanas antes, durante y post inseminación deben ser evitados factores de estrés (vacunaciones, cambios de alimentación, etc.).

#### **2.6.8. Condición Corporal**

Es un factor muy importante en el manejo de vacunos y determinante en la realización de un programa de reproducción sincronizada. Es aconsejable mantener las vacas en una condición corporal de más de 2.5 y menor de 4 (ideal de 3 a 3.5 en la escala de 1 al 5).

## 2.7. MÉTODOS DISPONIBLES PARA SINCRONIZAR EL CELO.

La evolución de los métodos para el control del ciclo estral en la vaca, puede ser ordenado en 5 fases distintas. La primera comprende todas investigaciones con el sentido de prolongar la fase lútea a través de la administración de progesterona exógena. Con el tiempo estos métodos pasaron a contar con una asociación de estrógenos y gonadotropinas. La tercer fase esta caracterizada por la utilización de prostaglandinas con el fin de acortar la fase lútea, la cuarta fase seria aquella en la que fueron desarrollados los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas. La denominada quinta fase surgió por estudios mas recientes de las ondas foliculares que mostraron que el control del ciclo estral en la vaca requiere la manipulación no solo de la fase lútea sino también del crecimiento folicular.

Dentro de las ventajas de la sincronización de estros en bovinos podemos citar las siguientes:

- ◆ Concentración de animales en estro en un corto periodo
- ◆ Racionalización de la IA principalmente en vacas de carne.
- ◆ Concentración y reducción del periodo de parición.
- ◆ Manejo de los alimentos disponibles de acuerdo con la época del año y las categorías de animales.
- ◆ Facilitar la formación de test de evaluación zootécnica para posibilitar la compra de individuos con intervalos reducidos entre los nacimientos.
- ◆ Registro de los terneros, facilitando las prácticas de manejo y comercialización.

Los principales factores limitantes a una mejor expansión en la utilización de los protocolos de sincronización de los protocolos de sincronización de celos y ovulación en vacas, está asociado

relativamente a los altos costos de las hormonas; desconocimiento por parte de los técnicos sobre los mecanismos fisiológicos que rigen la función reproductiva de la vaca, situaciones frecuentes en nuestro sistema de producción con periodos de restricción alimentaria, así como una pequeña reducción de la fertilidad de los animales después de los celos inducidos. Cuando se va a implementar un programa de sincronización tenemos que caracterizar al grupo de animales que serán tratados. Esta clasificación se da básicamente considerando si se trata de vaquillonas o vacas con cría al pie y el estado del ovario. Determinados protocolos que pueden ser utilizados en vacas o vaquillonas cíclicas, son inadecuados en hembras acíclicas. Actualmente existen 2 grupos de preparaciones hormonales disponibles en el mercado que pueden ser utilizadas para sincronizar celos en los bovinos:

- 1- Progestágenos que tienen como efecto principal un bloqueo hipotálamo-hipofisiario simulando una fase lútea.
- 2- Prostaglandinas y sus análogos que actúan como agente luteolítico sobre el cuerpo lúteo

### **2.7.1. Presynch**

El método Presynch se ha estado utilizando ampliamente en los hatos lecheros de la localidad durante los últimos años. En este método se puede realizar doble inseminación para obtener mejores resultados.

PreSynch®, como su nombre lo indica, es un protocolo que "pre-sincroniza" vacas en la fase temprana del ciclo estral para una óptima respuesta a la GnRH, lo que mejora las tasas de preñeces de OvSynch®. Está indicado para vacas cíclicas. Es un protocolo de presincronización, en el cual se aplican una o dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  con intervalos de 14 días de diferencia, dando la segunda inyección 12 días antes de la primera inyección de GnRH dentro del protocolo OvSynch® (**FRICKE , 2001**).

PreSynch® mejora la tasa de concepción al primer servicio comparada con OvSynch® y es una buena estrategia para programar vacas para recibir la primera I.A. en tiempo fijo en el posparto. A este respecto, en vacas lecheras lactantes. Moreira *et al*, (2000) reportaron tasas de concepción de 29% para el OvSynch® y 43% para el PreSynch®. **MOREIRA et al (2001)** reportaron que el PreSynch® aumento las tasas de gestación 18% (25 a 43%) en vacas cíclicas lactantes.

Por tanto el uso del PreSynch® para programar a vacas lecheras lactantes para recibir su primera IA postparto puede mejorar la tasa de concepción a primer servicio. Sin embargo dada su duración, el PreSynch® no es un buen protocolo de resincronización y debería ser usado solamente en vacas para su primer servicio de IA posparto (**FRICKE, 2001**)

### **2.7.2. Ovisynch**

El método Ovisynch se utilizó en los últimos 10 años. Es aplicado ampliamente en los hatos lecheros de la localidad. Este sistema es más costoso que el sistema de inyección con PGF2 alpha y requiere más inyecciones que cualquier otro sistema de sincronización, además necesita más tiempo y más manipulación de los animales. La ventaja principal de éste método es que no se hace necesario detectar el ciclo de calor porque la ovulación es programada, pero no debe utilizarse en vaquillas.

El protocolo Ovsynch facilita la programación precisa de la primera IA posparto, al tiempo que mejora los parámetros reproductivos durante el periodo inicial del posparto, con un gran ahorro en mano de obra debido a la eliminación de la necesidad de la detección del estro.

Evaluaron la influencia del día de ciclo estral en el que se inicia el protocolo Ovsynch y los porcentajes de gestación en vacas lecheras lactantes. **VASCONCELOS et al. (1999)**, evaluaron la influencia del día de ciclo estral en el que se inicia el protocolo Ovsynch y los porcentajes de gestación en vacas lecheras



lactantes. A partir de este estudio se puede concluir que los porcentajes de concepción deberían ser mayores cuando el protocolo Ovsynch se inicia entre los días 5 y 12 del ciclo estral.

El protocolo OvSynch® se desarrolló como una estrategia de selección para eliminar la necesidad de detección del estro. Consiste en la aplicación de una inyección de 100 µg de GnRH al azar durante el ciclo estral para inducir la ovulación del folículo dominante y sincronizar la aparición de una nueva onda folicular. Siete días después, se administra 25 mg de PGF2α para inducir la luteosis y se sincroniza la ovulación con una segunda inyección de 100 µg de GnRH 48 horas. La IA programada se realiza de 12 a 16 horas después de la segunda inyección de GnRH (**PURSLEY et al, 1995**).

Este protocolo se ha establecido con éxito en muchas granjas lecheras comerciales como una estrategia para la inseminación artificial en el primer servicio posparto, así como para la reinseminación de vacas repetidoras.

Cuando el OvSynch® es administrado en una etapa al azar del ciclo estral, la primera inyección de GnRH induce la ovulación en 65% de las vacas y causa la emergencia de una nueva oleada folicular en el 100% de estas. La ovulación de un folículo dominante en respuesta a la segunda inyección de GnRH ocurre en el 85% de las vacas en periodo de lactancia que reciben este protocolo (**FRICKE et al, 1998**). La tasa de estación obtenida con este protocolo es de 52% para vacas lecheras (**PURSLEY et al, 1995**) y en vacas productoras de carne el OvSynch® ha producido tasas de gestación del 54% (**GEARY et al, 1998**).

### **2.7.3. OvSynch (56) ®**

El presente es una modificación del protocolo original, en el que la segunda inyección de GnRH se administra 56 horas posteriores a la PGF2α realizando la IA 16 horas más tarde, lo cual ha mejorado la tasa de concepción en un 10% comparado con OvSynch® 48 (**ACCELERATED GENETICS, 2008**).

**Protocolos Ovsynch.** En 1995 surgió una revolución en el manejo exógeno del ciclo estral, con un protocolo basado en GnRH + PGF + GnRH, el cual lograba por primera vez sincronizar el momento de la ovulación, aboliendo por fin la tediosa detección de celos, este tratamiento se conoce con el nombre de Ovsynch. Los resultados son favorables para ganados *Bos Taurus*, pero son muy variables en *Bos Indicus* y sus cruces (**BÓ y CUTAIA, 2006**).

El protocolo Ovsynch ha resultado en una fertilidad aceptable para vacas de leche y de carne. Sin embargo, los resultados de su aplicación en rodeos de cría manejados en condiciones pastoriles no han sido satisfactorios, debido a los bajos porcentajes de concepción que se obtienen en vacas en anestro. Por lo tanto, la elección de este protocolo en rodeos de cría va a depender de la categoría de animales a utilizar y del estado de ciclicidad del rodeo (**BÓ y CUTAIA, 2006**).

Las bases de ovsynch siguen siendo las mismas (Ver fig. 4). La primera GnRH se da para inducir la ovulación y promover la formación de un nuevo cuerpo lúteo (CL) y una nueva onda folicular; es decir, para devolver a la vaca “al comienzo de ciclo estral”. La prostaglandina administrada 7 días después se utiliza para regresar el nuevo CL y la última GnRH se administra 48 horas después para inducir la ovulación del nuevo folículo. La inseminación a tiempo fijo (IATF) se lleva a cabo de 16 a 24 horas después; o antes del tiempo esperado de ovulación el cual es aproximadamente 24 a 34 horas después de la segunda GnRH en el protocolo ovsynch clásico (**LÓPEZ, 2006**).

Las bases de ovsynch siguen siendo las mismas. La primera GnRH se da para inducir la ovulación y promover la formación de un nuevo cuerpo lúteo (CL) y una nueva onda folicular; es decir, para devolver a la vaca “al comienzo de ciclo estral”. La prostaglandina administrada 7 días después se utiliza para regresar el nuevo CL y la última GnRH se administra 48 horas después para inducir la ovulación del nuevo folículo. La inseminación a tiempo fijo (IATF) se lleva a cabo de 16 a 24 horas después; o antes del tiempo

esperado de ovulación el cual es aproximadamente 24 a 34 horas después de la segunda GnRH en el protocolo ovsynch clásico (**LÓPEZ, 2006**).

El HeatSynch® es una alternativa de OvSynch/PreSynch® en la cual se administra 1.0 mg de cipionato de estradiol (ECP) 24 horas después de la inyección de PGF2 $\alpha$  del OvSynch® para inducir ovulación, en lugar de administrar GnRH 48 horas después de PGF2 $\alpha$ . Se da IA a todas las vacas detectadas en celo 24 horas después de la inyección de ECP para mejorar la respuesta general al protocolo. Las vacas no detectadas en estro a las 24 horas reciben IA a tiempo fijo 48 horas después del ECP (**FRICKE, 2001; STEVENSON et al, 2004**)

En vacas primíparas y multíparas se reportaron tasas de concepción de 43.5 y 30.6% respectivamente para PreSynch, comparadas con 50.7% y 19.45% para HeatSynch, aunque no hubo diferencia entre ambos en la tasa de concepción general.

En general el resultado de HeatSynch® en desempeño reproductivo es similar a PreSynch® pero puede no ser efectivo para sincronizar vacas anovulares (**ACCELERATED GENETICS, 2008**). Las tasas de presentación de celo al momento de la IA fueron de 32.8% para PreSynch® y 40.4% para HeatSynch® y de 26.88% y 6.6% respectivamente para vacas que no mostraron estro al momento de la IATF de acuerdo con estos resultados las tasas de concepción a la primera IA sincronizada serán similares para vacas que reciben ECP o GnRH como la hormona ovulatoria para realizar IA. Una de las ventajas de usar ECP en un protocolo de sincronización es su menor costo comparado con la GnRH. Además, las vacas que reciben ECP usualmente exhiben comportamiento estral y tono uterino al momento de la IA. El HeatSynch® puede ser considerado como una alternativa al PreSynch®, pero puede no trabajar bien en hatos con alto porcentaje de vacas anovulatorias después del periodo voluntario de espera (**FRICKE, 2001**).

El PreSynch–OvSynch®, consiste en la administración de dos inyecciones de PGF2α con 14 días de intervalo como un tratamiento de presincronización para asegurar que la mayoría de las vacas estarán en la fase adecuada del ciclo estral al iniciar el tratamiento OvSynch® (día 5 al 10 del ciclo estral). Con esta modificación se incrementa hasta un 5 a 10% la tasa de concepción en la primera inseminación posparto. Sin embargo, no es posible inducir la ciclicidad en vacas con condición anovulatoria (folículos >10mm sin CL), condición que tiene una incidencia del 20 a 30% en vacas a los 60 días posparto (**AGUIRRE, 2003**).

El CoSynch (48)®, fue desarrollado con la finalidad de establecer variaciones en la tasa de concepción en caso de que se realizara la IATF el mismo día que se realizara la segunda administración de GnRH en el protocolo OvSynch®. Estudios realizados por la Universidad de Wisconsin-Madison arrojaron una tasa de concepción (TC) de un 29.2%, en relación a su comparativo OvSynch® en donde se obtuvo una TC de 35.1% (**ACCELERATED GENETICS, 2008**).

### **2.7.3. Crestar**

Este método consiste en un implante impregnado con 3mg de Norgestomet que es aplicado en forma subcutánea en la base de la oreja donde permanece de 9 a 10 días. En el momento de su aplicación son inyectados 3mg de Valerato de Estradiol y 3 mg de Norgestomet. Al ser retirado se recomienda la aplicación de 400 a 600 UI de eCG inyectada en forma intramuscular o la realización de un destete de 24 a 48 horas (DT). Para mejorar la sincronización de los celos cuando se trata de animales cíclicos, se recomienda también la aplicación de PGF2 alpha 48 horas antes de retirar el implante.

### **2.7.4. CIDR**

#### **2.7.4.1. Concepto e Indicaciones**

El método CIDR (controlled internal drug release) se trata de un dispositivo intravaginal de silicón con forma de “Y” e impregnado con 1,9 gr de progesterona natural que puede ser

liberada durante varias semanas junto con una dosis inicial de 2 mg de benzoato de estradiol; El dispositivo es dejado en la vagina no más de 7 días y en el momento de su retiro, se aconseja la aplicación de 1 mg de benzoato de estradiol. Esto último según algunos autores produce mejores resultados si es aplicado 24 horas después del retiro del dispositivo.

#### **2.7.4.2. Composición.**

Dispositivo intravaginal (progesterona impregnada 1,3 gr). Benzoato de estradiol (2-1 mg). Prostaglandinas F2 alpha (para mejorar la eficacia).

#### **2.7.4.3. Eficacia del Método**

La eficacia del método está dada por su debida aplicación y correcto manejo, tanto de los animales como de los medicamentos empleados; pero según algunos autores la proporción de hembras sincronizadas esta alrededor del 80%, variando el índice de concepción en relación al número de servicio del animal (42.4 – 82.09%).

#### **2.7.4.4. Mecanismo de Acción**

La progesterona repartida mediante el dispositivo intravaginal provoca un efecto negativo en el hipotálamo que conduce a:

1. Supresión de la hormona luteinizante (LH).
2. Supresión de la hormona estimulante del folículo (FSH), esto suprime el calor y la ovulación.

Al remover el implante (se remueve el efecto negativo) el resultado es el ciclo de calor y la ovulación del folículo dominante.

#### **2.7.4.5. Modo de Empleo**

Consiste en insertar un dispositivo intravaginal que reparte progesterona a la sangre en una proporción controlada, usada en varias combinaciones con estradiol prostaglandinas y/o GnRH.

Es un dispositivo intravaginal que contiene progesterona natural, la cual se libera por difusión desde una capsula de silicón sobre una espina de nylon, la cual está adaptada para retener el dispositivo dentro de la vagina. El dispositivo contiene de 1.38 a 1.9 g de la hormona natural impregnada en una matriz elástica de silicón que es encapsulada sobre una espina de nylon. La P4 se absorbe a través de la mucosa vaginal, dando como resultados niveles en plasma suficientes para suprimir la liberación de LH y FSH del hipotálamo, previniendo el estro y la ovulación del folículo dominante (SORIA, 2006).

### **2.7.5. Protocolos para IATF con dispositivos intravaginales (DIB).**

**2.7.5.1. Progesterona (P4).** En el mercado internacional, existen varios dispositivos intravaginales con P4 entre ellos se pueden contar: PRID® (Sanofi, Francia), con 1.55 g. de P4; CIDR-B® (InteAg, Nueva Zelandia) que tiene dos modelos uno, con 1.9 g de P4 y otro, con 1.38; TRIU-B® (Biogénesis, Argentina) con 1 g. de P4; Cue-Mate® (Duiers-PfarmAg, Nueva Zelanda) con 1.56 g. de P4 y el DIB® (Sintex, Argentina) con 1 g. de P4.

El tratamiento más utilizado, consiste en suministrar 2 mg. de EB al momento de la inserción del dispositivo (día 0) para sincronizar el desarrollo folicular, posteriormente (día 7), remover el dispositivo y administrar PGF para inducir la luteólisis y finalmente, 0.75 ó 1 mg. de EB en el día 9 para sincronizar la ovulación.

El tratamiento tiene una variación en la cual se aplican 400 UI IM de eCG al tiempo con la Pf2 $\alpha$ , la cual estimula la emergencia de una nueva onda folicular. Los resultados de estos tratamientos han sido persistentes tanto en *Bos Taurus* como en *Bos Indicus* independientemente de si son novillas o vacas paridas o secas, incluso los resultados han sido favorables en vacas en anestro (BÓ *et al.*, 2003).

Otra variación del protocolo que se ha estado experimentando en vaquillonas, es el de suministrar 2 mg. de EB al momento de la inserción de un dispositivo DIB® de 1 g. de P4 y adicionalmente 75  $\mu$  PGF (día 0),

posteriormente (día 8), se remueve el dispositivo y se administran nuevamente 75 ug de PGF finalmente, 1 mg. de EB en el día 9. La IATF se realiza entre las 52 y 56 horas siguientes a la remoción del dispositivo DIB® (**BÓ et al., 2006**).

Mediante la implementación de este protocolo, se lograron porcentajes de preñez de más del 60% en vaquillonas cruzas Cebú (**BÓ et. al. 2006**).

## **2.8. RESULTADOS OBTENIDOS EN SINCRONIZACIÓN DEL CELO E IATF.**

Se afirma que hay una variedad de formas en las que la progesterona o uno de sus potentes análogos pueden administrarse. Los métodos incluyen la vía oral, el implante y el dispositivo intravaginal. La progesterona mediante una inyección puede aún usarse en los programas experimentales, mientras se administra el esteroide en dosis diarias o menos frecuentes. La progesterona tiene una vida media corta en la vaca lo cual hace que sean esenciales los procedimientos de administración repetidos o continuos (**GORDON, 1989**).

Se ha dado a conocer que existen básicamente dos maneras de lograr la sincronización de estros: La primera y más antigua es mediante la supresión de la actividad ovárica utilizando progesterona, si se toma en cuenta que ésta inhibe la secreción de GnRH y por ende la de FSH-LH, al suspender la administración de progesterona se reanuda el ciclo y el animal entra en estro en un tiempo que fluctúa entre 3 y 7 días. La segunda manera de sincronizar el estro se basa en la inducción de la regresión prematura del cuerpo lúteo con la consecuente presentación temprana del estro. Esta inducción se logra en la actualidad con la administración de análogo de PGF2 $\alpha$  (**RAMÍREZ et al., 1989**). En una sincronizaron del celo a 605 vacas cebuinas de 5 y más años de edad utilizando PGF2., el 61% fueron detectados en celo entre las 72 y 168 horas pos tratamiento. El porcentaje de concepción fue de 60.5%; así mismo, en las vacas sincronizadas que presentaron celo en el periodo de 3 a 7 días pos tratamiento el porcentaje de concepción fue de 87%,

y en el grupo restante que incluyó hembras que mostraron celo fuera del periodo de 3 a 7 días (incluyendo vacas tratadas y no tratadas) la concepción alcanzó el 81%. El número de servicios por concepción fue de 1.6 (**BACA et al., 1998**).

La fuente aclara que, según la información que se tiene, la administración de  $\text{PgF2}\alpha$  durante el diestro produce la lisis del cuerpo lúteo con la consecuente caída de los niveles de progesterona, desencadenando el mecanismo de retroalimentación hormonal, que va a estimular el crecimiento de folículos en preparación para la ovulación. Es importante señalar que la inducción de estro con  $\text{PgF2}$  sólo se realiza en presencia de un cuerpo lúteo maduro y funcional; la administración del producto fuera de esta condición no manifiesta ningún efecto luteolítico, también se debe efectuar durante el diestro funcional en una dosis única de 25 mg por vía intramuscular. La presentación de estro se esperará entre los dos y cinco días siguientes al tratamiento, aunque se presenta con mayor frecuencia entre las 72 y 96 horas posteriores (**FERNÁNDEZ, 1999**).

También se informa un trabajo de sincronización en el cual el primer tratamiento lo hace con implante de Norgestomet por 9 días, el segundo tratamiento usó un implante de Norgestomet por 9 días, luego aplicó prostaglandina en el día 7, en el tercer tratamiento uso un implante de Norgestomet por 9 días más prostaglandina en el día 7 y luego uso 500 UI de PMSG el día 9. Los resultados fueron 49%, 59.5% y 65.4% respectivamente (**INTERVET, s.f.**).

Otros, certifican que la inducción y sincronización del celo es un método válido para paliar esta situación toda vez que permite mejorar la eficacia de la Inseminación Artificial, aparte de las siguientes ventajas: Soluciona la falta de detección de celos, permite hacer lotes para venta, permite hacer lotes programados para producción, aumenta la eficacia de la IA, permite utilizar dosis de semen de altísima calidad genética con la mayor eficacia (dosis fraccionadas), organiza el trabajo veterinario, facilita el manejo y la atención



por el ganadero, favorece una mayor cantidad de celos en un periodo tiempo, por comportamiento e interacción social (**DOMÍNGUEZ et al., s.a.**).

En otro estudio se refiere que de los resultados obtenidos sobre 178 novillas, se ha podido comprobar que la capacidad de inducción del celo (151 novillas presentan síntomas claros de celo y por lo tanto se inseminan), es ligeramente superior a la obtenida con el protocolo de implantes subcutáneos de progesterona (84,8% vs 83,3%), y estadísticamente superior ( $P<0,05$ ) al método GPG. De igual forma, el porcentaje de novillas gestantes con respecto a las tratadas (67,5%), también es estadísticamente superior ( $P<0,05$ ) al método de implantes (51,4%) y por supuesto al Ovsynch o GPG (45,9%). Finalmente, sorprende comprobar como el porcentaje de novillas gestantes con respecto a las inseminadas, en el método CIDR-Ovsynch + IA 56h supera incluso a las novillas inseminadas a celo natural (76,5% vs 69,7%), referido por **ÁLVAREZ s.a.**

La progesterona liberada del D.I.B. es estructuralmente idéntica a la endógena y tiene un rol importante sobre la dinámica folicular ovárica. Los niveles supraluteales ( $>1$  ng/ml) obtenidos a los pocos minutos de la introducción del dispositivo provocan la regresión del folículo dominante y aceleran el recambio de las ondas foliculares, este cese de la secreción de productos foliculares (estrógeno e inhibina) produce el aumento de FSH que va a ser la responsable del comienzo de la emergencia de la siguiente onda folicular. Por otro lado la extracción del dispositivo provoca la caída

de Progesterona a niveles subluteales ( $< 1$  ng/ml) que inducen el incremento de la frecuencia de los

pulsos de LH, el crecimiento y la persistencia del folículo dominante con concentraciones muy altas

de Estradiol que provocan por un lado el celo y a nivel endócrino inducen finalmente el pico de LH que es seguido por la ovulación. (BO, 2002).

También se explica que el empleo de progestágenos (progesterona o sus análogos) se fundamenta en la acción inhibitoria de la progesterona para la manifestación del celo. Al administrarlos en dispositivos vaginales (durante 7 días), implantes subcutáneos (9 días) o por vía oral (14 días) actúan como un CL artificial y mientras ejercen su acción la vaca no manifiesta estro. Al retirarlos permiten la presentación del celo. En animales que están en anestro logran inducir el estro y en animales ciclando funcionan en cualquier etapa del ciclo estral. Existen varios protocolos de sincronización de estros y ovulaciones con GnRH y prostaglandina. Uno de ellos es el Ovsynch (abreviatura de OvulationSynchronization), que es muy usado en bovinos lecheros para inseminar a tiempo fijo sin detectar celos (**ASPRON, 2004**).

Otro autor considera que los estudios de las sincronizaciones de celo en bovinos fueron conducidas en dos direcciones principales, ambas fueron interfiriendo en la duración del ciclo estral. Los métodos que comprenden la utilización de agentes luteolíticos que lleva a una anticipación a la regresión del cuerpo lúteo y el consecuente acortamiento del ciclo, y el proceso de alargamiento del ciclo con una simulación de diestro a través de la administración de progestágenos (**BEKALUBA, 2006**).

Otros describen que el uso de progestágenos ha sido usado para extender la fase luteal, resultando en mayor cantidad de animales detectados en celos en un periodo más corto pero con menor fertilidad. Más recientemente el uso de la hormona liberadora de las gonadotrofinas (GnRH) y estradiol han sido incorporados a los tratamientos con progestágenos resultando en aceptables porcentajes de preñez. Estas combinaciones hormonales que aseguran concentraciones circulantes elevadas de progesterona y sincronizan tanto la emergencia de una nueva onda de folículos ováricos como la ovulación son los denominados protocolos para la IA a tiempo fijo (IATF). La presencia del comportamiento del celo no tiene importancia en los protocolos de IATF. Sin embargo, es necesario revisar el conocimiento actual y corriente de la fisiología reproductiva bovina para así proponer métodos alternativos para el productor agropecuario.

Por lo tanto, el objetivo de este artículo es revisar brevemente el ciclo estral, sistemas de sincronización de celos y algunos de los programas de IATF utilizados en Canadá (**COLASO et al., 2007**).

En vacas cruzadas con Holstein, explotadas en la campaña de Cutervo, fueron distribuidas en los siguientes tratamientos: T<sub>0</sub> (Inseminación artificial tradicional), T<sub>1</sub> (Programa de inducción y sincronización con Progestágeno), T<sub>2</sub> (Programa de inducción y sincronización con GnRH y PGF<sub>2</sub> α), y evaluados como sincronizadores del celo para su posterior inseminación artificial a tiempo fijo y medidas posteriormente en el porcentaje de preñez al primer servicio. Las tasas de preñez fueron de 50.00, 70.00 y 60.00%, para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, respectivamente, no habiéndose hallado, a la Prueba de Chi Cuadrado, dependencia con el tratamiento implantado. El porcentaje de concepciones al primer servicio, según el número de partos previos de la vaca evaluada, fue de 60, 71.43 y 62.5% para vacas de 1, 2 y 3 partos previos al tratamiento hormonal aplicado; así mismo, sus tasas de preñez, según la edad previa al tratamiento hormonal, fueron de 60% en vacas cuya edad fluctuaba entre 3 y 4 años y de 70% en vacas con edades de 5 a 6 años, pero sin diferir estadísticamente a la Prueba de Chi Cuadrado. El análisis de costo/beneficio para los programas de sincronización resultó ser buena o muy buena frente al programa de inseminación artificial tradicional (**TANTACURE, 2008**).

Compararon un nuevo dispositivo intravaginal Pro Ciclar con (0,75 g de P4 Zoovet, Argentina) con el DIB (1 gr. De P4, Syntex, Argentina) en inseminación a tiempo fijo (IATF). Para este experimento se utilizaron 40 vacas mestizas con una condición corporal de 2,5-3 (Escala 1-5), las cuales fueron divididas en 2 grupos. El grupo I: con 20 animales, se les realizó el siguiente tratamiento Día 0: Recibieron un dispositivo intravaginal impregnado con 0,75 g de progesterona (Pro Ciclar Zoovet, Argentina) más 2 mg de benzoato de estradiol. (EB, Syntex, Argentina) vía intramuscular (IM); Día 7: Se retiró los implantes; Día 8: se administró 1 mg de benzoato de estradiol (IM); Día 9: (50-52 hr de retirado el implante), IATF. El grupo II: con 20 animales. Se les realizó el mismo tratamiento y protocolo de sincronización, con la diferencia que

se utilizaron dispositivos intravaginales impregnados con 1 g de progesterona (DIB, Syntex, Argentina). Los resultados obtenidos fueron los siguientes: La tasa de preñez del Grupo I: fue de 75%. Grupo II: 60%. ( $P>0,05$ ). Se concluye que los dos dispositivos utilizados son igualmente efectivos cuando comparamos la tasa de preñez, sin embargo existe una superioridad a favor del Pro Ciclar (**PEDRAZA y ARCE, 2008**).

Compararon un nuevo dispositivo intravaginal Pro Ciclar con (0,75 g de P4 Zoovet, Argentina) con el DIB (1 gr. De P4, Syntex, Argentina) en inseminación a tiempo fijo (IATF). Para este experimento se utilizaron 40 vacas mestizas con una condición corporal de 2,5-3 (Escala 1-5), las cuales fueron divididas en 2 grupos. El grupo I: con 20 animales, se les realizó el siguiente tratamiento Día 0: Recibieron un dispositivo intravaginal impregnado con 0,75 g de progesterona (Pro Ciclar Zoovet, Argentina) más 2 mg de benzoato de estradiol. (EB, Syntex, Argentina) vía intramuscular (IM); Día 7: Se retiró los implantes; Día 8: se administró 1 mg de benzoato de estradiol (IM); Día 9: (50-52 hr de retirado el implante), IATF. El grupo II: con 20 animales. Se les realizó el mismo tratamiento y protocolo de sincronización, con la diferencia que se utilizaron dispositivos intravaginales impregnados con 1 g de progesterona (DIB, Syntex, Argentina). Los resultados obtenidos fueron los siguientes: La tasa de preñez del Grupo I: fue de 75%. Grupo II: 60%. ( $P>0,05$ ). Se concluye que los dos dispositivos utilizados son igualmente efectivos cuando comparamos la tasa de preñez, sin embargo existe una superioridad a favor del Pro Ciclar (**PEDRAZA y ARCE, 2008**).

Al momento de inicio del protocolo de sincronización fueron aleatoriamente divididas en Grupo 1 y 2 mientras vaquillonas sin presencia de CL fueron asignadas al Grupo 3. Vaquillonas del Grupo 1 ( $n=35$ ) recibieron en el D0, 2 mg de benzoato de estradiol (Zoovet, Argentina) junto con la aplicación de un dispositivo intravaginal de 0,75 gr de progesterona. Por otra parte las vaquillonas del Grupo 2 ( $n=35$ ) y 3 ( $n=19$ ) solo recibieron 2 mg de benzoato de estradiol (Zoovet, Argentina) junto con la aplicación de un dispositivo intravaginal de 0,75 gr de progesterona (Pro ciclar; Zoovet, Argentina) el D0. En el D7 se removieron los dispositivos y se administró 150  $\mu$ g de D(+) Cloprostenol (Ciclar, Zoovet, Argentina) y 1 mg

de cipionato de estradiol (Cipiosyn, Syntex, Argentina) por vía IM. En el D9 todas las vaquillonas fueron inseminadas a tiempo fijo (56 – 58 h post retiro de dispositivo intravaginal). Las vaquillonas que presentaban CL al D0 independientemente del tratamiento, tuvieron mayor proporción de folículos >9 mm de diámetro al día de la IATF ( $P=0.04$ ). Contrariamente, hubo una tendencia en vaquillonas tratadas con PGF2 $\alpha$  el D0 en la expresión de celo ( $P=0.07$ ; 82, 58, 56%; Grupo 1, 2 y 3 respectivamente). Cuando se analizaron solo las vaquillonas con presencia de CL al inicio del tratamiento (Grupo 1 vs 2) se observó mayor manifestación de celo en el grupo que recibió PGF2 $\alpha$  ( $P=0.04$ ) al inicio del tratamiento (Grupo 1) comparado con el grupo sin PGF2 $\alpha$  el D0 (**ZENOBI, 2014**).

## **2.9. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE LA VACA.**

En la actualidad se han desarrollado varios sistemas para mejorar las tasas de preñez en los hatos por medio de la sincronización del desarrollo folicular con la regresión del cuerpo lúteo, el control preciso del tiempo de ovulación, la aplicación de la inseminación artificial a tiempo fijo, así como el incremento en la sobrevivencia embrionaria. Dichos sistemas involucran el uso de varios tipos de fármacos disponibles comercialmente, radicando la efectividad de los mismos en el entendimiento de los eventos reproductivos sobre los cuales actúan dichos fármacos (**HAFEZ, 2002**).

Un requisito indispensable para evaluar lo antes mencionado es la adopción y adecuada utilización de los Registros Reproductivos, aunque la mayoría de fincas en nuestro medio no lleva registros continuos y adecuados, y solo en muy pocas de ellas pueden ser utilizados para cumplir una de sus finalidades básicas: evaluar el estado reproductivo del rebaño (**MORO et al, 1994**).

Los registros son importantes para un negocio lechero exitoso. Los registros reproductivos le permiten considerar, al administrador del hato, todos los eventos (datos) que le han ocurrido a cada animal. Los registros en sí mismos tienen poca importancia, deben ser resumidos, procesados y analizados de manera de proveer información útil (Gonzales 1982). Esta información puede ser luego utilizada para:

1. Evaluar el estado reproductivo del hato
2. Ayudar a investigar la infertilidad así como otros problemas
3. Establecer metas reproductivas realistas
4. Monitorear los cambios que se van realizando (**MORO et al., 1994**).

Los eventos que tienen lugar en el hato pueden resumirse para dar información útil acerca del desempeño del mismo, debido a que estos dependen de muchos factores, diferentes índices le permiten al administrador del hato identificar fortalezas, debilidades, establecer metas y monitorear los progresos hacia una eficiencia productiva y reproductiva (**WATTIAUX, 1996**).

[Para una evaluación del desempeño reproductivo del hato debe elegirse cuidadosamente los datos que deben registrarse y los parámetros a analizarse de manera que provean la mejor y más útil información al productor para su correcta interpretación (**ARIAS, 1999**).

Entre los principales parámetros a determinar para evaluar el desempeño reproductivo tenemos:

#### **2.9.1. Edad a la pubertad.**

Se considera que la pubertad se alcanza cuando el animal produce por primera vez gametos viables para la fecundación, que en el caso de las hembras ocurre en la primera ovulación; en la práctica, esto ocurre cuando se detecta o manifiesta el primer estro, o al identificarse por primera vez un cuerpo lúteo mediante palpación rectal. Las novillas criadas en el trópico alcanzan la pubertad tardíamente con relación a las hembras de las razas europeas que se encuentran en un clima diferente al tropical, la edad a la que alcanzan la pubertad está en relación con el grado de crecimiento y desarrollo corporal, los que a su vez están determinadas por otros factores como la raza y el nivel nutricional. Las novillas alcanzan la

pubertad a los 17 meses promedio, pudiendo variar entre los 12 y los 21 meses (**ANTA, 1987; MENÉNDEZ, 1989**).

#### **2.9.2. Edad al primer servicio.**

Es la edad en que la novilla es servida por primera vez, se realiza después de que haya alcanzado la madurez sexual. Este parámetro está estrechamente relacionado con el peso y desarrollo corporal del animal así como con la edad en que se alcanza la pubertad. En condiciones óptimas el primer servicio se realiza entre los 15 y 20 meses (**BULBARELA, 2001**).

#### **2.9.3. Edad al primer parto.**

Es la edad en que las novillas llegan a tener su primera cría, considerándose que esto ocurra entre los 2.5 y los tres años de edad. Guarda relación con la edad en que las novillas alcanzan la pubertad y con la edad de la primera concepción. Este parámetro tiene un efecto determinante en la producción de becerros en la vida productiva del animal (**ASPRÓN, 2000**).

#### **2.9.4. Días del parto al primer estro.**

Es el intervalo que transcurre entre el parto y la detección del primer celo. En bovinos productores de carne en reinicio de la actividad ovárica se retrasa respecto a las vacas lecheras, esto se debe, entre otras causas, a la inhibición causada por el amamantamiento y a las deficiencias nutricionales, dando como resultado que la primera ovulación y el primer estro postparto tarde meses en presentarse, que en condiciones tropicales, puede ser de 3 meses o más (**ANTA, 1987**).

#### **2.9.5. Días del parto al primer servicio.**

Es el tiempo transcurrido desde el parto hasta que se da el primer servicio, lo ideal es que este indicador no sea mayor de 85 días. Las causas más comunes por las que se alarga, son las infecciones uterinas que

ocasionan retraso en la involución uterina y por la mala detección del estro. Se recomienda iniciar la monta después de los 45 días del parto y lo ideal sería lograr la preñez 80 días después del parto para que sumados a los 285 días que en promedio dura la gestación, se tengan periodos de intervalos entre partos de 365 días (**CAVESTANY, 2005**).

#### **2.9.6. Fertilidad al primer servicio.**

Indica el porcentaje de animales preñados sobre el total de inseminados al primer servicio en un periodo determinado de tiempo. Este índice se ve afectado por la longitud del periodo seco anterior, problemas al parto y post parto, involución uterina y actividad ovárica, producción lechera, balance energético, eficiencia en la detección del celo e inseminación, entre otros (**BAUCELLS, 2000**).

#### **2.9.7. Intervalo entre partos.**

Se define como el intervalo de tiempo entre dos partos sucesivos de las vacas y se expresa en meses, Este índice separa los factores pre y pos servicio de la eficiencia reproductiva, su aumento refleja fallas en el desempeño general de las vacas fértiles, con más de dos partos, pero por si solo no determina ningún problema específico. Este dato debe rondar entre los 12.5 y 13 meses (**VANDEPLASSCHE, 1982**).

#### **2.9.8. Servicios por concepción.**

Se define como el número total de servicios dados a un grupo de animales en un periodo definido, que indica la medida de fertilidad de las vacas que se preñan. Se considera eficiente si es menor a 1.7 (**CAVESTANY et al, 1985**).

#### **2.9.9. Días en servicio.**

Es el intervalo que transcurre entre el primer servicio y el servicio efectivo. El alargamiento de los días en servicio indica la existencia de problemas de infertilidad, este parámetro está influenciado por la



raza, la nutrición, el clima, el tipo de empadre y la técnica de inseminación, entre otros factores. Los días en servicio influyen sobre la edad a la primera concepción y sobre el intervalo entre partos y la concepción en vacas adultas (**ANTA, 1987**).

#### **2.9.10. Días abiertos.**

Una vaca se considera abierta cuando sobrepasa el período voluntario de espera y no está servida. El valor aceptado para este periodo es entre 80 a 110 días (Porrás, 2000). Los días de lactancia, días vacíos de la vaca, intervalo entre partos y otros parámetros varían dependiendo del tipo de explotación y las necesidades del productor (**LÓPEZ, 2009**).

#### **2.9.11. Porcentaje de concepción.**

Se calcula dividiendo el número de gestaciones entre el número total de servicios que se han realizado, es una medida importante para evaluar la fertilidad del hato; se considera que del 55 al 60% de concepción es adecuado (**KRUIF, 1987**).

#### **2.9.12. Porcentaje de fertilidad en vacas.**

Es el número de vacas que quedan gestante durante un periodo determinado dividido entre el total de vacas en el hato elegibles para ser servidas, depende del porcentaje que son inseminadas y del porcentaje de concepción en dichas inseminaciones. Está influenciado por el método de detección de calores, tipo de empadre, técnica de inseminación, calidad de semen, tamaño del hato, raza, edad, enfermedades infecciones, reabsorciones embrionarias y muerte fetal. El porcentaje de fertilidad total es de 60% en promedio (**LOZANO et al, 1992; SEGURA et al, 1992**).

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **a. UBICACIÓN DE LUGAR Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.**

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Andabamba, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. El distrito de Andabamba, geográficamente se localiza a 06°39'38" latitud sur y 78°49'01" longitud oeste, Limita por el Sur con el distrito de Yauyucan, por el Norte con el distrito de La Esperanza y por el Este con el distrito de Ninabamba. Se encuentra en la parte oriental de la Provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. El distrito tiene una extensión de 7,61 kilómetros cuadrados. Su territorio es el más pequeño entre los distritos de la provincia, con 0.53% del total provincial. Se destacan los siguientes centros poblados: La Samana, El Mojón, Samana del Triunfo, San José, Rambrán, La Punta, Rejo Grande, La Arteza, San Lorenzo, Yerbabuena, Rejo Chico. Andabamba cuenta con una población de 1 865 habitantes, y tiene una densidad de 245,1 habitantes por km<sup>2</sup>, la capital del distrito es Andabamba cercado y está situada a 2 540 m.s.n.m. sobre las faldas del cerro Changacirca.

#### **b. MATERIAL DEL ESTUDIO.**

##### **3.2.1. Tratamientos experimentales**

Se evaluaron tres tratamientos:

T<sub>0</sub>: Inseminación Artificial tradicional

T<sub>1</sub>: Inseminación Artificial a vacas sincronizadas con Ovsynch

T<sub>2</sub>: Inseminación Artificial a vacas sincronizadas con Pro-ciclar

### **3.2.2. Material biológico.**

Estuvo constituido por 90 vacas criollas, 30 por cada tratamiento, previamente seleccionadas provenientes de las comunidades y centros poblados del distrito de Andabamba, provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

### **3.2.3. Materiales y equipos de campo y laboratorio**

En las diversas fases llevadas a cabo en el experimento se dispuso de lo siguiente:

- Semen congelado de procedencia nacional.
- Pistola de inseminación.
- Termos Criogénicos.
- Guantes plásticos
- Mangas para manejo de los animales.
- Moto lineal
- Cámara digital
- Jeringas hipodérmicas
- Sogas y nariceras
- Agujas descartables

## **3.3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.**

### **3.3.1. SINCRONIZACIÓN:**

#### **3.3.1.1. OVSYNCH**

\* Día 0: 2 cc de GnRH

\* Día 7: PgF<sub>2</sub> $\alpha$

\* Día 9: 2 cc GnRH

\* Día 10: IATF

### **3.3.1.2. PRO – CICLAR:**

- \* Día 0: Colocar dispositivo Pro-ciclar Zoovet + aplicación 2 mg de Benzoato de estradiol zoovet (2 ml).
- \* Día 8: Retiro de dispositivo + 150 ug de ciclar(2 ml) (D+Cloprostenol)
- \* Aplicación de 1 mg de Benzoato de estradiol zoovet (1 ml) 24 horas post retiro de dispositivo
- \* Día 10: IA 54 horas post retiro de dispositivo

### **3.3.2. DIAGNOSTICO DE PREÑEZ**

Se llevó a cabo luego de 90 días de la inseminación artificial, por palpación rectal. Para ello, se tomó la información de preñada (P) o vacía (V).

### **3.3.3. Datos recolectados y evaluados.**

- Fecha de implantación y retiro del progestágeno
- Fecha de aplicación de la prostaglandinas
- Vacas con manifestaciones de celo
- Fecha de la inseminación artificial a TF
- Estado del animal (preñez o vacía)
- Porcentaje de preñez

### **3.3.4. Análisis estadístico.**

La información recolectada fue transformada y expresada en:

- Efectividad de los sincronizadores de celo.
- Porcentajes de preñez.
- Porcentajes de vacas vacías.

Sus valores se sometieron a la contrastación estadística no paramétrica a través de la Prueba de

Ji Cuadrado ( $X^2$ ), de acuerdo al siguiente cuadro y formula:

**CUADRO 1. PRUEBA DE  $X^2$  PARA CONCEPCIÓN DE VACAS POST SINCRONIZACION**

TRATAMIENTO	PREÑADAS	VACIAS	TOTAL	$\hat{p}$	$\hat{p}^A$	E.1
Testigo ( $T_0$ )	$n_0$	$n_0$	$N_0$	0.70	0.49	1
Ovsynch( $T_1$ )	$n_1$	$n_1$	$N_1$	0.53	0.28	1
Pro – Ciclar( $T_2$ )	$n_2$	$n_2$	$N_2$	0.50	0.25	1
TOTAL	$N_p$	$N_v$	$N_i$	$\sum P_{ini} = 1.23$		$T = 3-1$

El valor estadístico del  $X^2$  se define como:

$$X^2 = \frac{\sum P_{ini} - \hat{p} n_i}{\hat{p}(1 - \hat{p})}$$

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

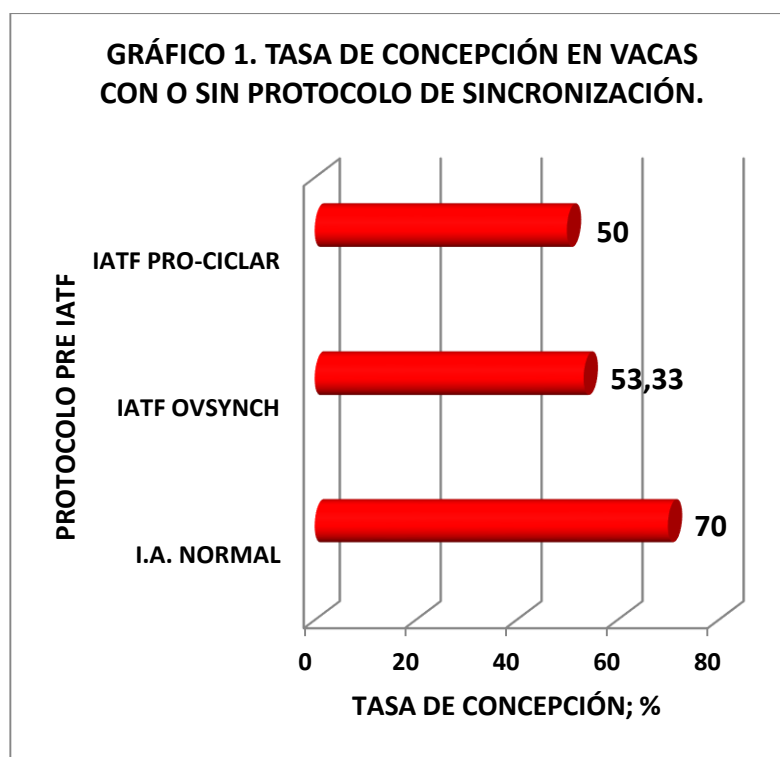
#### 4.1. INDICES DE PREÑEZ, SEGÚN EL TRATAMIENTO APLICADO.

El efecto de cada tratamiento evaluado sobre el índice de concepciones pos inseminación artificial de las vacas que presentaron o no celo, y según el Programa de inducción y sincronización, se expone en el Cuadro 2.

**CUADRO 2. INDICES DE PREÑEZ EN VACAS, SEGÚN TRATAMIENTOS.**

OBSERVACIONES	TRATAMIENTOS						TOTAL	
	T <sub>0</sub>		T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>			
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
PREÑADAS	21	70.00	16	53.33	15	50.00	52	57.78
VACIAS	9	30.00	14	46.67	15	50.00	38	42.22
TOTAL	30	100.00	30	100.00	30	100.00	90	100.00
Ventaja con T <sub>0</sub> ,%	-----		40.00		20.00		-----	

La información del Cuadro precedente indica que la inseminación artificial normal, es decir aquella que se realizó a la detección del celo y considerando el momento óptimo, logró la mayor tasa de concepción (70.00%), superando de esta manera a la inseminación a tiempo fijo posterior a la sincronización con el protocolo Ovsynch (53.33%) y al protocolo Pro-Ciclar (50.00%). Gráfico 1.



El análisis estadístico, a través de la Prueba de Ji Cuadrado,  $X^2$  (Cuadro 1A), no encontró dependencia entre el porcentaje de preñez y el tratamiento aplicado; e indicaría que existirían otros factores condicionantes, ambientales o del animal, que condicionan la preñez bajo ambientes desfavorables prevalentes en la zona estudiada.

Del mismo modo, al hacer las comparaciones entre pares de tratamientos se observó que no hay diferencias a la Prueba de Ji Cuadrado ( $X^2$ ) entre el grupo testigo y el Programa con Ovsynch (Cuadro 2A), entre el grupo testigo y Programa con Pro-ciclar (Cuadro 3A), y entre el Programa con Ovsynch vs Pro-ciclar Cuadro 4A).

Un aspecto a discutir es la eficiencia que se habría obtenido con la inseminación artificial normal. El hecho de haber llevado a cabo dicha técnica en diferentes tiempos, conforme se detectó el celo, y haber calculado adecuadamente el momento óptimo para la inseminación respectiva habría generado una alta tasa de concepción (70.00%) y que es concordante con **BUTTLER, 2000**, quien dice que una eficiente y adecuada tecnología de I.A. debe ser asegurada y que el inseminador deberá tener la habilidad y experiencia suficiente.

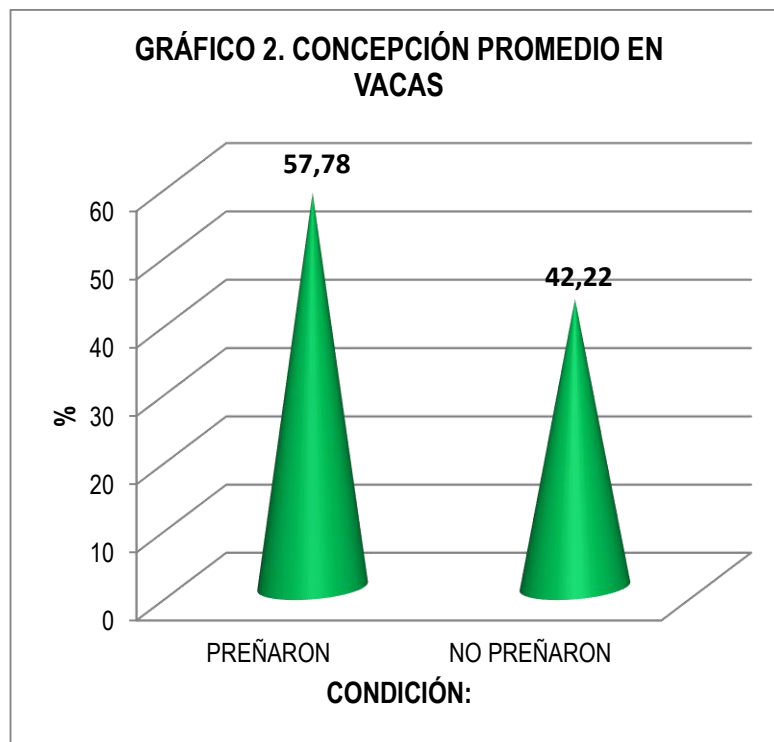
Los resultados mostrados muestran diferencias con los de otros investigadores; justificados en parte por las diferencias en el tipo o raza en la cual se aplicó el tratamiento, condiciones del animal, medio ambiente, sincronizador aplicado, etc.

Así, encontramos que **BACA et al. (1998)**, en vacas cebuinas de 5 y más años de edad utilizando cita que el porcentaje de concepción fue de 60.5%; en tanto que **INTERVET (s.f)**, con implante de Norgestomet sus resultados fueron 49%, 59.5% y 65.4% respectivamente. Hay cierta concordancia, por las condiciones de similar medio ambiente al estudio de **TANTACURE (2008)** quien en vacas cruzadas con Holstein, con Inseminación artificial tradicional, Programa de inducción y sincronización con Progestágeno) y Programa de inducción y sincronización con GnRH y PGF<sub>2</sub> α), evaluados como sincronizadores del celo para su posterior inseminación artificial a tiempo fijo, refiere que las tasas de preñez fueron de 50.00, 70.00 y 60.00%, respectivamente, no habiéndose hallado, a la Prueba de Chi Cuadrado, dependencia con el tratamiento implantado.

Altas tasas de concepción son citadas por PEDRAZA Y ARCE (2008), que comparando el dispositivo intravaginal Pro Ciclar con (0,75 g de P4 Zoovet, Argentina) con el DIB (1 gr. De P4, Syntex, Argentina) en inseminación a tiempo fijo (IATF), con tasas de preñez del grupo I de 75% y en el grupo II fue de 60%.

Finalmente, en promedio, se halló que de un total de 90 vacas 52 preñaron (57.78%) y 38 vacas no preñaron (42.22%). Gráfico 4.





Considerando que la explotación en la zona de sierra se lleva a cabo en forma extensiva, donde las características predominantes, son pasturas naturales y a la vez con bajos rendimientos, predominancia de gramíneas y de bajo valor nutritivo y digestibilidad, deficiencia de minerales, problemas de parasitismo, etc., que en conjunto contribuyen a la tasa reducida de concepción a la inseminación artificial. Todo ello determinaría que el animal tenga una vida reproductiva y productiva muy corta.

Así, **FERNANDEZ (1993)**, explica que no sería adecuado para explotaciones intensivas y aun cuando no mejora la fertilidad, ni compensa la deficiencia nutricional, sí reduce la duración del ciclo estral y mantiene una fertilidad aceptable. Igual criterio maneja **INTERVET (2003)**, cuando señala que es importante resaltar que los programas de sincronización son determinantes para disminuir el intervalo entre partos y optimizar el manejo reproductivo del ganado, pero no son una solución para problemas nutricionales, fertilidad y manejo sanitario del establo. Igualmente, se justifica el empleo de programas de sincronización en la crianza extensiva de Cutervo, tal como lo justifica **PERALTA (2005)**, al citar que es una práctica

especialmente útil para campos en expansión y con problemas de detección de celos.

También, **BEN et al. (2002)**, dicen que este sistema constituye un avance de gran importancia para la aplicación de la inseminación artificial y una herramienta complementaria del semen congelado, que sin dudas abre nuevos horizontes para la industria ganadera. Los objetivos son inseminar el 100% del rodeo a tiempo fijo (IATF) y obtener un alto índice de preñez en vaquillonas y vacas secas (60-65%) y del 50-60% en vacas con cría. Luego controlar el retorno al primer celo e inseminar, para finalmente dar servicio de repaso con toro.

Nuestras tasas de concepción índices superan al reporte dado por **HUMKE (1981)** quien en una serie de recopilaciones de trabajos de investigación sobre sincronización del celo en vaquillonas señala resultado de un 49.4% de preñez al primer servicio. También se logra superar los índices logrados por **RENTERIA Y PACHECO (1992)**, quienes prepararon un extracto de útero de vacas que presentaban al momento del sacrificio un cuerpo lúteo activo y al inyectar el extracto a 60 vacas que presentaban cuerpo lúteo, lograron regresión de dicho cuerpo lúteo en 26 vacas, lo que presentó el 43.3% de efectividad, superando igualmente al resultado logrado por Stevenson y referido por **JARA (1993)**, quien colocó a un grupo de vacas dos inyecciones de P6F2 Dinoprost, con un intervalo de 11 días, siendo la dosis de 25 mg por animal y los valores de concepción obtenidos fueron 30.2 y 30.0% respectivamente.

Resultado similar al encontrado en este experimento, es indicado por **HERNANDEZ et al. (1994)** mencionan un trabajo de inducción del estro usando prostaglandina en vaquillas Holstein y luego de la inseminación artificial logro que el 65.2% de las vaquillas inseminadas quedaran gestantes.

**TANTACURÉ (2008)**, ha logrado mayores tasas de preñez en cuyo estudio indica que según el número de partos previos de la vaca evaluada, fue de 60, 71.43 y 62.5% para vacas de 1, 2 y 3 partos previos al tratamiento hormonal aplicado; así mismo, sus tasas de preñez, según la edad previa al tratamiento

hormonal, fueron de 60% en vacas cuya edad fluctuaba entre 3 y 4 años y de 70% en vacas con edades de 5 a 6 años, pero sin diferir estadísticamente a la Prueba de Chi Cuadrado. El análisis de costo/beneficio para los programas de sincronización resultó ser buena o muy buena frente al programa de inseminación artificial tradicional.

#### 4.2. ANALISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS.

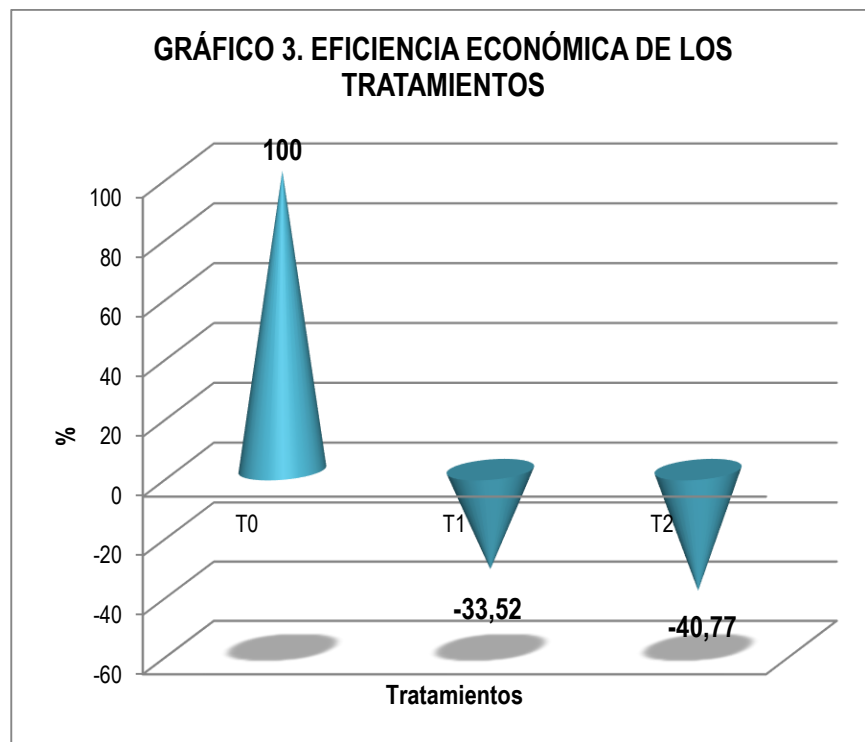
En el siguiente Cuadro se incorpora la información de los costos de los dos protocolos de sincronización, costo de inseminación artificial, producciones de leche estimadas, soles ganados por producción/campaña, beneficio económico.

**CUADRO 3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS APLICADOS.**

OBSERVACIONES	TRATAMIENTOS		
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Total de animales empleados	30	30	30
Costo del producto de sincronización del celo <sup>a</sup>	0.00	50.00	80.00
Costo de cada pajuela empleada, S/.	30.00	30.00	30.00
Gasto/animal, en cada tratamiento, S/.	30.00	80.00	110.00
Gasto/total de animales empleados, S/.	900.00	2400.00	3300.00
Vacas que preñaron, parieron y produjeron	21	16	15
Producción estimada, lts/vaca/día	6	6	6
Producción/campaña de 180 días, S/.	22680.00	17280.00	16200.00
Diferencia entre ingresos y gastos totales, S/.	21780.00	14480.00	12900.00
Rentabilidad, respecto a T <sub>0</sub> , %	100.00	- 33.52	- 40.77

La información del Cuadro precedente, explica la gran ventaja obtenida por T<sub>0</sub> (Inseminación artificial clásica) en comparación a T<sub>1</sub> (sincronización Ovsynch) y frente a T<sub>2</sub> (sincronización Procidlar).

Cuantitativamente, se nota que T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, fueron menos eficientes en 33.52% (T<sub>1</sub>) y en 40.77% (T<sub>2</sub>), en comparación con T<sub>0</sub>. Gráfico 5.



Considerando como punto referencial al T0 (Testigo), por haber logrado la mayor tasa de concepción, se observa que, económicamente las sincronizaciones significaron gastos adicionales que no fueron compensados por una mejora en la tasa de preñez.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los resultados expuestos permiten llegar a concluir y recomendar lo siguiente:

1. La mejor tasa de concepción de vacas criollas se logró con la técnica de inseminación artificial tradicional (IA en el momento óptimo del celo), logrando superar a los dos protocolos de sincronización del celo e inseminación a tiempo fijo.
2. Independiente de la no sincronización o la sincronización del celo previa a la inseminación, la tasa de concepción se aproxima al 60% en vacas criollas criadas en un sistema extensivo.
3. Como consecuencia de una inesperada respuesta a la sincronización, los programas en el experimento fueron ineficientes desde el punto de vista económico.

### **RECOMENDACIONES**

1. Evaluar estos y otros programas de sincronización del celo e inseminación a tiempo fijo bajo mejores condiciones de explotación del vacuno.
2. Enfatizar en el uso de la técnica de inseminación artificial garantizando la eficiencia y experiencia del inseminador en el conocimiento de la técnica detección del celo y determinación del momento óptimo para la inseminación.

## V. RESUMEN

Noventa vacas criollas, explotadas por pequeños productores del distrito de Andabamba, provincia de Santacruz, región Cajamarca, con diferentes edades y número de partos previos al estudio, fueron separadas en tres grupos homogéneos, distribuidas al azar y sometidas a los siguientes tratamientos experimentales: T<sub>0</sub>: Inseminación Artificial tradicional, T<sub>1</sub>: Inseminación Artificial a vacas sincronizadas con Ovsynch y T<sub>2</sub>: Inseminación Artificial a vacas sincronizadas con Pro-ciclar, evaluadas su preñez a los 60 días post inseminación. T<sub>1</sub> logró la mayor tasa de concepción (70.00%), superando de esta manera a la inseminación a tiempo fijo posterior a la sincronización con el protocolo Ovsynch (53.33%) y al protocolo Pro-Ciclar (50.00%). Seguidamente se encontró que mayor número de vacas que entraron a los tres tratamientos fueron desde primerizas hasta 4 partos previos y que representaron un total de 51 vacas (56.67%); en tanto que, entre 5 y 8 paros fueron solamente 39 (43.33%). Finalmente, en promedio, se halló que del total de vacas empleadas, independiente del tratamiento aplicado, 52 preñaron (57.78%) y 38 vacas no preñaron (42.22%). Desde el punto de vista económico, hubo ventaja por T<sub>0</sub> (Inseminación artificial clásica) en comparación a T<sub>1</sub> (sincronización Ovsynch) y frente a T<sub>2</sub> (sincronización Prociclar). Cuantitativamente, se nota que T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, fueron menos eficientes en 33.52% (T<sub>1</sub>) y en 40.77% (T<sub>2</sub>), en comparación con T<sub>0</sub>.

## VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

ACCELERATED GENETICS. "Programas de sincronización" [en línea]. 2008. Consulta: 02 marzo de 2012.

[http://www.accelgen.com/spanish/Synchronization\\_Programs.aspx](http://www.accelgen.com/spanish/Synchronization_Programs.aspx)

ALVAREZ, F. s.f. CIDR permite racionalizar el trabajo y obtener un elevado porcentaje de inducción-sincronización de celo en las novillas", Servicios Veterinarios Sociedad Cooperativa Santa María del Páramo (AFRIVEPA). León, México. 13 pp.

ANTA, J.E. 1987. Análisis de la información publicada sobre la eficiencia reproductiva del ganado bovino en el trópico mexicano. Tesis de licenciatura. Facultad de Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de México. México. P. 65-67.

ARAGÓN, C. 1993. Actividad sexual en vacas Holstein gestantes hacia hembras sincronizadas con un progestágeno Tesis Licenciatura en Medicina Veterinaria. UNAM. México. P. 25-32

ARIAS, X. 1999. El manejo de la información como herramienta practica al alcance del ganadero. ACOVEZ. P 1-15.

ASPRÓN. M. A. 2000. Curso de Actualización - Manejo Reproductivo del Ganado Bovino, M.A. Asprón (Ed.) Publisher: International Veterinary Information Service ([www.ivis.org](http://www.ivis.org)), Ithaca, New York, USA. P. 14-19.

BACA, J., E. PEREZ y C. GALINA. 1998. Comportamiento reproductivo de vacas *Bostaurus* x *Bos indicus* bajo programas de inseminación artificial o estro sincronizado y natural en condiciones del trópico seco de Costa Rica. Revista Veterinaria, Vol. XXIX (1), Universidad Autónoma de México, México.

- BARROS, C. M. MOREIRA M. B. FIGUEIREDO, R. A., TEXEIRA, A. B. y TRINCA. L. A. 2000. Synchronization of ovulation in beef cows (*Bos indicus*) using GnRH. PGF2alpha and estradiol benzoate. *Theriogenology* 53 (5):1121-1134.
- BARUSELLI P.S. y BO. G.A. 2002. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en el ganado bovino en regiones subtropicales y tropicales. XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Instituto de Reproducción Animal de Córdoba (IRAC) Y Facultad de Ciencias Agronómicas. p. 2-4.
- BARUSELLI, P.S., REIS, E.L., MARQUES, M.O., NASSER, L.E, BÓ, G.A. 2004. The use of treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci* 82-83: 479-486.
- BAUCELLS, J. 2000. Análisis de índices reproductivos en producción lechera. *Revista Técnica*. 23. Frisona Española, Julio-Agosto, Madrid. P. 16-19.
- BAVERA, G. A., 2005. Inseminación Artificial. Cursos de Producción Bovina de Carne, Facultad de Agronomía y Veterinaria Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba, Argentina.
- BECALUBA, F. 2006. Métodos de sincronización de celos en bovinos, Sitio Argentino de Producción Animal. Buenos Aires Argentina. 3pp. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- BECALUBA, V. Facundo. Métodos de sincronización de celos en bovinos. [http://www.engormix.com/metodos\\_sincronizacion\\_celos\\_bovinos\\_s\\_articulos\\_16](http://www.engormix.com/metodos_sincronizacion_celos_bovinos_s_articulos_16).
- BÓ, G.A., CUTAIA, L.A., VENERANDA, G. 2006. Manejo de las Hormonas en los Programas Reproductivos del Ganado Lechero. 62 Congreso Internacional de Especialistas en Bovinos, Torreón, Coahuila, México, D.C. BO, G. 2002. Reporte Interno Syntex S.A. Facultad de Cs. Veterinarias, UNCPBA,



- BÓ, G. A., CUTAIA, L. Estado del arte en IATF: factores que afectan sus resultados. Memorias XI Seminario Internacional de Reproducción en Grandes Animales. Bogotá. 2006.
- BÓ, G. A., CUTAIA, L. y VENERANDA, G. Factibilidad del empleo de la inseminación artificial a tiempo fijo para la producción de carne.
- BÓ, G.A., CUTAIA, L., BROGLIATTI, G.M., MEDINA, M., TRÍBULO, R., TRÍBULO, H. 2001. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos utilizando progestágenos y estradiol. Resúmenes Cuarto Simposio Internacional de Reproducción animal. Huerta Grande, Córdoba, Argentina.
- BÓ, G.A. Efecto del contenido de progesterona de un dispositivo intravaginal sobre las tasas de preñez obtenidas en vaquillonas cruza *Bos indicus* inseminadas a tiempo fijo. Congreso Mundial de Reproducción en Rumiantes. Nueva Zelanda. 2006.
- BOTANA, L. (2002). Farmacología y Terapéutica Veterinaria. España: McGraw Hill Interamericana .
- BULBARELA, C.G. 2001. Comportamiento reproductivo de un hato Holstein en clima semicálido. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz. México, D.C. p. 58
- BUTTLER, W.R. and C. C. ELROD. 1991. Reproduction in high-yielding dairy cows as related to energy balance and protein intake. 6 Curso Internacional de Reproducción Bovina, AIBIR. A. C. México, D. F. P. 20-27
- CALLEJAS, Santiago S. Fisiología del ciclo estral bovino. En: Biotecnología de la Reproducción (varios autores). Ed. INTA. 2001.

- CAVESTANY, D. 2005. Manejo reproductivo en vacas lecheras, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica. 115: 15 pp.
- COLAZO, M., MAPLETOFT, R., MARTÍNEZ, M. y KASTELIC, J. 2007. El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas. Ciencia Veterinaria. La Pampa. Argentina. Volumen 9. Número 1: 515-883 pp.
- DOMÍNGUEZ, D., J.TEJERO, R. ALEGRE, R. GONZÁLEZ Y J.C. GARCÍA. S. f. CIDR, una nueva oportunidad en el control reproductivo. Experiencia en novillas CIDR. Jornada Técnica sobre tecnologías aplicadas a la mejora de la rentabilidad. 13 pp.
- ECHEVERRIA, J. 2006. *Endocrinología Reproductiva: Prostaglandina f2alfa en vacas*, Vol. II.
- FERNANDEZ, L. 1999. Reproducción Aplicada en el Ganado Bovino Lechero. Editorial Trillas, 1º Edic. México. p. 15.
- FRICKE, P. M. 2001. Manipulación de la función ovárica. En: Revista Reproducción y Selección Genética No 605. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin. 2001.
- GARCÍA, M., QUINTELA, L., TABOADA, M., ALONSO, G., VARELA, B., DÍAZ, C., BARRIO, M., BECERRA, J., PEÑA, A. y HERRADÓN, P. 2003. Influencia de las metritis en los parámetros Reproductivos en ganado vacuno de producción láctea. Universidad de Córdoba. España. Archivos de Zootecnia, vol. 52, núm. 199: 409-412.
- GEARY, T.W., WHITTIER, J.C., DOWNING, E.R., LEFEVER, D.G., SILCOX, R.W., HOLLAND, M.D., NETT, T.M., NISWENDER, G.D. 1998. Pregnancy rates of postpartum beef cows that were synchronized using Syncro-Mate-B or the Ovsynch protocol. J. Anim. Sci. 76:1523-1527.

- HAFEZ, E.S. 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales 6ª edición. Ed. Interamericana.
- HAFEZ, B. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7a ed. Ed. McGraw – Hill Interamericana. México, DF. p. 164 – 167.
- HENAO R. GUILLERMO y L. TRUJILLO. 2000. Establecimiento Y Desarrollo De La Dominancia Folicular Bovina: Rev. Col. de Cien. Pec. Vol. 13 No.2. 118-120.
- HINCAPIÉ, J., PIPAON, E., BLANCO, G. 2005. Trastornos Reproductivos de la Hembra Bovina. Ed. Litocom. Tegucigalpa, México, D.F.
- HINCAPIE, J. 2005. *Reproducción Animal Aplicada: Fundamentos de Fisiología y Biotecnología*. Honduras: Litocom Editores.
- GALINA, C.H. y SALTIEL, A. 1991. Reproducción de animales domésticos. Actividad reproductiva de la hembra. México D.F. Editorial Limusa. pp. 70-93.
- GORDON, I. 1989. Control en la Crianza de los Animales de Granja. Compañía Editorial Continental S.A. México. 455 pp.
- INTERVET INTERNATIONAL BU. s.a. El método para el control de estro sin detección de calores. Boletín Informativo.
- INTERVET. 2007. *Compendium de Reproducción Animal*. Montevideo, Uruguay: Intervet Internacional.
- KRUIF, A. 1987. Factors influencing the fertility of a cattle population. J Reproduction Fert., 54: 507-508.
- LOPEZ, H. s.f. Consideraciones fundamentales para la implementación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo. ABS México, S.A. de C.V. Artículos Técnicos [www.absmexico.com.mx](http://www.absmexico.com.mx)

- LÓPEZ, F. 2006. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. Programa Agrozootecnia. Universidad del Cauca. Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias 78 Vol 4 No.1 P. 7-8.
- LÓPEZ LANDA, ERICK. 2009. La hormona liberadora de Gonadotropina (GnRh) y su papel en la reproducción bovina. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. P. 26-32
- LOZANO, D., LEYVA, R., MORENO F. 1992. Efecto del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo y la fertilidad de vacas de la raza Pardo Suizo americano en el trópico subhúmedo. Tec. Pec. México. 30: 208-22.
- LUCY, M.C. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will it End? J Dairy Sci 84, 1277-1293.
- Mc DONALD, L. 1981. *Reproducción y Endocrinología Veterinarias* (3º edición ed.). México: Interamericana.
- Mc DOWELL, L.E. 1994. *Endocrinología Veterinaria y Reproducción*. Cuarta Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. p.187-199.
- Mc MILLAN, K.L. y PETERSON, A.J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR) for estrus synchronization, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anestrus. Animal Reproduction Sci. 33:1-9.

- MENÉNDEZ, T. 1989. Comportamiento reproductivo de diferentes genotipos de Ganado bovino de doble propósito. Memorias del VIII Simposium de Ganadería Tropical. Aspectos reproductivos de ganado de doble propósito. INIFAP. Veracruz 2. P. 5-7.
- MOREIRA, O., & MORALES, C. (2001). *Efecto del interferón recombinante bovino omega I sobre el intervalo interestral, tiempo de vida del cuerpo lúteo y la temperatura corporal en el bovino.*
- MORO, J., O. G. CASTANEDA., F. RUIZ. 1994. Aplicación de un sistema de registro de la producción en ganaderías de doble propósito. VII Reunión científica del Sector Agropecuario y Forestal del estado de Veracruz. 25: 413-421.
- MURPHY, M., BOLAND, M. y ROCHE, J.1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. J Reprod Fétil. 90:523-533.
- PAREJA, M. 2005. Presentación de inseminación artificial, Universidad de la Salle. Fac de Med Vet y Zoot.
- PAREJA, M. Y RODRÍGUEZ, C. 2007. Determinación del efecto de la I.A inducida a tiempo fijo, con dos protocolos de sincronización en vacas sometidas al destete precoz en los llanos orientales. Bogotá. Universidad De La Salle.
- PURSLEY, J.R., M.O. MEE, and M.C. WILTBANK. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 $\alpha$  and GnRH. Theriogenology. 44:915-923.
- PEDRAZA, S. y T. ARZE, 2008. Uso de dos implantes de progesterona en un protocolo de inseminación a tiempo fijo en vacas mestizas, Facultad de Ciencias Veterinarias, U.A.G.R.M.
- PLUMB, D. 2010. *Manual de Farmacología Veterinaria*. Buenos Aires: Inter-médica.

- RAMIREZ, H., H. SUMANO y A. ARROYO. 1989. Terapéutica hormonal en la reproducción de los bovinos. Revista Veterinaria México. Vol. XX (3).
- SEGURA, C.V. RODRIGUEZ, R., SEGURA C. 1992. Factores que modifican la fertilidad en hembras cebú y encastadas con europeo, bajo programa de inseminación en el trópico. Tec. Pec. México 27: 129-137.
- SORIA, G. V. 2006. Efecto de progestágenos y luteolíticos sobre la actividad ovárica en vacas y vaquillas. (Tesis de licenciatura). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México. P. 40-45.
- STEVENSON, J. 2000. Sincronización de celos y de ovulaciones en Ganado bovino de carne y de leche. Quinto Congreso Argentino de Reproducción Animal. CABIA, Rosario, Argentina..
- STEVENSON, J. 2013. Los programas de sincronización mejorados aumentan las tasas de preñez. Inseminación Artificial. Hoard's Dairyman en español. Febrero 2013. Año 19. N° 218: 110-111.
- SUMANO, H. O. 2006. *Farmacología Veterinaria*. México: McGraw Hill Interamericana.
- TANTACURE, W. 2008. "Inducción y Sincronización de Celos e Inseminación Artificial en Vacas Cruzadas en Cutervo", Tesis Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 64 pp.
- VANDEPLASSCHE, M. 1982. Reproductive efficiency in cattle; a guideline for projects in developing countries. FAO. Animal Production and Health paper, n°25. Roma, Italia, Cap. 2. P. 7-12
- VASCONCELOS, J., R. SILCOX, G., ROSA J. PURSLEY y M. WILTBANK . 1999. Synchronisation

rate, size of the ovulatory follicle and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the oestrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 52:1067-1078.

VIÑALES, C. 2003. Effect of nutrition on follicle development and ovulation rate in the ewe. Thesis of Doctor of Philosophy. Swedish University of Agricultural Sciences.

WATTIAUX, M. 1996. Guía técnica lechera, reproducción y selección genética. US. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. p 178.

WILLIAMS, G. L. 1998. Nutritional Factors and Reproduction. *Encyclopedia of Reproduction*. Vol 3. p. 92-102.

ZENOBI, M. 2014. Efecto de pgf2 $\alpha$  al inicio de un protocolo de sincronización a tiempo fijo sobre el tamaño folicular, manifestación de celo y el porcentaje de preñez en vaquillonas *bos indicus* x *bos Taurus*. Para optar al Título de Especialista en Reproducción Bovina, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 86 pp.

## **VII. APÉNDICE**



**CUADRO 1A. PRUEBA DE  $\chi^2$  PARA CONCEPCION EN VACAS POST SINCRONIZACIÓN.**

TRATAMIENTO	PREÑADAS	VACIAS	TOTAL	$\hat{p}$ $\hat{p}^A$	E.1
Testigo (To)	21	9	30	0.7    14.7	1
Ovsynch (T1)	16	14	30	0.53   8.48	1
Prociclar (T2)	15	15	30	0.6    7.50	1
TOTAL	52	38	90	$\sum P_{ini} = 30.68$	t-1=2

$$P_0 = \frac{21}{30} = 0.7$$

$$PA_0 = P_0 \times A = 0.7 \times 21 = 14.7$$

$$30$$

$$PA_1 = P_1 \times A = 0.53 \times 16 = 8.48$$

$$P_1 = \frac{16}{30} = 0.53$$

$$PA_2 = P_2 \times A = 0.50 \times 15 = 7.50$$

$$30$$

$$P_2 = \frac{15}{30} = 0.5$$

$$30$$

$$P = \frac{52}{90} = 0.58$$

$$90$$

$$p(n.i) = 0.58 \times 52 = 30.16$$

$$\chi^2 = \frac{30.68 - 30.16}{0.58(1 - 0.58)} = \frac{0.52}{0.24} = 2.17$$

$$\chi^2 = 2.17 < \chi^2_{\alpha} = 5.99(0.05)$$

**No existen diferencias estadísticas entre tratamientos**