

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE ESTRO EN NOVILLAS
PREPÚBERES DE DOBLE PROPOSITO EN TRÓPICO
SUBHÚMEDO CON NORGESTOMET MÁS eCG

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

ITZAYANA MEJÍA FLORES

Asesores:

MVZ Javier Hernández Ignacio

MVZ Pedro Ochoa Galván

México, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

SEÑOR:

Tu que me has dado la vida, que estas siempre presente y me regalas hoy una más de mis metas. Guarda y guía mi camino hacia ti.

A MIS PADRES:

Por que les debo todo lo que soy. MIL GRACIAS POR TODO, ES LO UNICO QUE PUEDO DECIR

A MI HERMANA:

Por ser la estrella que ilumina mi camino. TE AMO

A la memoria de mis Abuelos por ser mis ángeles, por sus enseñanzas y apoyo brindado siempre. LOS AMO.

A MI TIA BLANCA:

Por su amor y apoyo incondicional. GRACIAS

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a ti Señor por estar siempre presente y guiarme en todo momento. Por darme esta segunda oportunidad en la vida y regalarme una más de mis metas.

A mis padres que me han enseñado el significado de amar y me han hecho comprender que lo importante en esta vida no es tener sino ser. Y la esencia del ser me la inculcaron ustedes. Gracias por todo, los amo profundamente.

A mi hermana que siempre me escucha, apoya, y sobre todo por que es la fuerza que siempre me ayuda a seguir. Te amo

A mi mejor amiga que es como mi hermana, a su esposo y sus bebas. Por enseñarme el significado de la amistad y el sentido de la vida. Mil gracias por tu ayuda siempre incondicional. Te quiero Paola

A mi alma gemela, Marco Antonio, que me ha enseñado ser mejor persona en todos los aspectos. Por ser y estar, por todos los momentos juntos. Simplemente por ser el cómplice perfecto. Siempre en la mente y en el corazón.

A mis grandes amigos Mónica y su familia, Antonio y su familia, Edgar, Isauro, Nora, Erandi, y Fernando porque se que nunca estoy sola. Gracias por estar en todo momento.

A mi tía Blanca porque aunque no lo sea, siempre me ha hecho sentir como su hija. La quiero

A mi tío Javier y mi tía Mague porque de alguna u otra forma contribuyeron a mi formación. Dios los bendiga

A mi tío Luis y mi tía Carmen por siempre ayudarme, escucharme, apoyarme y demostrarme su cariño y amor. Gracias los amo

A mi tío Dimas y mi tía Lulú por ayudarme y estar en los momentos difíciles. Gracias por todo

A mi tío Pancho y mi tía Tere por su ayuda y apoyo siempre brindados tanto personal como espiritualmente. Dios los bendiga siempre

A mi tío Pedro y mi tía Ana por su apoyo incondicional y por estar en los momentos difíciles. Dios los bendiga.

Con especial agradecimiento a una persona que quiero mucho, porque me ha enseñado que la amistad se gana, se alimenta y perdura. Por ser mi maestro, mi

amigo, mi confidente y por compartir conmigo sus conocimientos. Mil gracias por todo Javier Ignacio Hernández estaré en deuda contigo siempre

A una Familia que quiero mucho porque en ella se encuentra el hermano que nunca tuve, y el angelito que da luz a mi vida. Los amo mucho siempre están presentes Omar, Elizabeth y mi niño Dereck.

A todos mis primos que me han demostrado el significado de familia y que no tengo palabras para agradecerles todo cuanto han hecho por mi, por que siempre de alguna u otra forma han contribuido a lograr esta meta: Anhuar, Ania, Yoalli, Alexia, Tzintli, Kitzia, Pancho, Yeliztli, Lizzouli, Ayamain, Jair, Alisul y Jose Luis. Los quiero un buen a todos. Y que Dios los cuide siempre.

A mis sobrinos que son unos angelitos Cinthia Michel y Angel, Dios guíe su camino.

A mi asesor MVZ Pedro Ochoa Galván, por sus consejos y ayuda brindada siempre para poder finalizar con éxito este trabajo.

A los integrantes del jurado: MVZ Carlos Galina Hidalgo, MVZ Everardo González Padilla, MVZ Víctor Manuel Moreno Díaz y MVZ Miguel Ángel Quiroz Martínez, por sus consejos.

A todos los demás familiares y amigos que no es necesario mencionar porque siempre están presentes.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
HIPÓTESIS.....	14
OBJETIVOS.....	15
MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
RESULTADOS.....	19
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA.....	27

RESUMEN

MEJIA FLORES ITZAYANA. Inducción y sincronización de estro en novillas prepúberes de doble propósito en trópico subhúmedo con Norgestomet más eCG (bajo la dirección de MVZ. Javier Hernández Ignacio y MVZ. Pedro Ochoa Galván).

El objetivo del presente trabajo fue comparar la presentación de estro y la fertilidad en novillas prepúberes inducidas al estro. Se incluyeron novillas encastadas con *Bos taurus* x *Bos indicus*, manejadas en sistemas de producción de doble propósito con una edad promedio de 25 meses y que no estuvieran ciclando. Se incluyeron 128 animales en total, formándose así 6 replicas. Teniendo para el Tratamiento 1 (T1) 65 novillas y para el Tratamiento 2 (T2) 63 novillas. En T1 se aplicó un implante subcutáneo en el dorso de la oreja que contiene 3 mg de Norgestomet más una inyección intramuscular de 2 ml que contiene 3 mg de Norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol, al momento de la aplicación del implante. El implante se retiró a los 10 días y en ese momento se aplicó una inyección intramuscular de 300 U.I. de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG). T2 fue el grupo control, al cuál se le aplicó el mismo progestágeno sin la eCG. Las novillas que mostraron estro fueron inseminadas. El diagnóstico de gestación se realizó por palpación rectal entre los días 60-70 post-I.A. al primer servicio. El porcentaje de presentación de estro que se obtuvo en T1 fue del 78.46% (51/65), y en T2 fue del 76.19% de novillas (48/63). No se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos en el porcentaje de presentación de estros ($P < 0.05$). En T1 se obtuvo una fertilidad del 66.66% (34/51), mientras que en T2 fue del 45.83% (22/48). Se obtuvo una diferencia significativa para la fertilidad entre los tratamientos ($P < 0.05$). Se concluye que la inducción y sincronización de estros en novillas prepúberes de doble propósito con Norgestomet más eCG, en este estudio, incrementó la fertilidad con respecto a las novillas a las que solo se les aplicó Norgestomet.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES DEL SISTEMA BOVINO DOBLE PROPÓSITO

En la ganadería tropical del país existen múltiples sistemas de producción, dentro de esta amplia gama sobresale por su magnitud y dinámica de crecimiento el doble propósito. Es importante mencionar que desde un punto de vista socioeconómico en los sistemas ganaderos de doble propósito predominan los pequeños y medianos productores, con recursos físicos, técnicos y financieros muy limitados¹.

Los sistemas de doble propósito presentan alto grado de heterogeneidad y en ellos se puede observar un gradiente creciente de productividad en la medida en que se intensifican, a partir de cambios en las fuentes de alimentación de los vacunos².

El sistema doble propósito, definido como un sistema integrado de producción de carne y leche, se basa en el pastoreo directo y en la utilización de ganado de cruzas indefinidas de ganado Cebú con razas europeas, en donde la sangre cebuina es predominante, debido a su capacidad de adaptación³. En medios tropicales, la presión ambiental y socioeconómica ha derivado la necesidad de desarrollar una ganadería bovina de doble propósito en pastoreo, aprovechando su rusticidad, capacidad de pastoreo y resistencia a temperaturas elevadas^{4, 5}.

El manejo de los animales bajo este sistema de producción se efectúa en forma extensiva, basando su alimentación en el pastoreo con el mínimo de suplementación alimenticia, lo que hace que la alimentación sea muy variable ya

que las zonas tropicales se caracterizan por tener periodos cortos e intensos de lluvias y períodos prolongados de sequía, que trae como consecuencia que exista una temporada de abundante forraje y otra de escasez⁶.

Uno de los estados que abarca la región del trópico seco es Morelos, y la ganadería, de doble propósito es la que más predomina entre los productores, comprendiendo aproximadamente el 47 %⁷. Uno de los principales problemas que se presentan en éste modelo de producción, es el marcado retraso de las novillas en llegar a la pubertad. Cuando el ganado regresa del potrero a los corrales en los meses de estiaje, se han detectado lotes de novillas prepúberes que cuentan con la edad para iniciar su actividad reproductiva, pero no cuentan con la condición corporal requerida para hacerlo. El consumo insuficiente de energía en estas novillas retrasa la pubertad⁸.

Estos y otros problemas asociados con bajo rendimiento reproductivo en ganado cebuino y de doble propósito se han podido reducir con la implementación de programas de sincronización de celos fértiles e inducción a la pubertad^{9, 10, 11}.

PARÁMETROS REPRODUCTIVOS DEL SISTEMA DE DOBLE PROPÓSITO.

En las zonas tropicales del país, las explotaciones de ganado de doble propósito llevan un manejo tradicional, en donde se mantienen a los toros con las vaquillas y vacas durante todo el año, sin embargo, debido a exigencias productivas, la implementación de la Inseminación Artificial (IA) para el

mejoramiento genético del ganado ha aumentado considerablemente en el manejo reproductivo en el ganado de carne y doble propósito¹².

En México, se reporta para la ganadería de doble propósito una edad a la pubertad de 547 días (18.2 meses), edad al primer servicio de 729 días (24.3 meses), edad a primera concepción de 885 días (29.5 meses) y edad al primer parto de 1133 días (37.7 meses)¹³. La edad a la presentación del primer estro en vaquillas puede ser controlada, hasta cierto punto, mediante prácticas adecuadas de alimentación, pero es necesario contar con otras alternativas como la inducción a la actividad ovárica mediante la utilización de hormonas¹⁴.

FACTORES QUE AFECTAN EL INICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA.

DEFINICION DE LA PUBERTAD

La pubertad se ha definido de diferentes maneras, como fenómeno biológico, la pubertad marca la transición entre los animales que no están en capacidad de reproducirse y los que han adquirido esa competencia; esto es, que producen gametos viables, pueden copular y, en el caso de las hembras, puedan mantener una gestación y parir una cría viable. En ese sentido, la primera ovulación no es sinónimo de pubertad en la mayoría de las becerras, ya que ésta generalmente no se acompaña de manifestaciones previas de celo y los cuerpos lúteos (CL) que se forman, son de corta duración. Por esto se ha preferido definirla como la primera ovulación que es precedida por la manifestación externa del estro y seguida por la formación de un cuerpo lúteo de duración normal¹⁵.

FACTORES ENDOCRINOS QUE REGULAN LA PRESENTACION DE LA PUBERTAD

La secreción de LH y de los esteroides ováricos que se observan en la vaquilla conforme llega a la pubertad son graduales; dependen del desarrollo del sistema neurosecretor de GnRH, el cual pasa por cambios del hipotálamo en la sensibilidad a la retroalimentación negativa de los esteroides ováricos, sobre todo los estrógenos¹⁶.

La aparición de la pubertad en vaquillas se asocia con un incremento en la frecuencia de los pulsos de GnRH y LH^{17, 18} y en las concentraciones de LH que se mantienen muy bajas desde alrededor del 4^o mes de edad en hembras, hasta alrededor de los 50 días previos a la pubertad¹⁸: La primera ovulación o luteinización de un folículo, ocurre después de un pico claro, transitorio, de LH²⁰ inducido por el aumento de la secreción de estrógenos en el ovario. La frecuencia de los pulsos incrementa con la edad y este incremento es un prerrequisito esencial para el inicio de la pubertad. Se ha reportado que dos meses antes de iniciar la pubertad en novillas, no existe un patrón cíclico en la liberación de LH¹⁹.

En el periodo peripuberal, la inyección de estradiol en vaquillas, induce un pico preovulatorio de LH, pero la mayoría de los CL's que se forman son de corta duración; sin embargo cuando se da un pretratamiento con Progesterona (P₄) el estradiol induce el pico de LH y la formación de CL's de duración normal en la mayoría de los animales²¹.

OTROS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PRESENTACION DE LA PUBERTAD

Existen varios factores que afectan el momento en que se inician los cambios en el funcionamiento del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, aquellos propios del animal como la raza, edad, peso, tamaño y condición corporal y otros que dependen de su entorno como el nivel nutricional, los efectos del clima asociados con las diferentes estaciones del año¹⁵.

La raza afecta la edad a la pubertad, tanto en bovinos *Bos taurus*^{22, 23} como en *Bos indicus*^{24, 25}. En general los animales *Bos indicus* son menos precoces que los *Bos taurus*^{25, 26, 27, 28}, esto se puede asociar con el desarrollo de esa especie en la India y Pakistán, donde no fue necesario ejercer selección hacia características de precocidad y eficiencia reproductiva, como ha sucedido durante siglos para el desarrollo de las razas europeas de *Bos taurus*.

Muchas de las diferencias entre razas en edad a la pubertad no se pueden explicar por diferencias en el peso a la madurez o en la velocidad de crecimiento. Como tendencia general, las razas más seleccionadas para la producción de leche llegan a la pubertad a menor edad y peso corporal en proporción con su peso adulto, que las seleccionadas básicamente para la producción de carne^{22, 23}.

De acuerdo a la información existente, se ha propuesto que las vaquillas, dependiendo de su raza, requieren de un mínimo de edad y peso corporal para que se desencadenen los procesos que culminan con la primera ovulación y formación del CL²⁹. La edad y peso con que llegan las vaquillas a la pubertad depende, en condiciones prácticas, de la alimentación a que se ha sujetado; se ha

informado que en estados de subalimentación, la pubertad se adquiere a menor peso, pero mayor edad, que cuando hay una alimentación adecuada^{30, 31}. La pubertad puede inducirse a menor edad mediante sobrealimentación, pero en esas condiciones se requiere de mayor peso³². Las becerras *Bos indicus* responden favorablemente a las mejoras alimenticias³³, aunque la información en esta especie es escasa.

La reducción en la ingestión de nutrientes, da como resultado pérdida de peso corporal, baja condición corporal y disminución de la actividad ovárica^{34, 35}. El mecanismo por el cual la nutrición posee una influencia en la reproducción no ha sido bien establecido, pero sí, el efecto de pérdida de peso y condición corporal³⁶. La calificación de la condición corporal está basada en la cantidad de grasa subcutánea y tejido muscular y es indicativa del estado nutricional del animal, así como de sus reservas energéticas^{36,37}.

Con respecto a la nutrición los nutrimentos constituyen un papel importante relacionado a la reproducción. Las deficiencias o desbalances nutricionales han sido demostrados que afectan los siguientes aspectos reproductivos: regularidad de los ciclos estrales, intensidad de los periodos estrales, tasa de concepción, muertes embrionarias, abortos, retención de membranas fetales, salud y desarrollo normal de producto, largo de periodo de gestación, incidencia de metritis y funcionamiento normal de ovario, mismos que también pueden ser influenciados por enfermedades, toxinas o estrés.

Algunos de los minerales que están relacionados con la presentación de la pubertad son fósforo (P), manganeso (Mn) y cobalto (Co).

De las manifestaciones atribuidas a deficiencias de fósforo se pueden enumerar baja tasa de concepción, actividad ovárica reducida, cuerpos lúteos pequeños, retraso en la pubertad y anestro. Se ha relacionado la deficiencia de Mn con irregulares retornos a estros, estros poco intensos, pobre desarrollo folicular, ovulación retardada, baja tasa de preñez, la presencia de uno o los dos ovarios con un tamaño subnormal y retraso en la pubertad. En cuanto a los problemas reproductivos causados por deficiencias de cobalto (Co) están asociadas a anemias y pobre condición general, lo que indirectamente repercute en problemas reproductivos, como reducción en la tasa de concepción, retraso de la pubertad, ovarios estáticos, abortos, nacimientos de becerros débiles e infertilidad en general. La suplementación de Co ha reducido la presencia de estros silenciosos, incrementado la tasa de concepción, reduciendo la incidencia de estros irregulares y las manifestaciones de estro.

Otros minerales relacionados con la eficiencia reproductiva son el calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), cobre (Cu), yodo (I), selenio (Se) y zinc (Zn), ya que su deficiencia se asocia a problemas como retención de membranas fetales, quistes ováricos, anestro, involución uterina retardada, anestro, abortos, distocia entre otros.

Los desbalances nutricionales de un número considerable de minerales, incluyendo Ca, P, Mg, Se, I, Cu, Mn, y Co pueden afectar la reproducción de los rumiantes. Sin embargo, se cuenta con poca información fidedigna del papel específico que cada uno de los minerales juega en la función reproductiva normal.

Es importante reconocer, que las deficiencias de minerales se notarán cuando las cantidades de energía y proteína son las adecuadas, pero el comportamiento productivo y reproductivo de los animales no es el esperado³⁸.

En las hembras, la ovulación puede ser bloqueada o activada por cambios en el balance de energía. Las señales involucradas en este proceso actúan principalmente a nivel de ovario y en menor grado en los sistemas neuroendocrinos que controlan la ovulación³⁹.

El conductor principal de la función reproductiva es el eje reproductivo hipotalámico-hipófisis-gonadal. Cambios en el balance de energía pueden actuar en cualquiera de los tres niveles del eje reproductivo; así como, en los mecanismos reguladores de retroalimentación. La deficiencia de energía causada por una baja ingesta o por gasto excesivo, disminuyen la secreción de gonadotropina y el restablecimiento de patrones alimenticios normales invierten la deficiencia de gonadotropina^{40, 41}.

En la hembra, la ovulación es el evento clave para el control de la actividad reproductiva y la ovulación se ve afectada por cambios en el balance de energía^{42, 43}. La subalimentación crónica no necesariamente afecta la secreción pulsátil de LH, realmente aumenta la concentración de FSH, quizá por la reducción de la concentración de estradiol y por consiguiente una disminución de los mecanismos de retroalimentación negativos en la secreción de GnRH⁴⁴.

El año y mes de nacimiento, la cantidad de lluvia durante el periodo de crecimiento y una nula suplementación en la época de sequía son los factores más importantes que se han encontrado que afectan el inicio de la pubertad y la siguiente función reproductiva⁴⁵. Durante las distintas épocas del año, los forrajes

presentan deficiencias tanto cuantitativas como cualitativas, las primeras están dadas por cambios en la digestibilidad y en el contenido de nutrientes específicos como nitrógeno, lo que trae como consecuencia un consumo limitado por parte de los animales, mientras que las deficiencias cuantitativas se presentan por un descenso en la disponibilidad de la materia seca total, por baja producción, por carga excesiva, capacidad de carga, así como otras características como son las condiciones climáticas, topografía y disponibilidad de agua. Todos estos factores hacen que el animal que se encuentra bajo condiciones de pastoreo sufra retrasos en los procesos de crecimiento y madurez, los forrajes a su vez presentan variaciones temporales en su producción, las cuales pueden ser estacionales o anuales, afectando la disponibilidad de la materia seca, la composición botánica y finalmente la cantidad y calidad del pasto⁴⁶.

METODOS DE INDUCCION Y SINCRONIZACION DE ESTRO

En la actualidad se cuenta básicamente con dos métodos para controlar el ciclo estral en el bovino: a) Se acorta la vida media del cuerpo lúteo provocando su lisis mediante la administración de sustancias luteolíticas, principalmente la prostaglandina F₂α (PGF₂α) o sus análogos sintéticos. b) Se simula una prolongación de la vida funcional del cuerpo lúteo mediante la administración de progesterona o análogos sintéticos acompañados con la administración de un agente luteolítico (estrógenos o prostaglandinas) que se aplican al inicio o al final del tratamiento con el progestágeno para inducir la regresión del cuerpo lúteo⁴⁷. Los tratamientos hormonales se han empleado tanto para la sincronización del

estro como para la inducción del mismo, en este último caso contribuyen a la solución de uno de los principales problemas en el bovino productor de carne y doble propósito, como es el largo periodo de anestro o inactividad ovárica que suele presentarse después del parto. Por esta razón se opta por el empleo de compuestos de acción progestacional, ya que se ha demostrado que estas sustancias pueden inducir la actividad ovárica en hembras anéstricas. Esto representa una marcada ventaja de los progestágenos sobre la PGF2 α , cuyo uso se restringe a vacas que se encuentren ciclando. Sin embargo, ambos tratamientos hormonales facilitan el uso de la IA, que inclusive se puede realizar a tiempos predeterminados, sin la necesidad de detectar calores⁴⁸.

A pesar de los inconvenientes encontrados, el uso de la progesterona constituye una opción muy utilizada y dentro de estos tratamientos se encuentran los implantes. Este tipo de implantes contienen algún progestágeno, de los cuales existe una amplia variedad. Uno es el norgestomet (17 α -acetoxo-11 β -methyl-19-nor-preg4-ene-20, dione). El norgestomet se incluyó en implantes subcutáneos y se comenzó a utilizar en tratamientos cortos de 9 a 12 días, acompañados de la administración intramuscular de una combinación de valerato de estradiol y norgestomet al inicio del tratamiento; esto permitió un buen control de la sincronización y mejor fertilidad. No se conoce exactamente el mecanismo fisiológico para el control del estro con los implantes; sin embargo, se presume que el tratamiento altera la liberación de gonadotropinas y cuando la fuente exógena del progestágeno se remueve, el animal responde con desarrollo folicular, estro y ovulación en un periodo de 2 a 5 días¹¹.

La progesterona aparentemente juega un papel importante en la aparición de la pubertad en vaquillas²⁰. La progesterona controla la presentación del estro inhibiendo la retroalimentación positiva del estradiol en el hipotálamo y la hipófisis, con lo que se bloquea la liberación de LH^{49, 50}. Al suprimirse la fuente exógena de progesterona, la inhibición se elimina y se reanudan los eventos que conducen al estro^{51,52}. Asimismo se ha señalado que la aparición del primer cuerpo lúteo e iniciación de la actividad cíclica de los ovarios puede inducirse con inyecciones de progesterona y 17 β -estradiol²¹. En bovinos productores de carne el SMB se ha empleado sobre todo para la sincronización de estros, así como para la inducción del estro en hembras anéstricas. Este efecto inductor de la actividad ovárica se ha probado tanto en vaquillas prepúberes como en vacas en anestro lactacional^{11, 14, 53}.

Existen varios protocolos que combinan la utilización de métodos para la sincronización de estro, pero se cuenta con muy poca información acerca de aquellos que se han utilizado para la inducción de la pubertad en ganado de doble propósito.

Uno de estos protocolos es la utilización de gonadotropina coriónica equina (eCG), antes conocida como gonadotropina sérica de yegua preñada (PMSG), en los tratamientos con implantes de norgestomet. Utilizando estrógenos y progestágenos es posible comparar la simulación de los cambios de los niveles hormonales en sangre que ocurren cerca de la pubertad²¹. Uno de los usos potenciales de la eCG es la inducción de la ovulación en animales anovulatorios y promover un leve aumento en la tasa de ovulación en hembras cíclicas, con el objeto de aumentar la fecundidad⁵⁴. Esta gonadotropina tiene una actividad

biológica dual, tanto de hormona folículo estimulante (FSH), como de hormona luteinizante (LH) ⁵⁵. A nivel ovárico, las gonadotropinas exógenas actúan como FSH aumentando la tasa de crecimiento de los folículos y disminuyendo la degeneración de los mismos⁵⁶, y como LH permitiendo la maduración final del ovocito y participando en la ovulación^{57, 58}. El mecanismo por el cual la eCG aumenta la tasa de ovulación pudiera también centrarse en su capacidad de activar los sistemas enzimáticos de aromatización de las células de la granulosa, acrecentando la secreción de estradiol por los folículos antrales^{56, 59}. Los estrógenos incrementan entonces la sensibilidad de las células de la granulosa a la FSH y junto con la FSH generan receptores para LH^{60, 61}. Así es posible que aquellos folículos en los que las células de la granulosa contengan suficientes receptores de LH puedan ovular en respuesta al pico de LH ^{62, 63}.

El desarrollo de métodos para la inducción de la pubertad depende en gran medida de una mayor comprensión de los mecanismos responsables de la presentación de ésta. Es necesario seguir obteniendo información acerca de ésta problemática que afecta la producción en el Estado de Morelos.

HIPOTESIS

En novillas prepúberes encastadas con *Bos taurus* x *Bos indicus*, la inducción del celo con Norgestomet más eCG es más eficaz y mejorara la fertilidad en comparación con las novillas que sólo se les aplicara Norgestomet.

OBJETIVOS

1. Determinar el porcentaje de novillas que presentan estro con el tratamiento de Norgestomet más eCG, comparado con el tratamiento de Norgestomet sin eCG.
2. Comparar la fertilidad alcanzada en novillas prepúberes inducidas y sincronizadas con Norgestomet más eCG con las novillas que solo recibieron Norgestomet.

MATERIAL Y METODOS

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente trabajo se inició en los meses de febrero a junio del 2004 y terminó en febrero a junio del 2005, en la comunidad de San Gabriel Las Palmas ubicado en el municipio de Amacuzac, Estado de Morelos. Esta localidad se encuentra ubicada en los 18° 32´ de la latitud Norte y 90° 07´ de longitud Oeste a una altura de 982 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Coatlán del Río, Tetecala y Mazatepec; al sur y suroeste con el Estado de Guerrero; y al oriente con Puente de Ixtla. Cuenta con un clima cálido subhúmedo, registra una temperatura media anual de 25 grados centígrados, una precipitación pluvial de 1,187 milímetros anuales y su período de lluvias es de junio a octubre⁶⁴.

ANIMALES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

Se incluyeron novillas con una edad de 18 a 30 meses, encastadas con las razas Cebú x Holstein, Cebú x Suizo Americano y Cebú x Jersey, que no presentaran estructuras ováricas al momento de la palpación rectal; 45 días previos a la inducción y sincronización las novillas se vitaminaron y desparasitaron. Se evaluaron las estructuras ováricas por palpación rectal, condición corporal (c.c) y se registro la edad.

Las novillas fueron suplementadas con minerales traza bovinosy 4kg de alimento/día/novilla con 16% de proteína cruda y 2.8 Mcal de E.M/kg durante mes y medio antes de iniciar el tratamiento y mes y medio posterior al tratamiento.

Las novillas se mantuvieron en un corral desde el inicio de la suplementación hasta el diagnóstico de gestación. Únicamente se indujeron y sincronizaron aquellas novillas que posteriormente a los 45 días de suplementación presentaran una c.c de entre 2.5 a 4 (escala de 1 a 5), que no hubiesen presentado estro, descartándose en el momento de la aplicación del implante subcutáneo, aquellas que a la palpación rectal presentaron un cuerpo lúteo.

Se incluyeron 128 animales en grupos mínimos de 10 novillas, formándose así 6 replicas. En cada replica se seleccionaron de manera aleatoria a aquellas novillas a las que se les aplico el tratamiento de 300 U.I. de eCG por vía intramuscular al retiro del implante. Veinticuatro horas después de retirar el implante se detectaron estros cada 8 hrs. durante 96 hrs. Las novillas que se dejaron montar fueron inseminadas artificialmente después de 6 a 8 hrs. de manifestar esta conducta.

TRATAMIENTOS

Los tratamientos se realizaron al azar. Se incluyeron así 65 novillas para T1 y 63 novillas para T2.

Los tratamientos fueron los siguientes:

T1: El día 0 se aplicó un implante subcutáneo en el dorso de la región media de la oreja que contiene 3 mg de Norgestomet, y además se administraron 2ml que contienen 3 mg de Norgestomet y 5 mg de valerato de estradiol por vía

intramuscular. El implante se retiró el día 10 y se aplicó 300 U.I. de eCG por vía intramuscular.

T2: Este fue el grupo control, que fue igual a T1 con excepción de la administración de eCG, utilizándose un placebo de 2ml de solución salina fisiológica (S.S.F).

En esta primera etapa del estudio se midió el porcentaje de presentación de estro en cada tratamiento y solo fueron inseminadas aquellas que presentaron esta conducta.

Luego del diagnóstico de gestación por palpación rectal entre los 60 – 70 días post-IA en las novillas que fueron inseminadas, se calculó el porcentaje de gestación.

El análisis estadístico que se utilizó para evaluar los resultados (porcentaje de novillas en estro hasta 96 hrs. después del tratamiento y tasa de gestación a los 60 – 70 días post IA entre tratamientos) fue ji-cuadrada⁶⁵.

RESULTADOS

En este trabajo se obtuvieron los siguientes datos. En ambos tratamientos se tuvo un promedio de c.c. los cuales fueron: para el T1 de 3.0 y para el T2 de 3.0 También se obtuvo el promedio de edad para cada tratamiento, los cuales fueron: en T1 de 25.4 meses de edad y para el T2 de 24.8 meses de edad.

Las 128 novillas se dividieron en seis replicas (r) (r1 n = 32 novillas, r2 n = 17, r3 n = 13, r4 n = 28 novillas, r5 n = 24 novillas y r6 n = 14 novillas). Obteniendo así para T1 n = 65 novillas y en T2 n = 63 novillas. Anexo 1

PORCENTAJE DE NOVILLAS QUE PRESENTARON ESTRO.

El porcentaje de presentación de estro que se obtuvo para el T1 dentro de las 96 horas donde se estuvieron observando cada 8 horas estros, fue del 78.46% (51/65), el porcentaje de presentación de estro en el T2 fue del 76.19% (48/63) de novillas. (Cuadro 1)

No se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos en el porcentaje de presentación de estros ($p > 0.05$).

FERTILIDAD ALCANZADA EN EL CELO INDUCIDO.

En T1 se inseminaron 51 novillas de un total de 65, obteniéndose una fertilidad del 66.66% (34/51); mientras que en T2 fueron 48 novillas inseminadas de un total de 63 teniéndose así un 45.83% (22/48) de fertilidad. (Cuadro 1)

Se obtuvo una diferencia significativa para la fertilidad entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Cuadro 1. Manifestación de celo y porcentaje de gestación en vaquillas prepúberes inducidas a ciclar con un tratamiento con progestágeno y con o sin la administración de eCG.

	Con eCG	Sin eCG
Presentación de celo		
No. novillas	65	65
% de estro	78.46 ^a	76.19 ^a
Gestantes		
No. novillas	51	48
% de fertilidad*	66.66 ^a	45.83 ^b

* Porcentaje de estro o fertilidad con igual literal no son diferentes estadísticamente ($p > 0.05$)

* Fertilidad lograda en el celo inducido y diagnosticada entre los 60-70 días post-IA

DISCUSION

PRESENTACION DE ESTRO

La administración de progesterona durante el periodo prepuber puede inducir eficazmente la pubertad en novillas. La presentación de estro en esta tesis para T1 fue (78.46%) y para T2 (76.19%), resultados que coinciden con reportes previos^{21,66} González-Padilla *et al* (1975b)²¹ sugieren que la pubertad puede ser inducida en novillas jóvenes (<9 meses) con baja o nula actividad ovárica; también encontró que el tratamiento con progestágenos no seguido por estrógenos fue efectivo en novillas viejas que presentaban baja actividad ovárica,

Las manifestaciones externas de estro como respuesta a la remoción del progestágeno, son resultado del incremento en las concentraciones de estrógenos; esto se ha podido observar en vacas durante el postparto tratadas con norgestomet que presentan altas concentraciones de 17β estradiol en suero⁶⁷. Dicho incremento en estradiol se debe a un aumento del desarrollo folicular⁶⁸. El mecanismo por el cual se incrementa la producción de estradiol, probablemente se deba a los cambios inducidos en la secreción de gonadotropinas⁶⁹ o al aumento de los receptores para LH en la teca y la granulosa de los folículos dominantes⁷⁰. Independientemente del mecanismo que promueve estas manifestaciones de estro, estos resultados tienen significados importantes en esquemas de sincronización e inducción de ovulaciones utilizando progestágenos.

En este trabajo se aplicó conjuntamente el progestágeno con valerato de estradiol. Varios estudios indican que la secreción de LH durante el periodo prepuberal esta controlada predominantemente por la retroalimentación negativa

de estradiol. La retroalimentación negativa de estradiol disminuye aproximadamente 50 días antes de la pubertad en novillas y ha sido asociada con una disminución en el número de receptores a estradiol en el hipotálamo anterior y en el hipotálamo medial⁷¹.

Anderson L. H., *et. al.* (1996)⁷² reportaron resultados similares (75%) a los obtenidos en este trabajo, con el empleo de norgestomet en novillas prepúberes inducidas, de la raza Angus x Simental con una edad de 11 meses. La diferencia en el presente trabajo es que se emplearon novillas con una edad promedio de 25 meses, encastadas con las razas Cebú x Holstein, Cebú x Suizo Americano y Cebú x Jersey

Cabe mencionar que en los trabajos antes citados la inducción de la pubertad solamente se realizó con la utilización de progestágenos. Los resultados obtenidos en este estudio (78.46%) empleando norgestomet mas eCG difieren de los obtenidos por Corbet, N.J. *et. al* (1998)⁷³ con un 87% de novillas que mostraron conducta estral. Consideramos que esta diferencia se debe a que en el trabajo utilizaron novillas que se encontraban ciclando. Por otra parte McGowan M.R. *et. al.* (1992)⁷⁴, utilizando un protocolo similar y novillas con genotipo parecido al empleado en esta tesis, obtuvo un 50% de novillas que presentaron estrus. Nuestros resultados en T1 y T2 son superiores a los reportado por este autor posiblemente esto se deba a que los animales de ese estudio se encontraban en pastoreo sin ninguna suplementación además de que empleo inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

En las novillas utilizadas para esta tesis, la eficiencia del progestágeno para inducir la pubertad es alta. Sin embargo en T1 y T2 el 21.5 y 23.8 %

respectivamente no manifestaron estrógeno. La eficiencia de un tratamiento con progestágenos para inducir la pubertad está influenciado por numerosos factores que incluyen, la edad, raza, peso y el grado de desarrollo folicular de las novillas antes de iniciar un tratamiento con progestágenos^{53,75}. Day M.L. *et. al.* (1984)⁷⁴ menciona que la habilidad del progestágeno para inducir la pubertad está relacionado más bien con la maduración del sistema endocrino que regula la secreción de LH, que con la edad cronológica de las hembras.

FERTILIDAD

De las novillas inducidas en este estudio para T1 se obtuvo una fertilidad del 66.66% mientras que en T2 fue del 45.83%, encontrándose una diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$).

Estos resultados son superiores tanto en T1 y en T2 con el 33% de fertilidad reportado por Corbet, NJ *et. al.* (1998)⁷⁶, la baja fertilidad que obtuvieron puede deberse a que las novillas se mantuvieron en un sistema extensivo suplementadas solamente con rastrojo de sorgo.

Por otra parte Narasimha Rao *et. al.* (1986)⁷⁶, utilizando 400 UI de eCG en novillas cebú dos días antes de remover el implante obtuvieron un 63% de fertilidad en la etapa de estiaje, sus resultados son similares a los obtenidos en este trabajo.

McGowan M.R. *et. al.* (1992)⁷⁷ realizando un protocolo similar al nuestro obtuvo una fertilidad del 49%; esta diferencia probablemente se deba a que los animales utilizados se encontraban en pastoreo con una pobre calidad y cantidad de pastura, además de que durante el trabajo las novillas fueron perdiendo peso,

alrededor de 0.1 kg/día. En otro estudio Kerr D.R. *et. al.* (1991)⁷⁷ obtuvieron una 48.8% de fertilidad; estos resultados difieren con los obtenidos en esta tesis y con Narasimha Rao *et. al.* (1986)⁷⁹, probablemente esto se deba a que ellos utilizaron novillas mantenidas bajo condiciones de pastoreo. Se atribuye la diferencia en el porcentaje de fertilidad alcanzada en este estudio a la actividad de la eCG a nivel ovárico conjuntamente con la suplementación alimenticia proporcionada. El efecto benéfico de la eCG en T1 sobre el porcentaje de preñez puede estar dado a nivel folicular, la eCG actúa primariamente para estimular el desarrollo folicular e incrementar la liberación de LH inducida por la producción de estrógenos endógenos. La progesterona suprime la liberación de LH y al retiro resulta en un incremento gradual en plasma culminando en un pico preovulatorio de LH y la ovulación⁷⁸.

Se ha reportado también que la utilización de la eCG en los protocolos de sincronización con progestágenos incrementa los niveles de progesterona, aumentado los porcentajes de preñez. Este incremento de progesterona en el plasma puede estimular la habilidad del producto para secretar interferon tau y por lo tanto favorece el reconocimiento materno de la preñez^{79, 80}. Por otra parte existe información que indica que la eCG actúa incrementando el número de folículos preantrales (<180 µm de diámetro) y disminuye la cantidad de folículos atrésicos particularmente de aquellos que tienen un diámetro >1.7 mm de diámetro del antro en formación^{81, 82}.

CONCLUSIONES

La inducción y sincronización de estros en novillas prepúberes de doble propósito con Norgestomet más Gonadotropina Coriónica Equina en este estudio no estableció diferencia en la presentación de estro, sin embargo, incrementó la fertilidad con respecto a las novillas a las que solo se les aplicó Norgestomet.

Hay que considerar también que se requieren más trabajos con un tamaño de muestra mayor para poder evaluar la influencia de la raza, edad y peso.

Anexo 1. Número de novillas incluidas en cada grupo por tratamiento

NO. DE LOTE	NUMERO DE NOVILLAS		TOTAL
	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	
1	16	16	32
2	9	8	17
3	7	6	13
4	14	14	28
5	12	12	24
6	7	7	14
TOTAL	65	63	128

LITERATURA CITADA

- ¹ Rivas R.L. El sistema Ganadero de Doble Propósito en América Tropical: Evolución Perspectivas y Oportunidades. *Simposium Internacional sobre Alternativas y Estrategias en producción Animal*, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Zootecnia. Abril 6-9, México (1992).
- ² Aldana C. Productividad y rentabilidad en sistemas de producción de leche en Colombia, en: *Coyuntura agropecuaria*, Vol. 7, No 2, 2º semestre. Bogotá Colombia (1990).
- ³ Vera R.R., García O., Botero R. y Ullrich C. Producción de leche y reproducción en sistemas de doble propósito: Algunas implicaciones para el enfoque experimental: *Pasturas tropicales*, 18: 25-32 (1996).
- ⁴ Gasque G.R. y Ochoa G.P. El ganado de doble propósito (F₁) en México y el mundo: Estudio recapitulativo. *XX Congreso Nacional de Buiatría*. Acapulco, Guerrero Agosto 14-17, 361-365 (1996).
- ⁵ González-Stagnaro C. Manejo de los problemas reproductivos en bovinos doble propósito de medio tropical. *XXV Curso Internacional de reproducción Animal*. Madrid, España. 73-79 (2002).
- ⁶ Lamothe Z.C. Regulación nutricional de la función ovárica en bovinos de doble propósito. *Colegio de Postgraduados. Ganadería. Reproducción en rumiantes. Reproducción*. 67-77. (2005).
- ⁷ Córdoba L.D., Sánchez M.P.H. y García V.Z.: Características de la ganadería bovina en el estado de Morelos. *Memorias del congreso Nacional*

de Buiatría; 1998 Julio 20-25. Acapulco, Guerrero México. México (DF) Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos A.C. 406-407 (1998).

- ⁸ Short R.E. and Adams D.C. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Canadian J. Anim. Sci.*, 68: 29-39 (1998).
- ⁹ Baca J.R., Pérez E., Galina C.S: Comportamiento reproductivo de novillas *Bos taurus x Bos indicus* inseminadas artificialmente a estro sincronizado y natural en el trópico seco de Costa Rica. *Vet. Méx.*, 29 (1): 67-73 (1998).
- ¹⁰ Favero R.J., Faulkner D.B., Kesler D.J.: Norgestomet implants synchronize estrus and enhance fertility in beef heifers subsequent to a timed artificial insemination. *J. Anim. Sci.*, 73: 3230-3234 (1993).
- ¹¹ Galina C.S. y Arthur G.H.: Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrus cycles. *Anim. Breed. (Abstr.)*, 58(8):697-707 (1990).
- ¹² Galina C.S., Arthur G.H.: Review of cattle reproduction in the tropics. 6. The Male. *Anim. Breed. (Abstr.)*, 59:4003-412 (1991).
- ¹³ Rivera J.A., Anta E., Galina C., Porras A., Zarco L.: Análisis de la información publicada en México sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos. III. Factores que la afectan. *Vet. Méx.*, 20: 19-25 (1989).
- ¹⁴ González-Padilla E, Ruiz D.R. y Wiltbank J.N.: Inducción y sincronización del estro en vaquillas prepúberes mediante la administración de estrógenos y un progestágeno. *Téc. Pec. Méx.*, 28: 17-22 (1975).
- ¹⁵ González-Padilla E. Pubertad: En búsqueda de factores que la regulan. *Colegio de Postgraduados. Ganadería. Reproducción en rumiantes. Reproducción.*, 41-54 (2005).

- ¹⁶ Teresawa E. and Fernandez D.L. Neurobiological mechanisms of the onset of puberty in primates. *Endocrine Reviews.*, 22 (1):111-151 (2001).
- ¹⁷ Day M.L., Imakawa K., Garcia W.M., Zalesky D.D., Schanbacher B.D., Kittok R.L. y Kinder J.E. Endocrine mechanism of puberty in heifers: estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. *Biology of Reproduction.*, 31 (2):332-341 (1984).
- ¹⁸ Kinder J.E., Day M.L. and Kittok R.J. Endocrinology of puberty in cows and ewes. *J. Reprod. Fert. Suppl.*, 34:167-186 (1987).
- ¹⁹ Schams D., Schallenberger E., Gombe S. and Karg H. Endocrine patterns associated with puberty in male and female cattle. *J. Reprod. Fert.*, 30:103-110 (1981).
- ²⁰ González-Padilla E., Wiltbank J.N. and Niswender G.D. Puberty in beef heifers. I. The interrelationship between pituitary, hypothalamic and ovarian hormones, *J. Anim. Sci.*, 40: 1091-1104 (1975).
- ²¹ González-Padilla E., Niswender G.D. and Wiltbank J.N. Puberty in beef heifers. II. Effect of Injections of Progesterone and Estradiol-17 β on Serum LH, FSH and Ovarian Activity. *J. Anim. Sci.*, 40: 1105-1109 (1975).
- ²² Laster D.B., Glimp H.A. and Gregory K.E. Age and weight at puberty and conception in different breeds and breed crosses of beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 34:1031-1036 (1972).
- ²³ Ferrell C.L. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. *J. Anim. Sci.*, 55(6):1272-1283 (1982).

- ²⁴ Meirelles C.F., King G.J., Barnabe R.C., Abdalla A.L. and Vitti D.M.S.S. Reproductive performance of three brazilian beef breeds. *Livestock Research for Rural Development.*, 3(1) (1991).
- ²⁵ Duarte-Ortuño A., Torpe W. and Tewolde A. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. *Anim. Prod.*, 47:11-20 (1988).
- ²⁶ Chenoweth P.J. Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Aust. Vet. J.*, 71:422-426 (1994).
- ²⁷ Ríos U.A., Vega M.V.E., Montañó B.M., Lagunes L.J. y Rosete F.J.V. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman, Indobrasil y cruza F1 Angus, Charolais, Hereford y Suizo Pardo x Cebú y peso al destete de las crías. *Téc. Pec. Méx.*, 34(1):20-28 (1996).
- ²⁸ Calderón R.R.C., Villa G.A. y Lagunes L.J. Determinación ultrasonográfica de la primera ovulación: Asociación con la presentación de ciclos estrales regulares en vaquillas Cebú y Suizo Pardo mantenidas en el trópico. *Téc. Pec. Méx.*, 34(2):79-87 (1996).
- ²⁹ Schillo K.K., Hall J.B. and Hileman S.M. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J. Anim. Sci.*, 70:39-94 (1992).
- ³⁰ Wiltbank J.N., Kasson C.W., and Ingalls J.E. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. *J. Anim. Sci.*, 29:602 (1969).
- ³¹ Short R.E., and Bellows R.A. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. *J. Anim. Sci.*, 32:127 (1971).

- ³² Ma Y.J., Hill D.F., Junier M.P., Costa M.E., Felder S.E. and Ojeda S.R. Expression of epidermal growth factor receptor changes in the hypothalamus during the onset of female puberty. *Molecular and Cellular Neurosciences.*, 5:246-262 (1994).
- ³³ Oyedipe E.O., Osori D.I.K., Akerejola O. And Saror S. Effect of level of nutrition on onset of puberty and conception rates of zebu heifers. *Theriogenology.*, 18:525-531 (1982).
- ³⁴ Richards M.W., Spicer L.J. and Wetteman R.P. Insulin like growth factor- 1 (IGF-1) in serum of beef cows fed maintenance or restricted diets: Relationships whit non-esterified fatty acids (NEFA), glucose, insuline, and LH in serum. *J. Anim. Sci.*, 67 (suppl. 1):3119 (abstr.) (1989).
- ³⁵ Bishop D.K. and Wettemann R.P. Pulsatile infusion of gonadotropin-releasing hormone initiates activity in nutritionally anestrous beef cows. *J. Anim. Sci.*, 72: 2714 (1993).
- ³⁶ Thompson W.R., Theuninck D.H., Meiske J.C., Goodrich R.D., Rust J.R. and Byers F.M. Linear measurements and visual appraisals of percentage empty body fat of beef cows. *J. Anim. Sci.*, 56:755 (1983).
- ³⁷ Wagner J.J., Lusby K.S., Oltjen J.W., Rakestraw J. Wetteman R.P., and Walters L.E. Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *J. Anim. Sci.*, 66:603 (1988).
- ³⁸ García C.M. Importancia de los minerales en los procesos reproductivos en la hembra bovina. *Séptimo Curso Internacional de Reproducción Bovina.*

Academia de Investigación en Biología de la Reproducción A. C., 155-165 (1997).

- ³⁹ Martin G.B., Tjondronegoro S and Blackberry M.A. Effects of nutrition on testicular size and the concentrations of gonadotrophins, testosterone and inhibin in plasma of mature male sheep. *J. Reprod. Fert.*, 101:121-128 (1994a).
- ⁴⁰ Vigersky R.A. Hypothalamic hypogonadotropism in weight-loss-associated amenorrhea in: Neuroendocrinology and psychiatric disorder. Eds; GM Brown, SH Koslow and S Reichlin. Raven Press, New York., 291-300 (1984).
- ⁴¹ Cameron J.L. Regulation of reproductive hormone secretion in primates by short-term changes in nutrition. *Reviews of Reproduction.*, 1:117-126 (1996).
- ⁴² Villa-Godoy A, Hughes T.L., Emery R.S., Chapin L.T. and Fogwell R.L. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.*, 71:1063-72 (1988).
- ⁴³ Villa-Godoy A, Hughes T.L. Emery R.S., Stanisiewski E.P. and Fogwell R.L. Influence of energy balance and body condition on estrus and estrous cycles in Holstein heifers. *J Dairy Sci.*, 73:2759-65 (1990).
- ⁴⁴ Diskin M.G., Mackey D.R., Roche J.F. and Sreenan J.M. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 78:345-370 (2003).

- ⁴⁵ Galina C.S y Arthur G.H: Review on cattle reproduction in the tropics. Part 1. Puberty and Age at First Calving. *Anim. Breed. (Abstr.)*, 57(7):583-590 (1989).
- ⁴⁶ Mendoza M.G.D., Ricalde V.R. Suplementación de bovinos en crecimiento en pastoreo. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México. D.F. 1966.
- ⁴⁷ Porras A.I., Galina C;H: Utilización de progestágenos para la manipulación del ciclo estral bovino. *Vet. Méx.*, 23 (4): 3136 (1992).
- ⁴⁸ Porras A.A. Control del estro en ganado *Bos indicus* en condiciones tropicales: Efecto de la utilización del Norgestomet combinado con estrógenos. Tesis de maestría. *Fac. de Med. Vet. Y Zoot.* Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 1990.
- ⁴⁹ Goodman R.L., Pickover S.M. and Karsch F.J. Ovarian feedback control of follicle stimulating hormone in the ewe: evidence for selective suppression. *Endocrinology*, 108: 772-777 (1981).
- ⁵⁰ Kesner J.S., Convey E.M. and Anderson C.R. Evidence that estradiol induces the preovulatory LH surge in cattle by increasing pituitary sensitivity to LHRH and then increasing LHRH release. *Endocrinology*, 108:1386-1391 (1981).
- ⁵¹ Thimonier J. Hormonal control of oestrus cycle in the ewe (a review). *Livestock Prod. Sci.*, 6:39-50 (1979).
- ⁵² McLeod B.J. and Haresign W. Evidence that progesterone may influence subsequent luteal function in the ewe by modulating preovulatory follicle development. *J. Reprod. Fertil.*, 71:381-386 (1984).

- ⁵³ González-Padilla E., Ruiz D.R., Lefever D., Denham A. and Wiltbank J.N. Puberty in Beef Heifers. III. Induction of fertile estrus. *J. Anim. Sci.*, 40: 1110-1118 (1975).
- ⁵⁴ Bindon B.M. and Piper L.R. Physiological basis of the ovarian response to PMSG in sheep and cattle. Embryo transfer in cattle, sheep and goats. Memorias del Congreso de Canberra, Australia, Mayo 1981. *Australian Society for Reproductive Biology*, Australia, 1982.
- ⁵⁵ Murphy B.D., Mapletoft R.J., Manns J. and Humphrey W.D. Variability in gonadotrophin preparations as a factor in the superovulatory response. *Theriogenology*, 21:117-125 (1984).
- ⁵⁶ Moor R.M., Kruij Th.A.M. and Green D. Intraovarian control of folliculogenesis: limits to superovulation. *Theriogenology*, 21:103-116 (1984).
- ⁵⁷ Doot H.M., Hay M.F., Cran D.G. and Moor R.M. Effect of exogenous gonadotrophin (PMSG) on the antral follicle population in the sheep. *J. Reprod. Fertil.*, 56:683-689 (1979).
- ⁵⁸ Cupps P.T. Reproduction in Domestic Animals. 4a ed., Ed. *Academic Press Inc.*, San Diego, California, 1991.
- ⁵⁹ McNatty K.P., Gibb M., Dobson C., Ball K., Coster J., Heath D. and Thurley D.C. Preovulatory follicular development in sheep treated with PMSG and/or prostaglandin. *J. Reprod. Fert.*, 65:111-123 (1982).
- ⁶⁰ Baird D.T. and McNelly A.S. Gonadotrophic control of follicular development and function during the Oestrus cycle on the ewe. *J. Reprod. Fertil., Suppl.* 30:119-133 (1981).

- ⁶¹ McNatty K.P., Hudson N.L., Shaw L., Heath D.A. and Lun S. Effect of chronic follicle stimulating hormone (FSH) administration on ovarian follicular development, ovulation rate and corpora lutea formation in sheep. Australian Society for Reproductive Biology, Proceedings of the 23rd Annual Conference, University of Sydney, Australia, Sept 30- Oct2, 1991.
- ⁶² Webb R. and England B.G. Identification of the ovulatory follicle in the ewe: associated changes in follicular size, thecal and granulosa cell luteinizing hormone receptors, antral fluid steroids, and circulating hormones during the preovulatory period. *Endocrinology*, 110:873-881 (1982).
- ⁶³ Baird D.T. Factors regulating the growth of the preovulatory follicle in the sheep and human. *J. Reprod. Fertil.*, 69:343-352 (1983).
- ⁶⁴ <http://www.emorelos.gob.mx/egobierno/DirMunicipios/Amacuzac/Amacuzac2.html>
- ⁶⁵ Daniel W.W. Biostatística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. 4^a ed., Ed. LIMUSA, México, D.F., 2004.
- ⁶⁶ Short R.E., Bellows R.A., Carr J.B., Staigmiller R.B., Randel R.D. Induction synchronized puberty in heifers. *J. Anim. Sci.*, 40:1110-1118 (1976).
- ⁶⁷ Sheffel C.E., Pratt B.R., Ferrell W.L. and Inskeep E.K. Induced corpora lutea in the postpartum beef cow. II. Effects of treatment with progestogen and gonadotropins. *J. Anim. Sci.*, 54:830-836 (1982).
- ⁶⁸ García-Winder M., Lewis P.E. Townsend E.C. and Inskeep E.K. Effects of norgestomet on follicular development in postpartum beef cows. *J Anim. Sci.*, 64:1099-1109 (1987).

- ⁶⁹ García-Winder M., Lewis P.E., Deaver D.R., Smith V.G., Lewis G.S. and Inskeep E.K. Endocrine profiles associated with life span of induced corporea lutea postpartum beef cows. *J Anim. Sci.*, 62:1353-1362 (1986).
- ⁷⁰ Inskeep E.K., Braden T.D., Lewis P.E., García-Winder M. and Niswender G.D. Receptors for luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone in largest follicles of postpartum beef cows. *Biol. Reprod.*, 38:587-591 (1988).
- ⁷¹ Day M.L., Imakawa K., García-Winder M., Zalesky D.D., Schanbacher B.D., Kittik R.J. and Kinder J.E. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. *Biol. Reprod.*, 31:332-341 (1984).
- ⁷² Anderson L.H., McDowell C.M. and Day M.L. Progestin-Induced puberty and secretion of Luteinizing Hormone in Heifers. *Biol. Reprod.*, 54:1025-1031 (1996).
- ⁷³ Corbet N.J., Millar R.G., Bindon B.M., Burrow H.M., D'Occhio M.J., Entwistle K.W., Fitzpatrick L.A., Wilkins J.F. and Kinder J.E. Synchronization of estrus and fertility in zebu beef heifers treated with three estrus synchronization protocols. *Theriogenology*, 51:647-659 (1999).
- ⁷⁴ McGowan M.R., Carroll C.L. and Davies F.J. Fixed-time insemination of *Bos indicus* heifers following the use of Syncro-Mate-B (SMB) to synchronize estrus. *Theriogenology*, 37:1293-1300 (1992).
- ⁷⁵ Burfening P.J. Induction of puberty and subsequent reproductive performance. *Theriogenology*, 12:215-221 (1979).

- ⁷⁶ Narasimhe Rao A.V., Narasimha Rao A. and Venkatramaiah P. Induced puberty in prepuberal zebu heifers treated with Norgestomet and Pregnant Mare Serum Gonadotropin. *Theriogenology*, 26 (1):27-36 (1986).
- ⁷⁷ Kerr D.R., McGowan M.R., Carroll C.L. and Baldock F.C. Evaluation of three estrus synchronization regimens for use in extensively managed *Bos indicus* and *Bos indicus/taurus* heifers in northern Australia. *Theriogenology*, 36(1):129-141 (1991).
- ⁷⁸ Peters A.R. and Lamming G.E. Reproductive activity of the cow in the post-partum period. II. Endocrine pattern and induction of ovulation. *Br. Vet. J.* 140:269-280 (1984).
- ⁷⁹ Mann G.E., Lamming G.E., Robinson R.S. and Wathes D.C. The regulation of interferon- τ production and uterine hormone receptors during pregnancy. *J. Reprod. Fert.*, 54 (Suppl):317-28 (1999).
- ⁸⁰ Bó G.A., Baruselli P.S. and Martinez M.F. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 78:307-26 (2003).
- ⁸¹ Monniaux D, Mariana J.C. and Gibson W.R. Action of PMSG on follicular populations in the heifer. *J. Reprod. Fert.*, 70:243-253(1984).