

**EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA FOLICULAR CON EL USO DE MINERALES
ANTIOXIDANTES, EN GANADO BOS INDICUS, EN EL CORREGIMIENTO DE
SANTAMARIA MUNICIPIO DE BUESACO**

**DARIO JAVIER CORDOBA MARTINEZ
JORGE IVAN GARCIA BURBANO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA MEDICINA VETERINARIA
PASTO- COLOMBIA
2006**

**EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA FOLICULAR CON EL USO DE MINERALES
ANTIOXIDANTES, EN GANADO BOS INDICUS, EN EL CORREGIMIENTO DE
SANTAMARIA MUNICIPIO DE BUESACO**

**DARIO JAVIER CORDOBA MARTINEZ
JORGE IVAN GARCIA BURBANO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de médico
veterinario**

**Presidente:
Dr IVAN FERNANDO CAVIEDES CASTRO
Médico Veterinario**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA MEDICINA VETERINARIA
PASTO- COLOMBIA
2006**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores.”

Artículo 1º del acuerdo N°32 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

ALBEIRO LOPEZ RODRIGUEZ
Jurado Delegado

OSCAR BENAVIDES PEREZ
Jurado

IVAN FERNANDO CAVIEDES CASTRO
Presidente

San Juan de Pasto, Junio de 2006

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación esta dedicado a todas las personas que con su colaboración, ayudaron a construir este camino para llegar a obtener un titulo profesional y cumplir así un sueño.

A mis padres por su amor, confianza e incondicional apoyo presente durante toda mi vida.

A mis hermanos por brindarme su amistad y colaboración en momentos difíciles.

A Ana Maria por brindarme su amor y estar siempre a mi lado en todo este proceso.

A familiares y amigos, personas en las que siempre encontré un apoyo especial para seguir adelante.

JOREGE IVAN GARCIA BURBANO.

DEDICATORIA

A Dios y protector de mi ser

A mi querida madre Bertha Ines Martínez Lasso, por su apoyo y amor incondicional.

A mi desaparecido padre Miguel Angel Córdoba Ramírez, por su ejemplo, protección y fortaleza espiritual. Q.P.D.

A mis queridas hermanas Mireya Ivania y Edna Rocio que llenan mi vida de amor y fé.

A mis tías por sus oraciones y su cariño en los momentos difíciles.

A Luis Adalberto Martínez quien a través de sus enseñanzas en el sector agropecuario me permite hoy ser un profesional idóneo.

A mi Esposa Diana Gamboa y mi hijo fuentes de inspiración y amor durante toda mi carrera. Quien en estos momentos están junto a mi dándome fuerza y animo para ser cada día mejor.

DARIO JAVIER CORDOBA MARTINEZ.

AGRADECIMIENTOS

IVAN FERNANDO CAVIEDES CASTRO	Medico Veterinario
ALBEIRO LOPEZ RODRIGUEZ	Medico Veterinario
OSCAR BENAVIDES PEREZ	Medico veterinario
HECTOR FABIO VALENCIA RIOS	Medico Veterinario, Decano de La Facultad de Ciencias Pecuarias
FERNANDO GARZON GOMEZ	Medico Veterinario, Director Programa Medicina Veterinaria
KATIA BENAVIDES ROMO	Medico Veterinario
JUAN AIZAGA BALLESTEROS	Zootecnista
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias
FRANCO ORTIZ ORTIZ	Hospital San Rafael
COMPAÑIA CALIFORNIA S.A.	
HOSPITAL SAN RAFAEL	

El programa de Medicina Veterinaria de la Universidad de Nariño.

Todas las personas que con su voluntad nos apoyaron para el desarrollo de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	22
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	23
3. OBJETIVOS	24
3.1. OBJETIVO GENERAL	24
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
4. MARCO TEORICO	25
4.1. FISILOGIA OVARICA EN EL BOVINO	25
4.1.1. El Proceso de la Foliculogénesis	28
4.1.2. Última Fase de la Foliculogénesis: Las Ondas Foliculares	29
4.2. DINAMICA FOLICULAR: FUNCIONAMIENTO Y REGULACION	34
4.2.1. Ondas Foliculares	35
4.2.2. Ovogénesis y Foliculogenesis en la Fase Prenatal	39
4.3. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE ENDOCRINOLOGIA Y MECANISMO DE ACCION DE LAS HORMONAS	41
4.3.1. Clasificación de las Hormonas	42
4.3.2. Hipotálamo-Hipófisis y Hormonas de la Reproducción	43
4.3.3. Hormonas Hipotalámicas	44
4.3.4. Hormonas Hipofisarias y Gonadotróficas	45
4.3.5. Hormonas Gonadales	46
4.3.6. Hormonas Esteroides Gonadales	47

4.3.7. Hormonas Uterinas	47
4.4. CONDICIONES REPRODUCTIVAS POST-PARTO DE BOVINOS	49
4.4.1. Anestro Post-Parto	49
4.5. CONTROL DEL DESARROLLO FOLICULAR	52
4.6. CICLO ESTRAL	58
4.6.1. Sincronización de la Ovulación	59
4.7. IMPORTANCIA DE LOS MINERALES EN ANIMALES DOMÉSTICOS	66
4.7.1. Cinética Mineral	67
4.7.2. Fisiología y Metabolismo de los Minerales	69
4.7.3. Minerales en la Ganadería	87
5. DISEÑO METODOLOGICO	92
5.1. LOCALIZACION	92
5.2. METODOLOGIA	94
5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	97
6. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	106
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
7.1. CONCLUSIONES	110
7.2. RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estados fisiológicos en los que se encontraron ondas foliculares	39
Tabla 2. Clasificaciones de las hormonas.	43
Tabla 3. Intervalo entre tratamientos y crecimiento de una nueva onda folicular en vaquillonas tratadas con un implante de progestágeno y una inyección de 5 mg de E- 17 BETA un día después.	55
Tabla 4. Necesidades mínimas de yodo de los animales domésticos.	80
Tabla 5. Condición corporal inicial y final de los animales estudiados	106
Tabla 6. Porcentaje de preñez	109

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de crecimiento folicular.	35
Figura 2. Representación de patrones de crecimiento del folículo dominante.	38
Figura 3. Efecto de la condición corporal sobre la tasa de concepción en hembras bovinas inseminadas a tiempo fijo.	51
Figura 4. Efecto de E-17 Beta administrado un día después de la inserción de un implante de progestágeno en desarrollo del folículo dominante de la primera onda folicular y comienzo de la segunda onda.	53
Figura 5. Diámetros promedio de folículos dominantes en vacas tratadas Con un implante de progestágeno seguido con 5 mg de E- 17 Beta un día después.	55
Figura 6. Asociación de progesterona y BE para IATF.	63
Figura 7. Formula estructural fosforilcolamina	86
Figura 8. Formula estructural grupo fosfato del DNA	86
Figura 9. Protocolo de sincronización con implantes de progesterona.	95
Figura 10. representación de las medias de los tratamientos aplicados (To y T1) durante todo el proceso de trabajo de campo.	105
Figura 11. protocolo de sincronizacion	108

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tabla de mediciones de diámetro folicular	117
Anexo B. Datos generales del trabajo de campo	118
Anexo C. Análisis estadístico de todos los datos	120
Anexo D. Análisis estadístico de todos los datos obtenidos en el día 5	122
Anexo E. Análisis estadístico de todos los datos obtenidos en el día 6	124
Anexo F. Análisis estadístico de todos los datos obtenidos en el día 7	126
Anexo G. Análisis estadístico de todos los datos obtenidos en el día 8	128
Anexo H. Análisis estadístico de todos los datos obtenidos en el día 9	130
Anexo I. Crecimiento folicular por vaca	132

GLOSARIO

FSH: Hormona folículo estimulante

LH: Hormona Luteinizante

GnRH: Factor liberador de gonadotropinas

PGF2a: Prostaglandina F2alpha

IATF: Inseminación artificial a tiempo fijo

FOLICULO: Saco lleno de fluido en el ovario conteniendo un óvulo (huevo) inmaduro (ovocito).

OVULACION: Expulsión del óvulo de un folículo

OVULO: Huevo sin fertilizar

SUPEROVULACION: Estimulación de una cantidad mayor que lo normal de folículos complementarios que se convierte en folículos maduros y termina en ovulación.

HORMONA: Producto de células que circulan en los fluidos del cuerpo y producen un(os) efecto(s) específicos sobre la actividad de la célula fuera de los que producen la hormona.

GONADOTROPINA: Hormona que estimula ovarios y testículos

CUERPO LUTEO: Frecuentemente abreviado Cl., algunas veces denominado cuerpo amarillo. Es una estructura que se desarrolla en el ovario después de la ovulación de un folículo usualmente se proyecta sobre la superficie. Compuesta por células luteas que secretan progesterona.

PROGESTERONA: Esteroide que mantiene la preñez.

CICLO ESTRAL: Episodios periódicos de celo o estro.

ESTRO, CALOR O CELO: Es el periodo de receptividad sexual en la hembra.

ESTROGENOS: Hormonas producidas en los ovarios que estimulan el crecimiento de la cubierta interna del utero.

PROGESTÁGENOS: esteroides de 21 C; secretados en el cuerpo luteo placenta y glándulas adrenales, preparan el utero para la implantación y mantenimiento de la preñez, desarrollo de alvéolos mamarios. Afectan los picos de LH.

ULTRASONIDO: Ondas sonoras de alta frecuencia por arriba del rango de la audición.

PROSTAGLANDINAS: Sustancia química elaborada por el cuerpo que causa la contracción del músculo uterino.

ONDAS FOLICULARES: Una onda de crecimiento folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos, caracterizada por el desarrollo de una gran folículo dominante, el cual anovulatorio si ocurre durante la fase luteal y ovulatorio si ocurre en la fase folicular; y varios folículos subordinados que invariablemente se atresian.

RESUMEN

El trabajo se llevó a cabo en el corregimiento de Santa María, municipio de Buesaco, con el fin de estudiar el uso de minerales antioxidantes, en la regulación del desarrollo de la “dinámica folicular” en bovinos, para optimizar el manejo reproductivo del ganado de carne en explotaciones de Nariño, así como a su vez mejorando el rendimiento económico de estas explotaciones ganaderas, a las cuales no se ha prestado atención necesaria dentro de sus empresas productoras.

Se utilizaron 12 vacas (unidades experimentales) entre primer y segundo parto con edades que oscilan entre 4 y 5 años, condición corporal adecuada con promedio de 3.5 a 4, que se encuentren vacías y días posparto que oscilan entre los 150 días, se realizó un examen ginecológico de las estructuras del tracto reproductivo, y se confirmó la no presencia de celos por observación directa y confirmación con registros de la finca, libres de patologías o problemas reproductivos, en la actualidad los animales no se encuentran en etapa de lactancia y por tanto no están amamantando a sus terneros.

El trabajo comenzó, realizando una observación en el comportamiento de los animales, referenciando una caracterización en el manejo general de los animales, seguida de la realización de una evaluación del estado de salud a través de un examen clínico completo. Se evaluó por medio de palpación rectal las estructuras del tracto genital y posteriormente se determinaron estructuras ováricas para comprobar su integridad. Los animales seleccionados fueron aquellos en los que se encontró su fisiología reproductiva normal. Después se realizó una observación y chequeo periódico de cada animal, posteriormente se procedió a aplicar los minerales antioxidantes 30 días antes de comenzar el seguimiento ecográfico. Al cabo de estos 30 días se realizó la sincronización de los animales, Aplicando dispositivos intravaginales con progesterona en el día 0, simultáneamente se

aplica 1 mg de Benzoato de Estradiol, en el día 7 se retira el implante y se aplicará 0.5 mg de Benzoato de Estradiol, además, 30 mg de dianoprost. Posteriormente se dividió a los animales en dos grupos homogéneos al azar; un grupo control (To) que estaba conformado por 6 unidades experimentales a las cuales se les aplicó un placebo de agua destilada en la misma cantidad en la que se aplicó los minerales antioxidantes (I, Zn, Se, P) en el grupo experimental. El monitoreo fue realizado a través de ecografías para observar el desarrollo de la dinámica folicular, por medio de mediciones de los folículos presentados en la nueva onda producida por el método de sincronización.

El otro grupo, experimental (T1) en donde los animales, 6 unidades experimentales recibieron el producto a base de minerales antioxidantes con yodo, fósforo, zinc, selenio, 30 días antes de la sincronización y se controlaron por medio de evaluación ultrasonográfica iniciando el día 5 posterior a la aplicación del implante hasta el día 10 en donde se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo, la medición de los folículos fue tomada en milímetros, para determinar la eficacia del tratamiento en la regulación de la dinámica folicular. La utilización de los microminerales es importante porque estimula la maduración folicular y la función reproductiva, mejorando así el manejo reproductivo y por ende la tasa de concepción, es posible también reducir los días abiertos en vacas, se disminuye la incidencia de enfermedades infecciosas del tracto reproductivo por estimulación de la actividad inmune celular y del sistema enzimático de defensa. En la etapa final del trabajo se procedió a llevar a cabo una confirmación de preñez a los 45 días a través de palpación rectal, para comprobar la efectividad del tratamiento a base de minerales antioxidantes en el desarrollo de ondas foliculares y fertilidad en el ganado *Bos indicus*.

Se encontró dentro de los resultados, una diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos propuestos, los animales tratados con minerales antioxidantes presentan un mayor desarrollo folicular, así como mayor tasa de preñez.

ABSTRACT

This project was carried out in the location of Santa Maria, municipality of Buesaco. Having the purpose of study some anti-rust minerals and its use, in the regulation of the development of "follicular dynamic" into bovines, to optimise the reproductive management in the livestock field here in Nariño, working out at the same time with some improvements on the economy and showing interest in this business which haven't got any attention at all from the companies.

There were used 12 heifers (experimental units) between first and second labor, with ages between 4 and 5 years old, physiologically well dotted with an average of 3.5 and 4, not pregnant during their post labor days oscillating 150 days. In the gynecologist's test, the heifers presented normality on ovary structures, timing normally and showing registers of heat until this time, free from sicknesses or reproductive problems. In the present, the animals are not in the "nursing" (freed on milk), so therefore the animals are not suckling the calf.

The work started making observations about the animal's behaviour, referring a particular characterization in the general management of the animals followed by the realization of a completed clinic test. It was evaluated with genital checking and the ovary structures were set for proving their integrity. The selected animals were those that had a normal reproductive physiology. After that, an observation and a periodic checking were made on every animal, after that the antioxidant minerals were put 30 days before the echographic following. In these 30 days the animal's synchronization was made, applying intravaginal devices with 1 gr progesterone on day 0, at the same time, 2 mg of Estradiol Benzoate is applied, on day 7 the implant is taken off and will be applied, 30 mg of Dianoprost, on day 8 1 mg benzoate of estradiol. After that the animals were divided on two random homogenised groups. An ultrasound exam was used too, to find out about the

structures of the genital tract and subsequently to determine the ovary structures to prove their integrity.

The select animals were those who had their physiologic reproductive system in normal conditions. After that, an observation was done and periodical check out to each animal, follow by echogram before the treatment. Later on, we proceed to synchronize the follicle wave's presentation utilizing implants with 50 mg of progesterone and benzoate of estradiol, utilizing following protocol for the follicle wave's synchronization.

The application of implant on day 0, simultaneously is applied 2 mg of benzoate of estradiol, on day seven the implant is took out the animal and 1 mg of benzoate of estradiol. The anti- rust minerals were applied 30 days before the project was started in the experimental group an the placebo was applied in the control group.

After that this animals were divided in two homogeneous groups at random, the control group (To) was puttogether by 7 experimental units, they took the placebo made by distil water put in the same quantities as we applied the anti-rust minerals (I, Se, Zn, P) for the experimental group. The monitor was realized through echograms were we observed the follicular dynamic, measuring the follicle that was shown on each wave.

The other group, (experimental T1) received the product based of anti – rust minerals with iodine, phosphorus, zinc and selenium 30 before the synchronization an it was controlled by ultrasound the exam starting the same day we took the implant out for three days, making the measurement in millimetres to each follicle and into every single wave, to check the efficacy and the efficiency of the treatment in the follicular dynamic regulation, to finally inseminate at the same time the animals utilizing straws from the same bull, 56 hours later we took out the implant.

The utilization of micro-minerals is really important because stimulates the follicular ripen and reproductive function, improving the reproductive management and therefore the conception rate; it's possible also to reduce the open days in cows, it decreases the incidence of infectious diseases from the reproductive tract by the stimulation of the immune cellular activity and from the enzymatic defensive system.

In the last phase of the project, we proceed to carry out the confirmation of pregnancy between the 40 days through trans- rectum ultrasound test, to make sure the effectiveness of the treatment that is based on anti – rust minerals in the development of follicular waves and the fertility in the livestock *bos indicus*.

We found out in the results, a significant difference between the two used treatments, the anti – rust group presents a bigger follicular development, in the same way the pregnancy rate.

INTRODUCCION

El trabajo realizado en el corregimiento de Santa María, municipio de Buesaco, pretende estudiar el efecto de minerales antioxidantes, en la regulación del desarrollo de la “dinámica folicular” en bovinos, para optimizar el manejo reproductivo del ganado de carne en las diferentes explotaciones y de esta manera poder emplear nuevos procedimientos en otras empresas productoras de este tipo mejorando el rendimiento económico de las mismas.

Según Carrillo¹, La deficiencia de algunos minerales en la dieta del animal es un problema al cual se le debe prestar mayor importancia si se quiere tener una empresa ganadera con un margen de productividad en ascenso. La relación suelo – planta – animal juega un rol importante en la salud y productividad pecuaria. Las restricciones de minerales en la dieta, la calidad y cantidad de los minerales en el forraje y en el alimento, las interacciones de estos que los hacen poco biodisponibles, ocasionan que el animal decaiga en un proceso productivo y reproductivo, observándose una baja en la conversión alimenticia, redundando en una deficiente ganancia de peso; y a nivel reproductivo un aumento en los intervalos entre partos, días abiertos, y por consecuente animales no gestantes, y reducción de su vida útil.

Los beneficios de esta investigación, a demás de ser pionera en el departamento, se presenta como una base de información para continuar con proyectos de investigación que tenga como referencia datos reales de nuestra zona y permita ampliar los conocimientos en cuanto al manejo de las ganaderías de carne, proporcionando herramientas útiles a los productores y estudiantes para la implementación de programas que permitan emplear técnicas de manejo que se

¹ CARRILLO, Rubén Darío. Importancia biomédica en reproducción y salud animal. Colombia: citygraf, 2004. p. 3.

Ajusten a los recursos naturales disponibles y que respondan a las condiciones y exigencias del contexto climático, convirtiéndose en una opción económica Nariñense, con el fin de incrementar las tasas de preñez y de esta forma maximizar el retorno económico de los programas de ganadería de carne, lo que determina un mayor número de terneros y la disminución de costos por hembras preñadas al año en el hato.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

El corregimiento de Santa María, así como la zona norte del departamento de Nariño, por su ubicación y características climáticas favorece el desarrollo de programas de ganadería para la producción de carne, constituyendo un factor económico positivo y viable para la población de esta región; pero debido a la falta de conocimiento sobre el manejo de la explotación de este tipo de ganado, unido a las carencias presentes en los suelos correspondientes a estas zonas, el comportamiento reproductivo de los animales no resulta tan favorable para los ganaderos.

La mayor parte de los ganaderos, de esta región, desarrollan sus explotaciones en una forma artesanal en donde la alimentación no es controlada de manera eficiente y los animales presentan deficiencias nutricionales en cuanto a cantidad y calidad de alimento, esto junto con otros factores como enfermedades, variaciones climáticas, condición corporal, lactación y parasitismos, se ven reflejadas en el comportamiento productivo y reproductivo de los mismos; por lo tanto la reproducción es bastante sensible a las alteraciones fisiológicas.

La mayoría de problemas que rodean una explotación ganadera conllevan a una pérdida económica que poco a poco desgastan al ganadero y se reduce por fuerzas mayores la producción de la finca convirtiéndose en un círculo vicioso que aumenta los costos de producción.

Dadas las condiciones climáticas de la mayoría del territorio nariñense, se ha presentado un mayor desarrollo de explotaciones para la producción láctea, con animales *bos taurus*, por lo que la ganadería de carne no ha tenido un desarrollo significativo para la economía del departamento.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Es eficaz el uso de minerales antioxidantes en el desarrollo de la dinámica folicular, en ganado *bos indicus* en el corregimiento de Santa Maria del municipio de Buesaco?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la eficacia de la administración de minerales antioxidantes Yodo, Zinc, Selenio y Fósforo, en la regulación de la dinámica folicular en vacas Bos Indicus con 1 y 2 partos, en el corregimiento de Santa Maria.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprobar que el empleo de minerales antioxidantes puede resultar beneficioso en el manejo reproductivo de ganaderías productoras de carne.
- Proponer el uso de minerales antioxidantes en vacas Post parto para así disminuir el intervalo entre parto IA en estos animales.
- Plantear el uso de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) como práctica encaminada al mejoramiento de las explotaciones de Ganado de carne en el departamento de Nariño

4. MARCO TEORICO

4.1. FISIOLÓGÍA OVÁRICA EN BOVINOS

Según Schroeder la descripción del funcionamiento ovárico es el siguiente:

Los ovarios, son los órganos esenciales de la reproducción en la hembra y tiene dos funciones principales: la endocrina, a través de la cual se elaboran las hormonas y la citogénica, por su producción de óvulos a través de los folículos. En todos los animales, los ovarios son pares, es decir en número de dos, y su tamaño depende de la edad, especie y estadio reproductivo del animal. El desarrollo de sus componentes histológicos está bajo el control de las hormonas de la hipófisis. Los ovarios son ovoides, pero su forma varía de acuerdo con estructuras diferentes durante el ciclo estral como los folículos y el cuerpo lúteo o cuerpo amarillo. La superficie del ovario está cubierta por la túnica albugínea que es una formación densa de tejido conjuntivo. El ovario está formado de una parte cortical y una zona medular. Se diferencian una de la otra no solamente por la estructura sino por sus funciones.

El folículo es una estructura muy importante porque al romperse libera el óvulo y se forma el cuerpo lúteo que es una estructura transitoria, este último es importante porque mantiene la preñez a través de la secreción de progesterona²

² SCHROEDER, Hanns. Fisiopatología reproductiva de la vaca. Bogota: Colombia: Celsus, 1999. p.26-36.

Según lo afirma Wiltbank³, durante el ciclo estral bovino normal hay cambios característicos en la morfología ovárica. Alrededor del momento del celo, el folículo preovulatorio alcanza un tamaño mayor y produce cantidades considerables de estradiol. En un momento el estradiol circulante alcanza una concentración y duración suficiente para inducir el comportamiento de celo y el pico de LH. El tamaño del folículo ovulatorio varía ampliamente de una vaca a otra. Por ejemplo en vaquillonas lecheras mostraron folículos de 14.8 +/- 0.2 mm mientras que vacas lecheras en lactancia presentaron folículos de 17.4 +/- 0.5 mm. Se encontraron un tamaño ovulatorio de 16.5 +/-0.4 mm en vaquillonas con dos ondas foliculares y un tamaño menor en animales con tres ondas foliculares (13.9 +/- 0.4). Sin embargo, una vez que el folículo preovulatorio eleva las concentraciones de estradiol circulante niveles suficientes para inducir un pico de LH, ocurre una ovulación alrededor de 24 a 32 horas más tarde.

Luego de la ovulación, se forma un cuerpo lúteo a partir de las células foliculares remanentes y hay un aumento progresivo de las concentraciones de progesterona circulante a medida que el cuerpo lúteo va creciendo. Las concentraciones de progesterona siguen siendo elevadas durante toda la vida del cuerpo lúteo y esto es fundamental para el desarrollo embrionario y la preñez. La progesterona circulante también impide futuros picos de LH y ovulaciones., además el momento de la regresión del cuerpo lúteo es determinado por el momento de secreción de PGF2 alpha desde el útero en vacas no preñadas o placentotas en el parto.

La secreción pulsátil de PGF2 alpha uterina se debe a los receptores de oxitocina en el útero que reaccionan a la liberación pulsátil de oxitocina. Esto podría deberse a la disminución, a través del tiempo, de receptores de progesterona endometriales durante la exposición del útero a altas concentraciones de progesterona. La disminución de los receptores de progesterona podría resultar en el aumento de receptores de estradiol endometriales. La supresión de estradiol

³ WILTBANK, A Clasificación fisiológica de condiciones anovulatorias en bovinos. En: *theriogenology* 2002, p. 21 - 51

folicular por medio de aspiración de folículos o de un tratamiento con inhibina provoca un atraso en la luteólisis. Esto sugiere que el estradiol folicular debe activar los receptores de estradiol endometrial para inducir a los receptores de oxitocina y la consiguiente secreción uterina de PGF2 alpha. Según observaciones a través de ecografía, la luteólisis solo se inicia con la presencia de un folículo funcionalmente dominante (que produce estradiol) en el ovario. La preñez temprana es acompañada por una disminución de la secreción de PGF2 alpha en bovinos y la permanencia del cuerpo lúteo.

4.1.1. El proceso de la Foliculogénesis. Como lo referencia el Doctor Fernández:

Los folículos primordiales inician su crecimiento y diferenciación en un proceso aparentemente continuo pero irreversible que es conocido como foliculogénesis. Cuando un folículo primordial entra al grupo de crecimiento, este será conducido a uno de dos hechos: Cuando la capa de células de la granulosa se transforma de aplanadas a cuboidales y la teca interna comienza su diferenciación, al folículo en desarrollo se le denomina folículo primario. Su crecimiento al siguiente Estadio que es el de folículo secundario, se completa por la proliferación de las células de la granulosa. Los folículos en estos dos estadios se describen colectivamente como preantrales. La formación de la cavidad del folículo que forma el antro líquido es el siguiente estadio en su desarrollo. Los folículos antrales existen en el ovario bovino con diámetros comprendidos en el rango de 0.1 a 20 mm. Generalmente se acepta que la formación del antro es un evento influenciado por las gonadotropinas y que la FSH es la principal hormona responsable. La ultrasonografía proporcionó la evidencia definitiva de que esta última

fase del desarrollo folicular se producen en forma de ondas a lo largo de todo el ciclo estral⁴.

4.1.2. Última Fase de la Foliculogénesis: Las Ondas Foliculares. Según Fernández:

Una onda de desarrollo folicular se puede definir como el desarrollo armónico y simultáneo de varios folículos antrales pequeños, en promedio 24 por onda con un rango de 8 a 41, funcionando a través de estadios integrados de reclutación, selección y dominancia folicular.

El reclutamiento es un proceso por el que, bajo la responsabilidad de la FSH, un conjunto de folículos antrales tempranos (2-3 mm de diámetro) comienzan a crecer en un medio con suficiente soporte gonadotrófico que les permita progresar a la ovulación. La selección es un proceso por el cual un único folículo evade la atresia y adquiere competencia para alcanzar la ovulación. La dominancia es el medio por el cual el folículo seleccionado inhibe el reclutamiento de una nueva serie de folículos. El reclutamiento no ha recibido la misma atención investigativa como la dominancia folicular y la ovulación. Grupos, más que folículos aislados, son reclutados y este proceso se relaciona con cambios medibles de la FSH circulante. Factores intraováricos estimulados por la FSH están involucrados en el proceso de reclutamiento folicular y los IGF (Factores

⁴ FERNÁNDEZ, Álvaro. Dinámica folicular: funcionamiento y regulación [online]. Argentina: Junio 2003. [Marzo 2005]. <www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/reprod/art/#dis>.

de crecimiento ligados a la insulina) y sus proteínas de enlace (IGFBP) han sido implicados en la amplificación de la acción de la FSH⁵.

Según Fernández:

El mecanismo de la dominancia no ha sido totalmente determinado y se hipotetiza que éste está asociado con un efecto inhibitorio paracrino del folículo dominante sobre los folículos subordinados del mismo grupo en desarrollo. Mecanismos de esta suerte no podrían ser involucrados en la vaca u otras especies monoovulares donde el folículo dominante está presente en un ovario y se produce inhibición de los folículos subordinados del ovario contra lateral. Es por consiguiente más aceptado que la dominancia se produce por medio de algún factor que tiene un efecto de retroalimentación negativa sobre la secreción de gonadotrofinas. Entre los candidatos se encuentra la inhibina, que es producida primariamente por las células de la granulosa y reduce directamente la secreción hipofisiaria de FSH. Un segundo candidato, la folistatina, proteína que tiene alta afinidad de unión por la activina,

proteína esta última que eleva la secreción de FSH. Por su unión a la activina, la folistatina reduce la secreción de FSH. El desarrollo del folículo dominante hasta las dimensiones preovulatorias depende estrictamente de las gonadotrofinas. Los folículos antrales adquieren los receptores para LH en la teca y para FSH en la granulosa. Bajo la influencia de la LH las células de la teca sintetizan andrógenos que cruzan la lámina basal al interior del compartimiento de las células de la granulosa. Bajo la influencia de la FSH, estos andrógenos son aromatizados en estrógenos. El cambio clave que asienta durante el desarrollo de la competencia ovulatoria de un folículo es la adquisición de receptores para LH por las células de la granulosa. En los folículos

⁵ Ibid., p. 4.

donde esto se ha realizado, la LH actúa induciendo la síntesis de grandes cantidades de estrógenos en sinergia con la FSH. Este proceso es un autoreforzo en el que los estrógenos inducen la formación de más receptores de LH y ésta y la FSH producen una nueva secreción de estrógenos. Los folículos bovinos que se vuelven dominantes o estrogenoactivos producen mucho más estrógenos que los subordinados y tienen considerablemente mayor número de receptores tanto de LH como de FSH. Producto de un incremento en el número de receptores de FSH, el folículo dominante puede ser capaz de seguir creciendo aún en un medio con bajas concentraciones plasmáticas de FSH, mientras que los folículos subordinados sucumben con estos bajos niveles. Estudios recientes indican que los IGF y especialmente el IGF-1 potencializa el desarrollo del folículo, pero no se han establecido diferencias claras en las concentraciones de IGF-1 entre los folículos dominantes o subordinados. Sin embargo existe regulación múltiple de la actividad de IGF mediante proteínas ligadoras de IGF (IGFBP) que fijan y secuestran a la misma y se ha demostrado que existe mayor concentración de IGFBP en los folículos subordinados que en el dominante. Este hallazgo es consistente con la hipótesis que plantea Los folículos dominantes pueden emplear de manera más efectiva los niveles existentes de FSH debido al aumento de disponibilidad de los IGF y que la atresia de los folículos subordinados es producto de una reducción inducida por las IGFBP sobre los IGF⁶.

Fernández, además describe que:

Mediante ultrasonografía se puede observar que a los dos días de detectarse una onda, existe un folículo (folículo dominante) que crece más rápidamente que los demás (folículos subordinados). A los 6-7 días

⁶Ibid., p. 5.

del comienzo de la onda el folículo dominante ha alcanzado prácticamente su máximo tamaño (15-17 mm) y los folículos subordinados han sufrido un proceso de atresia. En este momento, el folículo dominante puede ovular o de lo contrario entra en una fase estacionaria, que dura aproximadamente otros 6 días y en la que mantiene su tamaño y capacidad ovulatoria. Si entonces no se ha producido la ovulación de este folículo, comienza un proceso de atresia y otros 9 días más tarde su tamaño ya ha descendido por debajo de los 4 mm.

En un ciclo sexual fisiológico, el factor fundamental que determina el destino del folículo dominante (ovulación o atresia) es el nivel de progesterona cuando este folículo finaliza su fase de crecimiento. De esta manera, cuando los niveles de progesterona son elevados (fase luteínica del ciclo) se produce la regresión del folículo dominante, mientras que en la fase folicular del ciclo, sin el "freno" de la progesterona, el destino del folículo dominante es la ovulación.

A lo largo del ciclo estral, típicamente se producen 2 o 3 ondas de desarrollo folicular. En vaquillonas y durante el post parto precoz de vacas multíparas parecen más frecuentes los ciclos ováricos con 2 ondas, mientras que vacas adultas presentan habitualmente ciclos de 3 ondas. Todavía no existen datos estadísticos suficientes sobre la frecuencia relativa de ciclos de 2 o 3 ondas referida a cada población bovina o estado productivo de los animales. De todas maneras, esta diferencia viene condicionada por la duración del cuerpo lúteo de ciclo, lógicamente menor en ciclo de 2 ondas que en ciclos de 3 ondas. También se han detectado ciclos con 4 ondas foliculares y en estos casos la duración del ciclo ha sido de 24 días, ocurriendo la luteólisis en torno al día 20 - 21 del ciclo. Así, el principal factor que condiciona la

duración del ciclo y por lo tanto la existencia de 2 o 3 ondas por ciclo, parece ser la vida del cuerpo lúteo.

En ciclos estrales con 2 ondas de desarrollo folicular, éstas se pueden detectar el día de la ovulación (día 0) y el día 10 post ovulación. Este último folículo es el que ovulará, ya que la regresión del cuerpo lúteo ocurre el día 16 - 17 del ciclo, mientras que el folículo que comenzó su desarrollo el día 0 normalmente experimentará un proceso de atresia. En ciclos con 3 ondas éstas pueden ser detectadas los días 0, 9 y 16 post ovulación, siendo las dos primeras anovulatorias debido a que la fase luteal se mantiene en estos casos hasta el día 19 del ciclo.

Curiosamente, esta dinámica folicular se mantiene al menos durante los 2-3 primeros meses de gestación, habiéndose observado en vacas gestantes la presencia de ondas periódicas que surgen cada 9 - 10 días. Lógicamente, estos folículos nunca llegan a ovular debido al efecto inhibitor de la progesterona producida por el cuerpo lúteo de gestación.

De momento, se desconoce el papel biológico y la significación de los ciclos de 2 y 3 ondas. Se ha sugerido que la producción de estrógenos por parte del folículo dominante de la primera onda del ciclo regularía de alguna manera el transporte del huevo hasta el útero. En ciclos de 2 y 3 ondas, los folículos de la segunda onda, inducirían la formación de receptores oxitocínicos en el útero, necesarios para la síntesis y liberación posterior de PGF₂; por parte de éste órgano.

De cualquier manera, ha quedado demostrado que los folículos dominantes de cualquier onda del ciclo son capaces de ovular, y lo que es igualmente importante, que la fertilidad subsiguiente a la ovulación de cualquiera de estos folículos es muy similar.

El conocimiento de estas ondas de desarrollo folicular y su regulación tiene gran trascendencia práctica y nos permite predecir de una manera bastante exacta la respuesta de los animales a los diferentes métodos de control hormonal del ciclo. Así por ejemplo la respuesta superovulatoria de vacas tratadas con FSH o PMSG en transferencia de embriones está supeditada a la fase de desarrollo folicular en que se inicia el tratamiento de superovulación. Tal es así que superovulaciones iniciadas a partir del 4º día de la fase de crecimiento de un folículo dominante conducen a respuestas muy pobres en lo que refiere a número de ovulaciones, debido a que el proceso de atresia de los folículos subordinados de esa onda ya está avanzado y no es posible "rescatar" ya muchos de esos folículos. Por el contrario, tratamientos superovulatorios comenzados simultáneamente con el inicio de una onda de desarrollo folicular conseguirán reclutar o rescatar de la atresia mayor número de folículos⁷.

4.2. DINÁMICA FOLICULAR: FUNCIONAMIENTO Y REGULACIÓN

Según Pineda⁸ con relación a la dinámica folicular ovárica; especialmente en los bovinos, se propuso inicialmente la teoría de las dos ondas de regimiento folicular durante el ciclo estral bovino, basándose en la evaluación histológica de los ovarios de vacas sacrificadas en días conocidos del ciclo y se concluyó que ocurren dos ondas de crecimiento folicular, sin embargo esta teoría fue refutada ya que no tenía en cuenta los perfiles hormonales.

Para Pineda⁹ la imagen ultrasónica en tiempo real, permite visualizar in situ eventos reproductivos en las especies domésticas, han permitido monitorear

⁷Ibid., p. 6.

⁸ PINEDA, David, Fisiología de la reproducción. En : Ginecología veterinaria. Editorial universitaria, UNED. Colombia. 1997, p. 35- 37.

⁹ Ibid., p.38.

poblaciones foliculares de diferentes categorías seleccionadas de acuerdo a su tamaño o con identificación individual y han comprobado que el crecimiento folicular ocurre simulando ondas y que la mayoría de los ciclos estrales en bovinos comprende de dos a tres ondas, además el patrón de ondas de desarrollo folicular han sido documentado durante la preñez. El proceso se puede resumir de la siguiente forma: Una onda de crecimiento folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos. En este grupo existe un gran folículo dominante, si la fase donde este crece es luteal, este folículo es anovulatorio, pero si la fase es estral, este folículo ovulará y los demás folículos entrarán en atrofia.

4.2.1. Ondas Foliculares. En estudios recientes realizados por M.C Wiltbank, A. en la universidad de Wisconsin utilizaron ecografías transrectales para analizar los estadios finales de crecimiento folicular en bovinos y se obtuvo:

En la figura 1 se muestra un esquema del crecimiento folicular y FSH en una vaca con dos ondas foliculares durante un ciclo estral de 21 días. Alrededor del momento de la ovulación se empieza a desarrollar

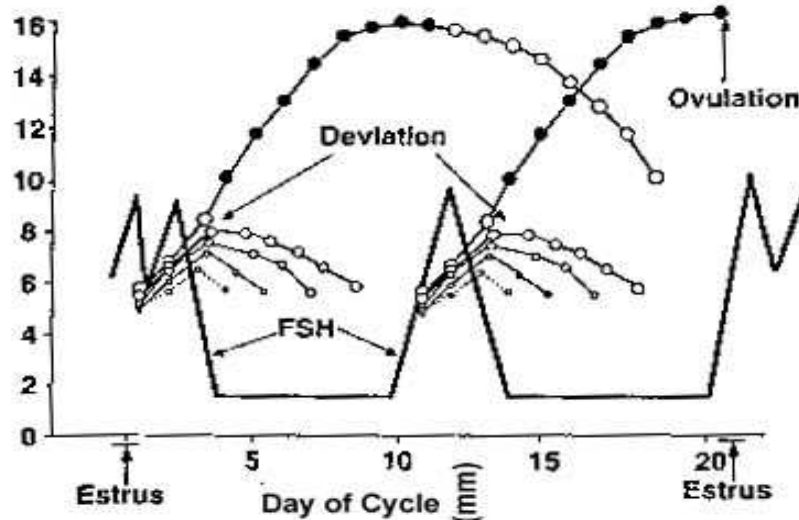


Figura 1. Esquema del crecimiento folicular y la FSH en una vaca con dos ondas foliculares durante un ciclo de 21 días.

Un grupo de folículos pequeños en los ovarios. Dicho crecimiento se conoce como onda folicular. De este grupo de folículos, se selecciona un folículo dominante que continúa creciendo mientras regresa el resto de los folículos de la onda folicular. Debido a la presencia de un cuerpo lúteo funcional y altas concentraciones de progesterona este primer folículo no produce un pico de LH, comportamiento de celo ni sigue hasta la ovulación. El primer folículo dominante pasa a no ser funcional y comienza una nueva onda folicular a mitad del ciclo. Una vez más se selecciona un folículo dominante el cual continúa hasta ovular porque este folículo dominante es funcional al momento de la regresión del cuerpo lúteo. Algunas vacas tienen tres ondas de crecimiento folicular con lo cual el segundo folículo dominante regresa, se inicia una tercera onda folicular y el tercer folículo dominante es funcional al momento de la luteólisis y es por lo tanto el folículo ovulatorio. El patrón de las concentraciones de FSH circulante está funcionalmente relacionado con el patrón de crecimiento folicular. Tanto la primera como la segunda onda folicular son precedidas por un aumento de las concentraciones de FSH. Hay dos picos de FSH alrededor del momento del celo que son difíciles de distinguir por ser muy seguidos. El primer pico corresponde al primer pico de GnRH/ LH que induce la ovulación y el segundo ocurre alrededor del momento de la ovulación y está asociado con la emergencia de la primera onda folicular. Este aumento de FSH es esencial para el inicio de una onda folicular. En general, la emergencia de la onda folicular ha sido determinada retrospectivamente como el momento en el cual los primeros folículos de la onda alcanzaron una medida > a 4 mm. En general, el momento de emergencia ocurren el momento del pico de FSH. Luego de la emergencia, los folículos siguen creciendo y la FSH circulante comienza a disminuir hasta el momento de la desviación folicular.

Se ha identificado la desviación folicular en muchos estudios en los que se realizó seguimiento regular del crecimiento folicular por medio de ecografía transrectal-. La desviación folicular ha sido definida como el comienzo de la mayor diferencia en cuanto a índices de crecimiento (cambios de diámetro entre controles sucesivos por ecografía) entre el folículo más grande (dominante) y el segundo folículo en tamaño (el folículo subordinado más grande) en el momento del control o antes cuando el segundo folículo en tamaño alcanza su mayor diámetro. En la figura 2 se muestra una representación del momento de desviación folicular. Al momento de la desviación folicular el diámetro del futuro folículo dominante tiene un promedio de 8.5 mm y el futuro folículo subordinado más grande tiene un promedio de 7.2 mm. Las concentraciones de FSH circulante alcanzan un valor más bajo (nadir) cercano al momento de la desviación folicular y esta disminución podría ser fundamental para la selección de un solo folículo dominante.

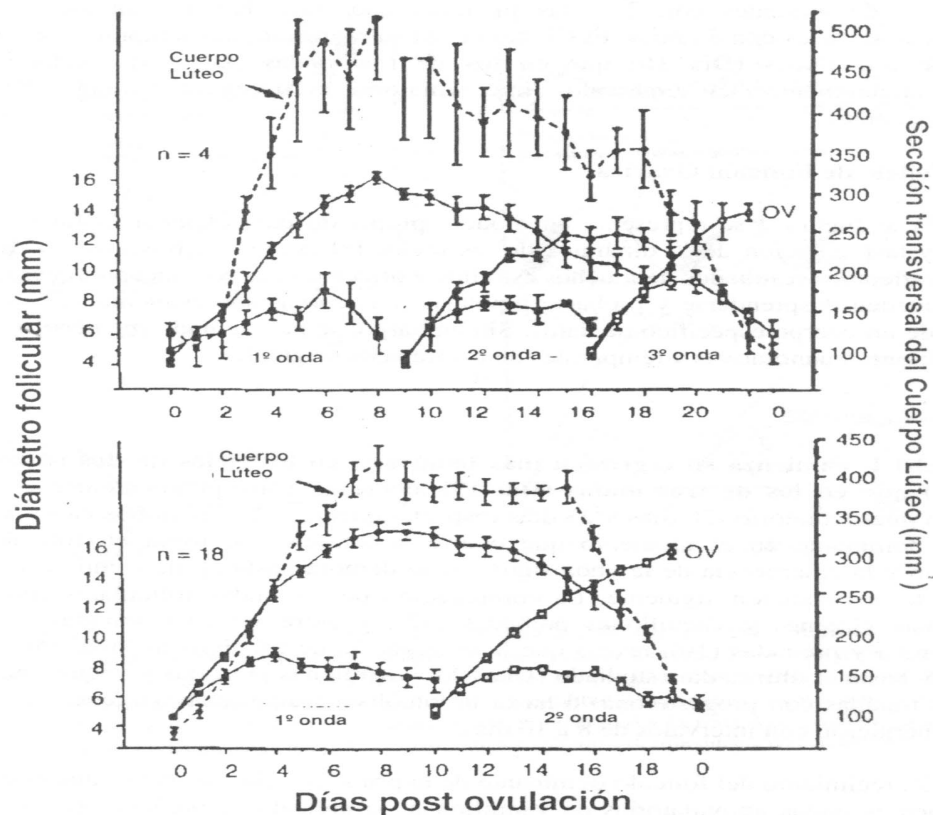


Figura 2. Representación de los patrones de crecimiento del folículo dominante, el folículo subordinado mayor y el área transversal del CL para intervalos interovulatorios de dos o tres ondas. OV= ovulación. La selección del folículo dominante sucede al momento de la desviación del diámetro folicular o esta asociada con este proceso¹⁰.

Como lo describe M.C Wiltbank, A. en el mismo estudio:

Las ondas foliculares no son exclusivas de los bovinos que están ciclando, si no que además estas se encuentran presentes en terneras prepuberales de 2 meses de edad y también en animales lecheros y de carne antes del comienzo de la ciclicidad. Las ondas foliculares También se encuentran presentes durante la mayor parte de la preñez.

¹⁰ WILTBANK, A. GnRh: de la fisiología a la "sinc"-ología. En: 5º Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba-Argentina, 2003. p.71- 81.

El diámetro máximo del folículo más grande disminuye de 15.7 mm en la primera onda a 13.1 mm en la segunda onda de la preñez. Luego hay una disminución en el tamaño máximo del folículo más grande de 12,7 mm en el día 90 de preñez a 10.3 mm en la tercera onda después del día 90 y sigue disminuyendo a un tamaño máximo de 8,5 mm en el noveno mes. Como sucede en otros estados fisiológicos, hay un pico de FSH que, en promedio, corresponde a la emergencia de cada onda folicular durante la preñez.

El momento de selección folicular parece ser similar en la mayoría de estos estados a pesar de que la selección podría ocurrir en folículos un poco más pequeños durante las primeras cuatro semanas después del nacimiento y en los últimos meses de preñez.

Tabla 1 estados fisiológicos en los que se encontraron ondas foliculares

Estado fisiológico	Ondas foliculares	Duración de la onda folicular	Pico de FSH antes de la onda
Ciclo estral	Si	9-14 días	Si
Anestro posparto evaluado	Si	7-12 días	No
Prepuberal	Si	7 días	Si
Preñez	Si	6-12 días (varía por estado)	Si
Quistes foliculares	Si	7-25 días	Si

(WILTBANK, A. Clasificación fisiológica de condiciones anovulatorias en bovinos. Córdoba. 2002. p.23.)

4.2.2. Ovogénesis y Foliculogénesis en la Fase Prenatal. Según MOORE:

En casi todas las especies de mamíferos no hay división mitótica de la célula germinal femenina después del nacimiento, de manera

que, el número de ovocitos presentes al nacimiento representa el total disponible durante la vida del animal.

En el feto bovino, la ovogonia se desarrolla de las células primordiales germinales que han migrado hasta el ovario durante la embriogénesis temprana y prolifera alrededor del día 50 hasta el día 130 de la gestación.

Un proceso de degeneración ovogonial comienza alrededor del día 95 de la vida fetal y la mayoría de los ovocitos producidos durante este período (60% o más) son eliminados del ovario antes del parto. Un segundo evento de desarrollo se inicia a los 80 días de la vida fetal cuando la ovogonia inicia la meiosis. Este proceso se detiene en todos los ovocitos en el estadio diploteno de la profase meiotica. Acompañando estos cambios nucleares están la formación del folículo primordial, la diferenciación de una capa de células aplanadas que lo envuelven conocida como células de la granulosa, el establecimiento de una lámina basal rodeando la granulosa y la diferenciación de una capa de células de teca exteriores a la lámina basal.

La población de folículos primordiales puede considerarse como una cuenta en la cual la foliculogénesis es un retiro, comenzando al inicio de la vida fetal y continuándose en la pubertad y en los períodos reproductivos de la vida del animal¹¹.

¹¹ MOORE, K and LOONEY, C. Recombinant bovine follicle stimulating hormone: dose and duration regimens for superovulation of embryo donors. USA: Theriogenology, 1989. p. 273.

4.3. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE ENDOCRINOLOGÍA Y MECANISMOS DE ACCIÓN DE LAS HORMONAS

El Doctor Gabriel Bó., afirma que el sistema neuroendocrino es un elemento fundamental en la adaptación de los organismos a los cambios tanto del medio interno como del medio ambiente que los rodea. Este sistema en animales superiores esta compuesto de una serie de estructuras anatómicas:

- Glándulas endocrinas o glándulas de secreción interna como Son la adenohipófisis, tiroides, paratiroides y adrenales.
- Partes del sistema nervioso, núcleos hipotalámicos, partes del SNC, y neurohipofisis.
- Conjuntos celulares con acciones endocrinas como células Peptidérgicas del tracto gastrointestinal, islotes de Langerhans y otros tejidos hepáticos y endoteliales.
- Algunas estructuras temporales con acciones endocrinas como placenta, folículos ováricos y cuerpos lúteos.
- Otros órganos entre los que se incluye el corazón, timo, riñones.

Las células de estas estructuras sintetizan sustancias denominadas hormonas. Estos mensajeros químicos, actúan a nivel celular, uniéndose a proteínas específicas llamadas receptores. Su origen puede ser interno o externo a la célula blanco, a la cual puede llegar por cualquier vía y provocar la respuesta biológica que puede iniciar, detener o regular un proceso celular¹².

¹² BO, Gabriel. Actualización sobre fisiologías de la reproducción en la hembra, En: Curso de post-grado en reproducción bovina modulo I instituto de reproducción animal. Córdoba, 2001. p.5-6.

4.3.1. Clasificación de las Hormonas. Según Gabriel Bó¹³ La división clásica de las hormonas esta basada en su estructura química: así podemos citar las peptídicas, esteroides, compuestos derivados de aminoácidos y ácidos grasos. También las podemos clasificar de acuerdo con las acciones primarias que producen, en dos grandes grupos:

Hormonas liposolubles que atraviesan fácilmente la membrana celular y reaccionan con receptores internos (esteroides y hormonas tiroideas). Actúan sobre la maquinaria genética de las células blanco y sus efectos suelen ser lentos y duraderos.

El segundo grupo lo componen las hormonas peptídicas hidrosolubles, que no pueden entrar en la célula por su pequeña liposolubilidad; éstas interaccionan con proteínas receptoras de membrana iniciando reacciones en cascada que producen como punto final una respuesta celular rápida.

Otra forma de clasificar las hormonas es por su origen así tenemos hormonas hipotalámicas, hormonas hipofisiarias, hormonas tiroideas, hormonas gonadales. También se puede clasificar a las hormonas por su mecanismo de acción en: intracrinas, autocrinas, paracrinas, endocrinas y neuroendocrinas.

¹³ Ibid., p. 7-11.

Tabla 2. Clasificaciones de las Hormonas.

1. Estructura química	<ul style="list-style-type: none">• Peptídicas• Esteroides• Aminas• Derivados de ac. grasos
2. Por su acción primaria	<ul style="list-style-type: none">• Las que actúan sobre la maquinaria genética de las células blanco: esteroideas, tiroideas.• Las que actúan primero con proteínas receptoras de membrana; peptídicas
3. Por su origen	<ul style="list-style-type: none">• Hipotalámicas• Hipofisiarias• Tiroideas• Gonadales
4. Por su mecanismo de acción	<ul style="list-style-type: none">• Intracrina• Autocrina• Paracrina• Neuroendocrina

4.3.2. Hipotálamo, hipófisis y hormonas de la reproducción. Según Gabriel Bó, El hipotálamo se encuentra en la base del cerebro: esta delimitado por el quiasma óptico y posteriormente por los cuerpos mamilares, dorsalmente por el tálamo y ventralmente por el hueso esfenoides. La glándula hipófisis se encuentra debajo del hipotálamo en una depresión del hueso esfenoides denominada silla turca. En el embrión la hipófisis se forma en el ectodermo viseral en la superficie superior de

la boca y el ectodermo neural del hipotálamo en desarrollo. Este doble origen se mantiene hasta adulto, debido a que las dos principales divisiones se mantienen como entidades independientes, hipófisis anterior o adenohipofisis y la hipófisis posterior o neurohipofisis¹⁴.

4.3.3. Hormonas Hipotalámicas. Bó nos presenta la siguiente descripción:

- **Oxitocina**, junto con la ADH son hormonas peptídicas que se sintetizan en el hipotálamo y se almacenan en la neurohipofisis. Éstas se sintetizan en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo y solamente se liberan desde su lugar de almacenaje la neurohipofisis. Estas se liberan junto con proteínas transportadoras llamadas neurofisinas. Las principales funciones de la oxitocina son: contracción de la musculatura uterina y modificación de los umbrales de excitabilidad del miometrio en el útero. Durante el parto la oxitocina actúa en el proceso de expulsión el feto, la contracción de los vasos umbilicales y contracción del útero después del parto para asegurar la hemostasia. También provoca incremento en las contracciones del oviducto y de esta manera interviene en el proceso de transporte de los gametos femeninos y masculinos en el oviducto. Otra función es la estimulación de células mioepiteliales de los alvéolos mamarios, o proceso de eyección de la leche. En la vaca, oveja y en el humano también se produce oxitocina en el cuerpo lúteo e interviene activamente en el proceso de luteólisis.

- **Hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH).** Es un decapeptido. Esta hormona induce la liberación tanto de la hormona luteinizante (LH), como de la hormona foliculoestimulante (FSH) a partir de la hipófisis. La síntesis de un gran número de análogos

¹⁴ Ibid., p.11- 12.

estructurales de la GnRH, ha tenido gran importancia en el establecimiento de las relaciones de estructura y actividad de esta

- hormona. Se han sintetizado dos tipos básicos de análogos de la GnRH. Los análogos antagonistas parecen unirse al receptor en la hipófisis, pero no inducen la liberación de LH o FSH, y bloquean la acción de la hormona natural. Los análogos estimuladores inducen la liberación de LH y FSH, al igual que la GnRH natural¹⁵.

4.3.4. Hormonas Hipofisarias Gonadotróficas. La adenohipófisis secreta tres hormonas gonadotróficas: foliculoestimulante, luteinizante, prolactina; Bó las describe de la siguiente manera:

- **Hormona foliculoestimulante FSH.** En la hembra, la FSH estimula el crecimiento de los folículos en el ovario y participa, junto con la LH, estimulando la síntesis de estradiol en los folículos en desarrollo. Las células de la granulosa son las que poseen receptores para la FSH y producen además de estradiol otra hormona llamada inhibina que actuará junto con el estradiol suprimiendo la liberación de FSH por la hipófisis.

- **Hormona luteinizante LH.** Los niveles tónicos o basales de LH actúan con la FSH para inducir la secreción de estrógenos de los folículos ováricos. Las células de la teca interna contienen receptores de LH y mediante su estímulo producen andrógenos, estos luego pasan a través de la membrana basal a la célula de la granulosa donde mediante la acción de la FSH se induce la aromatización de estos andrógenos para transformarse en estrógenos que son liberados al antro folicular y de allí a la circulación general. El pico preovulatorio de LH induce una cadena de reacciones enzimáticas que terminará con la ruptura de la

¹⁵ Ibid., p. 23-24.

pared folicular y la ovulación. Además este pico preovulatorio inducirá la activación del ovocito para que continúe con la meiosis y estimulará la formación del cuerpo lúteo. La LH es la principal sustancia luteotrófica en los animales domésticos.

- **Prolactina.** Es importante en ratas y ratones donde posee propiedades luteotróficas. Sin embargo en las especies domésticas la LH es la principal hormona luteotrófica y la prolactina es tal vez la de menor importancia. La prolactina interviene en la lactancia y aparentemente actúa a nivel del SNC e induce el comportamiento materno¹⁶.

4.3.5. Hormonas Gonadales. Bó, nos presenta la siguiente definición:

- **Relaxina.** Es secretada por el cuerpo lúteo del ovario durante la preñez. En algunas especies la placenta y el útero también secretan relaxina. En condiciones fisiológicas, se obtienen muchos de los efectos de la relaxina, solamente cuando el tejido blanco ha sido sensibilizado con estrógenos. La principal acción biológica de la relaxina es la dilatación del cervix y la vagina antes del parto. También inhibe las contracciones uterinas y provoca un incremento en el crecimiento de la glándula mamaria si se la aplica junto con el estradiol.

- **Inhibina.** Es una hormona proteica producida por las células de Sertoli en el macho y las células de la granulosa en la hembra. Tanto la inhibina A como la inhibina B inhiben la secreción de FSH de la hipófisis, sin alterar la liberación de LH¹⁷.

¹⁶ Ibid., p.23.

¹⁷ Ibid., p.25.

4.3.6. Hormonas esteroides gonadales. Según Bó:

- **Estrógenos.** Actúan en el útero haciendo que aumente la masa del endometrio y del miometrio. Tal aumento se debe a una hiperplasia celular y una hipertrofia. También hacen que aumente la actividad y la frecuencia de las contracciones mediante la potencialización de los efectos de la oxitocina y de la prostaglandina F2 alpha. Los estrógenos estimulan el desarrollo de las características sexuales de la hembra, también ejercen efecto de retroalimentación negativa y positiva en el control de la liberación de FSH y LH, a partir del eje hipotálamico-hipofisiario.

- **Progestágenos.** La progesterona es el progestágeno que se presenta en mayor cantidad en forma natural, y es secretada por las células del cuerpo lúteo, la placenta y las glándulas adrenales. La progesterona es transportada en la sangre por una globulina, de manera análoga a lo que ocurre con los andrógenos y estrógenos. La regulación de la secreción de la progesterona en la vaca es estimulada principalmente por la LH, aunque también se ha visto que participan la FSH, factores de crecimiento similares a la insulina y las prostaglandinas. La función de la progesterona es preparar al útero para la implantación y el mantenimiento de la preñez mediante el aumento de las glándulas secretoras del endometrio y la inhibición de su motilidad. Actúa en forma sinérgica con los estrógenos para inducir el comportamiento del estro en la oveja y en la vaca. Hace que se forme el tejido secretor (alvéolos) de la glándula mamaria.

4.3.7 Hormonas Uterinas.

- **Prostaglandinas.** Intervienen en el control de la presión sanguínea, la lipólisis, las secreciones gástricas, la coagulación de la sangre, y

otros procesos fisiológicos como la función renal y respiratoria. En general, las concentraciones sanguíneas de prostaglandinas son bajas, pero se elevan en ciertas condiciones como en el caso del parto. El ácido araquidónico, que es un ácido graso esencial, es el precursor de las prostaglandinas más relacionadas con la reproducción en particular la PGF2 alpha y la PGE2.

La prostaglandina F2 alpha tiene propiedades luteolíticas en animales domésticos. Si se retira el útero de una vaca, cerdo, oveja, o yegua el cuerpo lúteo no involucionará por lo menos durante el tiempo correspondiente de gestación. El mecanismo durante el cual la PGF2 alpha llega del endometrio del útero al ovario en los rumiantes es único, ya que esta prostaglandina al ser liposoluble difunde de las paredes de la vena uterovárica a la arteria ovárica, y de ahí directamente al CL a través de la circulación general.

En animales domésticos, un incremento en los estrógenos provoca un crecimiento del miometrio del útero y favorece la acción de la oxitocina que a su vez estimula la síntesis de PGF2 alpha y su liberación. Además de la acción luteolítica, la PGF2 alpha estimula las contracciones uterinas, desempeña una función en el transporte de los espermatozoides, tanto en la hembra como en el macho y provoca constricción de los vasos sanguíneos.

La otra prostaglandina de interés es la PGE2 que actúa durante el parto estimulando la contracción del útero, dilatación del cerviz y los vasos sanguíneos. No tiene acción luteolítica, se cree que la PGE2 es luteotrófica. La PGF2 alpha y la PGE2 intervienen localmente en la ovulación de la vaca¹⁸.

¹⁸ Ibid., p.25-28

4.4. CONDICIONES REPRODUCTIVAS POSPARTO DE BOVINOS *BOS INDICUS*

4.4.1. Anestro postparto. Según reportes de investigaciones realizadas por el Doctor Orlando Marquez de Paiva¹⁹, al final de la gestación el eje hipotálamo-hipofisiario, esta bajo la acción de un feedback negativo de los esteroides placentarios y ováricos (estrógenos y progesterona), resultando en una supresión de la liberación de FSH con el consecuente acumulo en la hipófisis anterior y depleción de las reservas de LH. Este comportamiento endocrinológico provoca un bloqueo de la actividad ovárica.

Marques además afirma que:

Después del parto, la emergencia de la primera onda folicular ocurre entre los días 2 a 7 en vacas de carne con cría. El diámetro de estos folículos aumenta conforme se extiende el periodo pos parto. La dominancia folicular es observada de 10 a 21 días pos parto, no obstante, ese folículo es anovulatorio. Trabajos de investigación indican que la FSH no es una hormona limitante para el reinicio de la actividad ovárica en el pos parto, pero sí la LH. La ausencia de la ovulación es consecuencia de un bloqueo de los pulsos de LH, debido a una depleción de sus reservas en la hipófisis anterior luego del restablecimiento de las reservas de LH de 15 a 20 días pos parto.

El amamantamiento pasa a ser uno de los factores responsables del bloqueo de la ovulación en vacas de carne. La interacción de la vaca con el ternero promueve la liberación de opioides endógenos por la

¹⁹ MARQUES, O. Tratamientos hormonales para mejorar la performance reproductiva de vacas de cría en anestro en condiciones tropicales. En : V Simposio internacional de reproducción animal, Instituto de reproducción animal. Córdoba: Argentina, 2003. p. 103.

vaca, por un feedback negativo, impidiendo la liberación adecuada de pulsos de LH necesarios para promover el crecimiento folicular y la ovulación. Los folículos preovulatorios deben ser expuestos a pulsos adecuados de LH aproximadamente 1 pulso por hora para que ocurra el adecuado crecimiento folicular y la ovulación.

Existen datos que indican que los animales *Bos taurus* y *Bos indicus* presentan diferencias en cuanto a la secreción de gonadotropinas, encontrando una mayor concentración plasmática de LH en animales *Bos taurus* que en *Bos indicus*, ambos con treinta días posparto. Los autores concluyen que esta diferencia parece influenciar la duración del periodo de anestro. Las vacas *Bos taurus* también presentan una mayor frecuencia de pulsos de LH con relación a las *Bos indicus*²⁰.

Para Marques, la duración del anestro pos parto es influenciada por varios factores tales como condición nutricional, interacción vaca – ternero, edad, estación de parición, entre otros y les hace la siguiente descripción:

- **Condición corporal.** Los parámetros de condición corporal han sido de gran utilidad en la evaluación del estado nutricional de los bovinos. Estas mediciones reflejan el grado de almacenamiento de energía del animal y esta relacionado con el tiempo de retorno de la ciclicidad luego del parto y a los resultados de preñez en programas de IATF. En el gráfico, se muestra el efecto de la condición corporal sobre la tasa de concepción de 735 vacas *bos indicus* con cría, inseminadas a tiempo fijo. Se puede concluir que la tasa de concepción mejora significativamente, conforme aumenta la condición corporal de las vacas inseminadas a tiempo fijo. Estos datos están en conformidad con datos de la literatura, que también demostraron un efecto de la condición

²⁰ Ibid., p. 104-106.

corporal sobre la ciclicidad ovárica y la tasa de preñez en vacas de carne.

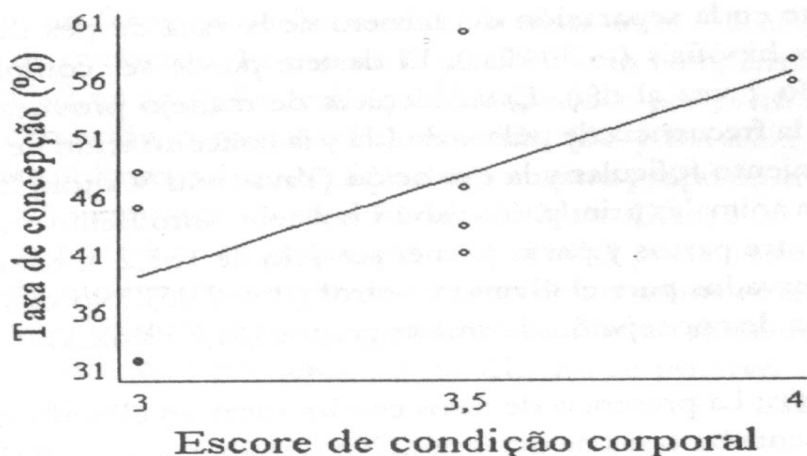


Figura 3. Efecto de la condición corporal sobre la tasa de concepción en hembras bovinas con cría (*Bos indicus*) inseminadas a tiempo fijo²¹.

- **Efecto vaca / ternero.** La interacción vaca ternero prolonga el anestro pos parto por influir en la liberación de pulsos de LH después de reestablecidas sus reservas en la apófisis anterior. Este comportamiento perjudica la maduración final y la ovulación del folículo dominante. Se observó una diferencia estadística en la duración del anestro posparto en vacas con cría y sin cría al pie de raza brahman. Las vacas con cría presentaron un intervalo de 65.0 ± 4.8 días entre el parto y la primera ovulación y el grupo de vacas sin cría al pie presentaron un intervalo de 38.8 ± 5.8 días. La detección del primer celo posparto también difirió estadísticamente entre los dos grupos. El tamaño y la duración del cuerpo lúteo no presentaron diferencias entre los grupos, no obstante en animales con cría la concentración máxima de progesterona después del primer ciclo (ciclo de corta duración) y la segunda ovulación (ciclo de

²¹ Ibid., p. 105.

duración normal) presento una diferencia significativa. Los resultados indican que el primer cuerpo lúteo formado después del parto en vacas con cría, produce menos progesterona que en vacas sin cría al pie²².

4.5. CONTROL DEL DESARROLLO FOLICULAR UTILIZANDO PROGESTÁGENOS Y ESTRÓGENOS

Según lo afirma el Doctor Gabriel Bó. Utilizando Progestágenos y Estradiol 17beta se puede suprimir el desarrollo del folículo dominante y de esta manera sincronizar el desarrollo de una nueva onda folicular; para esto se realizaron una serie de experimento los cuales se explican a continuación:

En el primero se evaluó el efecto del E- 17 beta sobre el folículo dominante cuando es administrado solo o combinado con un progestágeno. Se utilizaron 12 vaquillonas ubicadas al azar en dos grupos: el primer grupo recibió un implante intravaginal de progestágeno en el día 0 (ovulación), 5 mg de E- - 17 beta im en el día 1 y el segundo grupo no fue implantado pero recibió E- 17 beta en el día 1. Todos los animales fueron examinados diariamente por ultrasonografía desde el día 0 hasta el comienzo de la segunda onda de desarrollo folicular. Los resultados demostraron que el tratamiento de 17beta – estradiol fue más efectivo cuando se administro en combinación con implantes con progestágenos que cuando se administró solo. El folículo dominante de las vaquillonas tratadas con implantes intravaginales más E – 17 beta detuvo su crecimiento aproximadamente un día después del tratamiento y la segunda onda comenzó en el día 5.2 +/- 0.2 por el contrario, el E – 17 beta administrado solo no suprimió en forma completa el crecimiento del folículo dominante y por consiguiente la segunda onda comenzó más tarde (día 9.8 +/- 1.1) ver figura 4.

²² Ibid., p. 106-107.

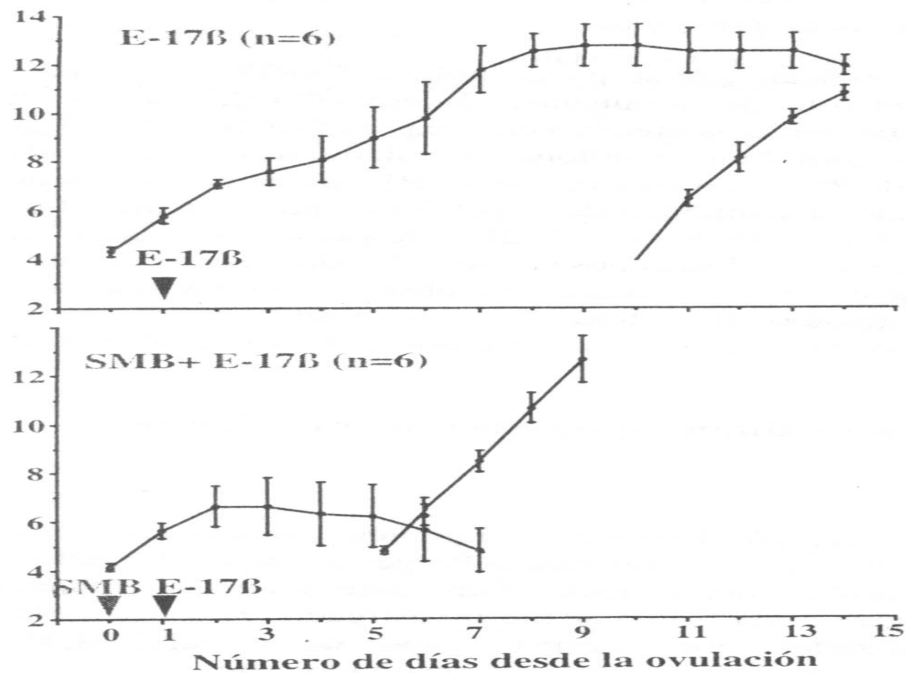


Figura 4. Efecto del E – 17 beta administrado solo o un día después de la inserción de un implante de progestágeno en el desarrollo del folículo dominante de la primera onda folicular y el comienzo de la segunda onda.

El segundo experimento tuvo como objetivo determinar la eficacia del tratamiento con progestágeno y E – 17 Beta para inducir el comienzo sincrónico de una nueva onda folicular, cuando estos son administrados en distintos estadios de desarrollo del folículo dominante. Se utilizaron cuatro grupos: un grupo control, y tres grupos tratados que recibieron 5 mg de E – 17 beta en los días 3,6, o 9 del ciclo (ovulación igual día 0). Todos los animales de los tres grupos tratado recibieron un implante de progestágeno 24 h antes de la inyección de E- 17 Beta. El día 3 correspondería a la fase de crecimiento del folículo dominante, el día 6

al final de la fase de crecimiento y comienzo de la fase estática y el día 9 a la fase de regresión y al comienzo de la segunda onda de desarrollo folicular.

En la figura 5 se encuentran indicados los resultados obtenidos. El intervalo entre el tratamiento con E – 17 Beta y el comienzo de la próxima onda no fue diferente entre los grupos y demostraron que el tratamiento con E – 17 Beta en asociación con un progestágeno (o progesterona) puede ser utilizado para inducir el crecimiento sincrónico de una onda folicular, aproximadamente 4.3 días de la inyección de E-17 beta (tabla 3).

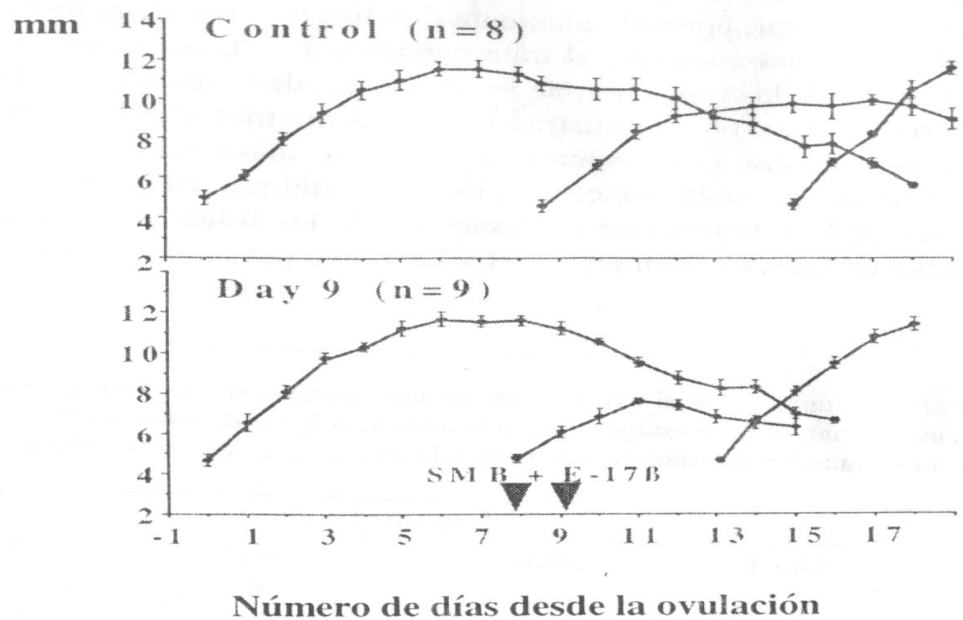
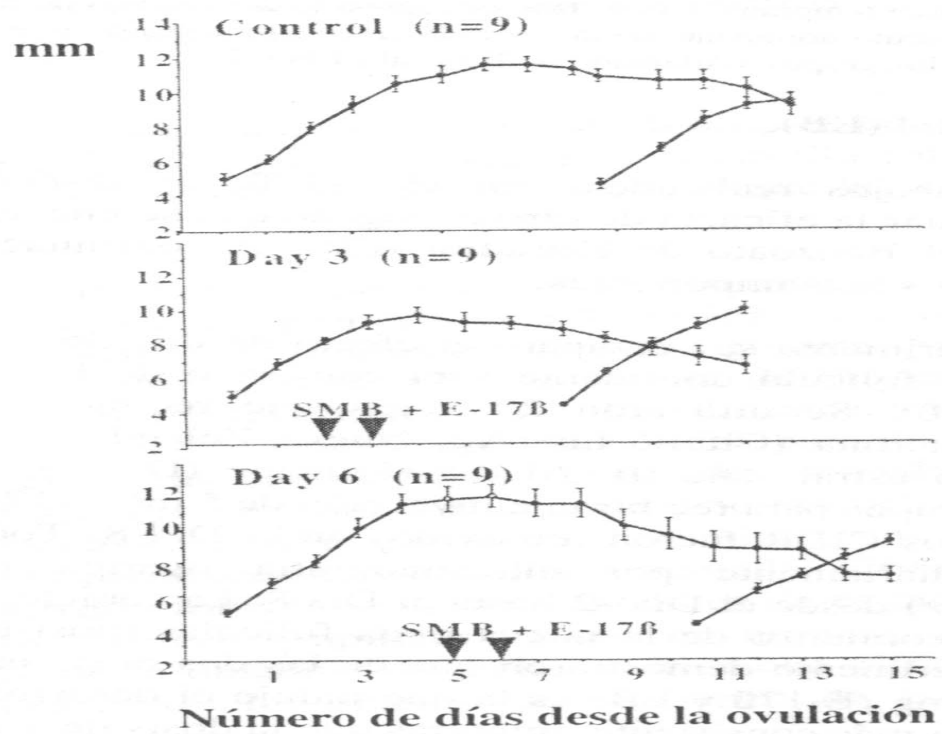
La conclusión más importante obtenida en los trabajos con relación a la sincronización de celo es que el tratamiento con progestágeno y E – 17 beta administrados en cualquier momento del ciclo estral inducen el crecimiento sincrónico de una onda folicular, aproximadamente 4.3 días después de la inyección de 5 mg de E – 17 beta y que para el tratamiento de E- 17 beta sea efectivo debe administrar un día después de la colocación de los implantes de progestágenos.

El E – 17 beta inyectado solo (sin progestágeno) o administrado en el mismo momento de la inserción del implante de progestágeno (sin esperar uno o dos días) no resulta en una sincronización efectiva de la onda folicular. Por último estos experimentos también indicaron que el E – 17 beta suprime el desarrollo de los folículos a través de la supresión de las gonadotropinas circulantes (FSH y LH) y no por un efecto local en el ovario.

Tabla 3. Intervalo entre tratamiento y el crecimiento de una nueva onda folicular en vaquillonas tratadas con un implante de progestágeno y una inyección de 5 mg de E -17 beta un día después. Los tratamientos estan indicados en relación al día en el cuál se administro el E – 17 beta.

ESTRADIOL 17 BETA				
	DIA 1	DIA 3	DIA 6	DIA 9
n	13	15	9	9
E17B-onda (dias)	4.5+/- 0.2	4.0+/- 0.3	4.6 +/-0.2	4.1 +/- 0.3
(Rango)	(4 a 5)	(3 a 5)	(4 a 5)	(3 a 5)

Figura 5. Diámetros promedio del folículo dominante en vacas tratadas con un implante de progestágenos, seguido de 5 mg de E 17 beta un día después. Los tratamientos fueron realizados en tres estadios de la onda de desarrollo folicular. Día 3: fin de crecimiento. Dia 6: final de la fase de crecimiento o estática temprana. Día 9: fase de regresión del folículo de la primera onda y crecimiento del folículo dominante de la segunda onda. El intervalo entre el E- 17 beta y onda no fue diferente entre los grupos.



El estradiol, se ha utilizado desde hace mucho tiempo para diferentes propósitos reproductivos en el ganado bovino, por ejemplo, como inductor de celos, como metafiláctico en el puerperio de la vaca, en los esquemas actuales de sincronización de la ovulación para la inseminación a tiempo fijo.

En trabajos posteriores se ha tratado de corroborar estos hallazgos, inyectaron 1 mg de benzoato de estradiol en el día 13 del ciclo en vacas Holstein no lactantes y llegaron a la conclusión que efectivamente este tratamiento sincroniza parcialmente el retorno al servicio y que puede ser utilizado en vacas que no conciben a la primera inseminación sincronizada. Para el diagnóstico de la no gestación en la vaca, inyectaron 1 mg de benzoato de estradiol a los 201 días después de la inseminación sincronizada en vacas mestizas Holstein x Cebú y llegaron a la conclusión, que dosis bajas (1 mg) de benzoato de estradiol, no modifica la funcionalidad del cuerpo lúteo, ya que no observaron pérdidas de gestación y que es un método económico y práctico para el diagnóstico precoz de la no gestación y para disminuir los días abiertos en la vaca.

Benzoato de Estradiol. Luego de los trabajos realizados con el E – 17 beta, se diseñó una serie de experimentos para evaluar la eficacia de otro estrógeno que se encuentra disponible en el mercado como el Benzoato de Estradiol (EB), después de la revisión de diferentes trabajos de investigación se concluye claramente que es posible sincronizar el desarrollo de una nueva onda folicular con el uso de Benzoato de Estradiol (EB) además de implantes con progestágenos, los resultados también demostraron que las soluciones inyectables

Oleosas son más efectivas que las cápsulas intravaginales.²³.

4.6. CICLO ESTRAL:

Según lo afirmado por el Dr. Ciro Moraes, El periodo entre dos celos consecutivos se llama ciclo estral y puede ser dividido en dos etapas principales: folicular y luteal. La etapa folicular se inicia después de la luteólisis inducida por la prostaglandina F2 alpha, con la consiguiente caída de los niveles sanguíneos de progesterona (< 1 ng/ml) 12 y 36 horas después del inicio de la luteólisis, ya sea natural o inducida por PGF2a exógeno. El incremento en la frecuencia de pulsaciones de LH estimula el desarrollo del folículo dominante que segrega cantidades crecientes de estradiol induciendo el comportamiento estral.

El celo se caracteriza por el deseo sexual cuando la hembra permite ser montada. La simple observación diaria del comportamiento sexual de las vacas y novillas permite la identificación del celo. La frecuencia (2 a 4 veces diarias) y el tiempo (de 15 a 60 minutos) utilizados en esta observación permiten la precisión para detectar el celo.

En las razas europeas (*Bos Taurus*) el celo dura de 16 a 18 horas, y la ovulación ocurre, entre 28 y 30 horas después del inicio del celo, o sea entre 10 y 12 horas después del final del celo. Por otro lado, en ganado cebú (*Bos indicus*) la receptividad sexual es apenas de 11 horas en promedio, lo cual puede variar de 1.3 a 20 horas, utilizándola técnica de ultrasonido, se ha verificado que el intervalo entre el inicio del celo y la ovulación es de 26.6 +/- 0.44 horas y la duración del celo es de aproximadamente 11 horas en vacas Nelore, con celo natural o inducido con tratamientos hormonales. Estos resultados fueron

²³ BO, Gabriel. Manipulación del desarrollo folicular para sincronización de celos. En : Curso de post-grado en reproducción bovina modulo III. Instituto de reproducción animal. Córdoba: Argentina, 2002. p.79 – 82.

conformados por Misuta (2003) utilizando el sistema Heat – Watch para detectar el celo y ultrasonido para observar la ovulación.

Las crecientes cantidades de estradiol segregadas por los folículos ováricos inducen al celo y, a través de retroalimentación positiva en el hipotálamo / hipófisis, a un pico de LH, el cual induce a la ovulación y a la formación del cuerpo lúteo. La presencia del cuerpo lúteo caracteriza la etapa lútea del ciclo estral. En esta etapa el cuerpo lúteo produce progesterona en cantidades crecientes del 4° al 10° día del ciclo estral, y la secreción se mantiene estable hasta que ocurra la luteólisis entre el 15° y el 20° día ²⁴.

4.6.1 Sincronización de la ovulación A cerca de los diferentes protocolos de sincronización, utilizados en ganado de carne, Moraes describe:

- Protocolo “ovsynch” y semejantes. Al final de la década de los ochenta, cuando el advenimiento del ultrasonido permitió la caracterización del desarrollo folicular bovino, utilizaron un análogo de GnRH para alterar la dinámica folicular, y proporcionaron la base para el desarrollo de un nuevo sistema de sincronización del estro.

Cuando se administra en etapas aleatorias al ciclo estral, el GnRH ocasiona la ovulación del folículo dominante e induce a la emergencia de una nueva onda de crecimiento folicular 2 o 3 días después del tratamiento. Así, 6 o 7 días después, la mayoría de los animales están en una fase de desarrollo folicular semejante en el momento de la aplicación de la PGF2a y por consiguiente, habrá una mejor sincronización del estro.

²⁴ MORAES, Ciro. Inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos de engorde. En: Congreso Internacional de Reproducción Bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 97 - 98.

Al administrar una segunda dosis de GnRH 1 o 2 días después del PGF2a , se sincroniza el momento de la ovulación y los animales, tanto de razas europeas, como el cebú, pueden ser inseminadas con horario predeterminado. El GnRH inyectado 24 o 48 horas después de la PGF2a, concentra las ovulaciones dentro de un periodo de 16 a 24 horas después de la segunda dosis de GnRH. Esta secuencia de tratamientos hormonales en tiempo fijo, empezó a ser conocida como protocolo “ovsynch”. Para simplificar la revisión, en el presente documento adoptaron la sigla GPG en vez de GnRH-PGF-GnRH.

Una manera de disminuir el costo del protocolo de GPG es sustituir la segunda dosis por benzoato de estradiol (BE1,0 mg para vacas y 0.75 mg para novillas; vía IM, protocolo GPE). En este caso, después de la luteólisis inducida por PGF2a, o BE, por medio de la retroalimentación positiva en el eje hipotálamo – hipófisis, induce el pico preovulatorio de LH aproximadamente de 40 a 44 horas después de su administración; o sea, cerca de 10 a 12 horas más tarde de lo que ocurre cuando se utiliza GnRH. Por lo tanto, los animales deben ser inseminados, sin observación de celo 30 a 36 horas después de la aplicación del BE. El protocolo GPE fue eficiente para sincronizar la ovulación de vacas Nelore en celo, lo cual resultó en tasa de preñez de 40 a 45% después de una única inseminación a tiempo fijo. Sin embargo, cuando los protocolos GPG o GPE fueron probados en vacas en anestro, las tasas de preñes fueron mucho más bajas 14,9 % en el grupo GPG (n=67) y 19.1 % en GPE (n=68) . por lo tanto estos tratamientos no fueron efectivos en animales en anestro y deben ser utilizados solamente en vacas que estén ciclando. Además de lo anterior, las tasas de preñez en novillas (entre 21 y 43%) generalmente son menores a las observadas en vacas (41 a 48%) después de la aplicación de estos protocolos.

Existen otras variaciones del protocolo “ovsynch” (GPG) que han sido utilizadas principalmente en ganado lechero. El protocolo denominado pre-synch es el ovsynch precedido por dos aplicaciones de PGF2a (realizados con un intervalo de 11 a 14 días), con el objetivo de iniciar el tratamiento GPG durante una fase de crecimiento folicular que responda más al pico de LH, inducido por la primera aplicación de GnRH. Aunque presente resultados poco mejores que aquellos observados después del protocolo GPG, el pre-synch es efectivo solamente cuando se aplica en animales en celo.

La remoción temporal de los terneros (RTB) realizada antes de la primera aplicación de GnRH y/o después de administrar PGF2a, induce al aumento de la pulsabilidad de LH, y puede mejorarla después de vacas en celo al tratamiento GPG o GPE²⁵.

- En relación a la Progesterona, Progestágenos asociados a estrógenos Moraes también describe que la acción de la progesterona en la sincronización del ciclo estral en bovinos ha sido relatada hace décadas. Los animales recibían dosis diarias de progesterona por periodos hasta de veinte días. Estos tratamientos resultaban en altas tasas de sincronización del estro, pero presentaban baja fertilidad, además de ser poco prácticos. Con el tiempo se desarrollaron métodos más prácticos para la administración de progesterona. Existen otros productos que se implantan en las orejas vía subcutánea, con el fin de mantener los niveles sanguíneos elevados de progestágeno (norgestomet), y de esta manera disminuir la liberación endógena de la hormona luteinizante, simulando la fase lútea del ciclo estral. La regresión del cuerpo lúteo se administra por la aplicación de valerato de estradiol al inicio del tratamiento o por la administración de PGF2a en el momento de la remoción del implante. Se ha demostrado que la utilización de

²⁵ Ibid., p. 98 – 99.

implantes con Norgestomet, induce el estro en más del 90% de los animales, sin embargo, las tasas de concepción varían de 33 a 68 %²⁶.

Bó y sus colaboradores demostraron en una serie de artículos, que la asociación de estrógenos y dispositivos que liberan progesterona, promueve atresia del folículo dominante e induce la emergencia de una nueva onda de crecimiento folicular aproximadamente 4 días después de la aplicación de estos esteroides. Esta posibilidad de sincronizar la onda de crecimiento folicular utilizando simultáneamente progesterona y estrógenos, permitió el desarrollo de varios protocolos hormonales, especialmente útiles para realizar la IATF en animales que se encuentren en celo y, que por consiguiente no responden bien al protocolo “ovsynch” y semejantes²⁷.

Posteriormente, Moraes describe que el uso de dispositivos intravaginales liberadores de progesterona P4 asociados a la administración de BE es uno de los tratamientos más utilizados para la IATF en bovinos. El tratamiento más común consiste en administrar benzoato de estradiol (BE; 2,0 mg, vía IM) en el momento de la inserción del dispositivo, día 0, aplicación de PGF2a cuando se remueve el dispositivo día 8 y 1,0 mg de BE vía IM 24 horas más tarde. Por consiguiente, en este protocolo se utilizan las siguientes hormonas: progesterona – estrógeno – prostaglandina – estrógeno (protocolo PEPE) figura 6.

El protocolo PEPE sufrió modificaciones en la tentativa de mejorar aún más el crecimiento folicular y la sincronización de la ovulación. Trabajos recientes sugieren que el protocolo PEPE, inmediatamente después de la aplicación de prostaglandina F2 alpha, la administración de eCG (400

²⁶ Ibid., p. 99.

²⁷ Bó, . Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle, citado por Moraes ,
Ciro. Inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos de engorde. En: Congreso internacional de
reproducción bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 99.

UI, vía im, protocolo PEPE/eCG) tiende a aumentar la tasa de preñez de vacas en anestro pos-parto.

Figura 6. Asociaciones de progesterona (p4) y benzoato de estradiol (BE) para IATF (protocolo PEPE)



Se puede utilizar un recurso interesante en las vacas que estén en periodo post-parto, esto es, la remoción de los terneros (RTB 0 54 horas), realizada entre la aplicación de PGF2a y IATF (protocolo RTB/PEPE). Se probó en un experimento realizado en dos haciendas para ver si la RTB sería capaz de mejorar el protocolo PEPE. En la primera hacienda la, la RTB (grupo RTB/PEPE). No mejoró las tasas de preñez cuando comparada con el grupo PEPE (45/84;53.6% vs 44/87; 50.6%), mientras que en la segunda hacienda la RTB aumentó considerablemente la tasa de preñez (48/71, 67.6% VS 35/77, 45.6 %, P<0.05). pero al comparar simultáneamente los protocolos PEPE, PEPE/eCG, PEPE/RTB y PEPE/eCG/RTB, se obtuvieron las siguientes tasas de preñez: 50.6% (43/85), 46.6 (41/88), 42.9 % (42/98) e 43.3% (39/90), respectivamente en vacas Nelore con 45 hasta 60 días post-parto, con estado corporal de 2,5 a 3,0 en una escala de 0 a 5. o sea, tanto la administración de eCG como de RTB no mejoran las tasas de preñes obtenidas con el protocolo PEPE cuando se utilizan vacas Nelore con estado corporal por encima de 2.5. por otro lado se debe

Considerar que la asociación de ECG al protocolo PEPE (PEPE/eCG) ha demostrado ser ventajosa en animales con una condición corporal comprometida²⁸.

Con relación a la asociación de la RTB con el protocolo GPE/Ecg. Moraes comenta que:

Uno de los mayores obstáculos al utilizar el protocolo GPE en bovinos de engorde es su ineficiencia en animales que están en anestro. Se cree que después del parto las vacas necesitan un primer contacto con la progesterona (“priming”) para que se desarrolle un cuerpo lúteo con vida funcional normal. Es así como:

- En la primera ovulación post-parto (sin el priming de progesterona), generalmente se forma un cuerpo lúteo con vida corta, debido a la liberación prematura de PGF2a por el endometrio uterino. Recientemente se ha indicado que la corta vida del CL post-parto esta relacionada al hecho que el folículo dominante no se desarrolla lo suficiente para producir elevadas concentraciones de estradiol, que serían responsables por la disminución de los receptores del mismo estradiol en el endometrio. Si hubiera disponibilidad de receptores en el endometrio uterino, la interacción del estradiol con los mismos desencadenará eventos que resultaran en una síntesis de PGF2a en el endometrio uterino y una caída gradual y prematura del cuerpo lúteo.

Teniendo en cuenta la hipótesis indicada, el protocolo GPE se modificó con el objeto de inducir, en vacas de engorde con 40 a 70 días post-parto, la formación de un folículo dominante capaz de producir cantidades suficientes de estradiol, para promover una “down regulation” de los receptores para el estradiol, para evitar la así la liberación prematura de PGF2a. En este nuevo protocolo (RTB/GPE/ y

²⁸ MORAES , Op. cit., p. 100.

ECG) el tratamiento GPE esta precedido por la RTB durante 48 horas, para disminuir el efecto inhibitorio de la lactancia y la presencia del ternero en la liberación de las gonadotropinas. A demás, de esto, se hace la aplicación de eCG inmediatamente después de la administración de PGF2a, para acelerar el crecimiento y maduración folicular. 24 horas más tarde se aplica BE para inducir el pico ovulatorio de LH y ovulación. Es de esperarse que el BE tenga un efecto aditivo con el estradiol endógeno, producido por el folículo dominante, para disminuir los receptores endométricos de estradiol y, por consiguiente evitar la disminución prematura del cuerpo lúteo. En el protocolo RTB/GPE/eCG, aún cuando la administración de GnRH no promueva la ovulación y la formación de CL (“priming” de progesterona), de acuerdo con la teoría propuesta, los niveles de estradiol provocados por este tratamiento, deberán ser suficientes para evitar la disminución prematura del CL y mantener la gestación resultante de la IATF. Los resultados preeliminares indican que la remoción temporal del ternero puede ser benéfica al protocolo GPE/eCG. Se indicó que aquellas vacas (40-70 días post-parto) a las cuales se les retiro el ternero 48 horas antes del tratamiento GPE/eCG, presentaron un aumento en la tasa de preñez, al compararlas con el grupo GPE/eCG sin RTB (34/66; 51.2% vs 21/74; 28.4%, respectivamente, $p < 0.05$), tanto en animales ciclando como en anestro, la ciclicidad de los animales se determinó por la presencia de CL, antes del inicio de los tratamientos. Si los resultados se confirman, el protocolo RTB/GPE/eCG puede ser una buena opción para vacas en anestro post-parto. Como conclusión se afirma que Existen varios protocolos hormonales que posibilitan la utilización de la IATF en bovinos de engorde, algunos necesitan que los animales estén ciclando para que sean efectivos (ovsynch) y semejantes) y otros han presentado tasas de preñez aceptables, aún en vacas en anestro post-parto (PEPE asociado o no al eCG o RTB). La

escogencia del tratamiento más apropiado dependerá de la relación costo beneficio para cada situación relacionada al manejo de la hacienda y de la condición reproductiva de los animales, a medida que el conocimiento sobre la fisio-farmacología de la reproducción de los bovinos avance, se desarrollarán nuevos tratamientos para aumentar la eficiencia y facilitar, cada vez más, la utilización de biotécnicas como la IA y la transferencia de embriones²⁹.

4.7. IMPORTANCIA DE LOS MINERALES EN LOS ANIMALES DOMÉSTICOS

Como es conocido, la administración de elementos mayores y menores en la dieta de los animales es de suma importancia para su mantenimiento, las carencias de éstos minerales llevan a la presentación de diferentes patologías de tipo metabólico, productivo y reproductivo en los animales.

Como lo sugiere Cedeño³⁰, las deficiencias o excesos de minerales, en suelos y forrajes son responsables de la baja en la producción y de los problemas reproductivos en animales de pastoreo. Entre las fuentes de minerales están los forrajes, el suelo y el agua. Los forrajes del trópico no alcanzan a suplir las necesidades minerales del animal y por eso se recomienda suplir con sales mineralizadas. El agua es la principal fuente de minerales; no obstante, se encuentra que los niveles de minerales varían según el manejo del recurso hídrico dado por el hombre, drenajes pobres, reservorios inadecuados y contaminación, entre otros; éstos de manera indirecta afectan la estructura química del suelo, en el cual también incide el clima. Otros factores que se suman y favorecen la presencia de enfermedades carenciales afectando la concentración de minerales

²⁹ Ibid., p. 101 – 103.

³⁰ CEDEÑO, Darío. Enfermedades carenciales. En : Sanidad animal. Diseños y recursos gráficos 2000. Colombia. 1996. p.85-88.

en las plantas y la absorción en el animal son la interacción del suelo con la planta, su estado de madurez, el rendimiento, manejo y rotación de las praderas, el clima, el estado sanitario y metabólico del animal y su genética.

Los minerales son elementos esenciales para los animales, pues su peso corporal esta constituido por un 5% de ellos. Se han identificado quince minerales esenciales, siete macrominerales como: Calcio (Ca), Fósforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg) y Azufre (S) y ocho microminerales los cuales como Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Selenio (Se) y Zinc (Zn).

4.7.1. Cinética Mineral

Según Carrillo:

Las sales inorgánicas proceden de la reacción entre un ácido y una base formándose una sal por la unión de los dos iones mediante un enlace iónico. Este es un enlace débil y por eso en el tracto digestivo se disocia la sal en los dos iones. Son ejemplo de ellos: selenito de sodio, oxido de zinc, fosfato bicalcico, oxido de magnesio, fosfato monosodico, dihidroyoduro de potasio, etc.

Las sales orgánicas están formadas por la unión de un compuesto orgánico (proteína, aminoácido, hidrato de carbono, etc.) mediante un enlace covalente que es un enlace fuerte y estable, formando además un complejo eléctricamente neutro, que evita que la sal se disocie. Son ejemplo de ellas: selenometionina, selenosisteina, metioninato de zinc, lactiobinato de calcio, etc. Las sales inorgánicas, en la primera parte del intestino, ya ionizadas, pueden ser absorbidas. Los minerales son adaptados por unas proteínas transportadoras de bajo peso molecular, existentes en los entericitos intestinales, van pasando seguidamente a

otros carriers cada vez de menor peso molecular hasta llegar al torrente sanguíneo, desde donde serán distribuidos a los distintos tejidos.

Los problemas que presentan la absorción de estas sales inorgánicas son dos:

1. La sal debe estar dissociada en iones para poder ser absorbida, pero los iones libres pueden interaccionar con otros minerales de la dieta u otras sustancias antinutricionales formando complejos muy estables e insolubles que no son absorbidos (fosfatos, oxalatos, fitatos, etc.)

los minerales traza como el selenio, yodo, zinc, cobre, involucrados en muchos procesos de la inmunidad y en el proceso reproductivo son los mayormente afectados.

2. Los iones deben unirse a las proteínas transportadoras, pero como un mismo carrier es utilizado para la absorción de distintos minerales, se puede producir una competencia entre distintos minerales (interacciones minerales), afectando la biodisponibilidad.

Los proteínatos o quelatos de minerales siendo los mas usados los metioninato, se han venido utilizando en nutricion mineral para mejorar la biodisponibilidad de los minerales traza. Aparte de que son indegradables en su paso por el rumen, tienen un punto especifico de absorción, debido al aminoácido que utilizan para atravesar la pared intestinal, e incluso, en algunos casos , un aminoacido puede utilizar puntos de absorción de otro aminoácidos, impidiéndose posibles saturaciones siendo la metionina el aminoácido mas flexible en este sentido. Esta especial naturaleza de los metioninatos hace que:

- No den lugar a la formación de compuestos insolubles en el intestino al no disociarse.

- No necesiten proteína transportadora (carrier) para su absorción por lo que la dejan libre para la posible absorción, de otros minerales (no hay interacción mineral).

No todos los ganaderos productores tienen acceso a este tipo de tecnología y se ven obligados a suministrar estos minerales vía parenteral cuando los animales exteriorizan síntomas propios de la deficiencia de estos minerales³¹.

4.7.2. Fisiología y Metabolismo de los Minerales. Para Carrillo, los minerales juegan un papel importante en el manejo reproductivo del ganado bovino y los describe de la siguiente manera:

- **Selenio.** El azufre y el selenio están íntimamente relacionados; la analogía química entre los dos elementos es de gran importancia desde el punto de vista biológico ya que el selenio puede reemplazar a azufre y a los aminoácidos, glucosidos, glutatiónina, tiamina y otros compuestos a los que da carácter tóxico.

El selenio está ampliamente distribuido en todo el ámbito terrestre pero su concentración y biodisponibilidad en el suelo es variable. Los suelos formados de roca sedimentarias y cenizas volcánicas tienen una concentración suficiente para prevenir deficiencias, también puede causar problemas de toxicidad en animales en pastoreo; contrariamente, los suelos formados por rocas ígneas o con pH alcalino presentan deficiencia.

Así algunas zonas en el mundo tienen suelos deficientes en selenio; en Colombia se han reportado zonas seleníferas situadas a lo largo de la cordillera oriental, sin embargo no existen trabajos que determinen su biodisponibilidad y su correlación entre la concentración del mineral en

³¹CARRILLO, Op. cit., p. 5.

el forraje y la concentración sanguínea y esta última frente a la concentración de la enzima *glutathione peroxidase*.

En el forraje también hay concentraciones que interfieren con la concentración de selenio. La fertilización y la irrigación excesiva, causa un efecto de dilución en la planta, disminuyendo la concentración del mineral; también hay variaciones según la especie forrajera hay menor concentración en leguminosas que en las gramíneas, además algunas especies (Acacia cana, Artemisa canescens, Aster sp., Astragalus, Atriplex y Castilleja) son selectivas para selenio y poseen mayor capacidad para concentrarlo en la hoja; igualmente una mayor cantidad de hoja con respecto al tallo aumentaría el contenido de Selenio en la planta. El contenido de selenio en el suelo y su incorporación a la planta determinarán que cantidad de mineral recibe el animal mantenido en pastoreo, así una baja concentración en el forraje conducirá a la aparición de signos compatibles con la deficiencia de selenio.

En cuanto a su metabolismo, no ha sido comprobada su absorción en el rumen, lo que indica que una de las fuentes de selenio del forraje, como la selenometionina, se libera en el rumen y no puede absorberse en dicho órgano en una cantidad apreciable.

En el abomaso la absorción es limitada, de allí pasa a la primera porción de intestino delgado, para absorberse principalmente en el yeyuno. El mecanismo de absorción del selenio es similar al observado tanto en animales poligástricos como monogástricos.

La biodisponibilidad del selenio en el intestino, es decir, lo que el animal puede aprovechar después del consumo, ha sido objeto de varios estudios que han arrojado resultados diferentes. La absorción de este elemento en poligástricos alcanzaría el 35%, en vacas holstein secas se encontró una absorción de un 37.5% y una absorción en vacas lactantes, que puede variar entre el 10% y el 16%.

Se acepta que la absorción de selenio en bovinos es baja, alcanzando valores inferiores a un 20% del total consumido en la dieta.

En un estado deficitario de selenio, se aumenta su absorción y el exceso de minerales en dieta, es excretado por heces y orina.

La absorción intestinal en cerdos y equinos es de un 80% del selenio consumido. En aves es alta cuando se suministra en alimento en forma de selenio orgánico.

Después de la absorción intestinal o administración parenteral, el selenio es llevado al hígado y vertido nuevamente a la circulación sanguínea, se distribuye en los diferentes órganos del cuerpo y se almacena principalmente en los tejidos que contienen proteínas.

Posterior al proceso de absorción y distribución a los tejidos, el selenio es incorporado en la estructura de la enzima antioxidante *glutathione peroxidase GSH-Px*.

La excreción de selenio es realizada por diferentes vías en el cuerpo, en los bovinos la vía fecal es la más importante seguida de la vía urinaria, biliar, salival y pulmonar; así mismo una vía para tener en cuenta es la excreción en la leche. La cantidad de selenio que puede excretarse vía fecal es hasta un 83% del total consumido, mientras que por la orina se puede eliminar hasta un 14%. También se menciona que aproximadamente un 1% es excretado en la respiración.

Es posible señalar que hay factores que influyen en el metabolismo del selenio en bovinos, algunos minerales en la ración producen interacciones vía oral y se mencionan el arsénico, azufre, cadmio, cobalto, cobre, estaño, hierro, mercurio, plata, plomo, telurio, y zinc.

El vehículo utilizado para administrar el selenio es otro factor que interfiere el metabolismo del selenio, el medio ruminal, que puede producir algún efecto sobre la utilización del selenio, en especial cuando

la dieta es alta en carbohidratos no estructurales (poca fibra), el mineral es reducido a formas no absorbibles.

Estos resultados permiten señalar que el metabolismo del selenio en los bovinos se caracteriza por presentar una baja absorción y una alta tasa de excreción, lo que a su vez depende en otros factores, de la forma química de presentación del mineral en la dieta. Se ha encontrado que las presentaciones inorgánicas (como el selenito de sodio) son incorporadas con mayor facilidad al sistema enzimático citoprotector que requiere de selenio frente a las formas orgánicas, aunque estas ultimas son de mayor absorción vía oral. No solo son factores relacionados con el medio interno del animal los que pueden modificar el metabolismo interno del selenio, se debe tener en cuenta la interacción con otros minerales, la que puede ser sinérgica o antagónica y la composición de la dieta que recibe la vaca. El selenio del que se va a utilizar se encuentra en una forma inorgánica que le permite fácilmente ser incorporado a la enzima citoprotectora por su aplicación parenteral. La mayor actividad de la enzima antioxidante selenodependiente, se observo en un grupo de terneras lactantes, mientras que en vaquillas fue menor.

La concentración adecuada de selenio en los primeros días de vida refleja la transferencia materna en gestación y que es almacenado en el hígado fetal, necesario para una actividad enzimatica alta en las primeras semanas de vida³².

Carrillo además menciona que:

³²CARRILLO, Op. cit., p. 6-8.

- **El selenio y radicales libres.** En el organismo se generan normalmente metabolitos oxigenados reactivos (MOR) o radicales libres de oxígeno. Durante el estrés oxidativo (en respiración, inflamación, parto, etc.) la hiperproducción de MOR supera la capacidad defensiva del organismo, causando daños en las células del cuerpo, llegando a estar involucrados en enfermedades como: miodegeneración nutricional, edema de la ubre, mastitis e infertilidad, causada por diversas alteraciones en el tracto reproductivo, fiebre de leche, retención placentaria, inmunosupresión. En humanos son considerados como causa del cáncer.

Los radicales libres más importantes son: Anión superóxido (SO_2^-), Peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radical hidroxilo ($-\text{OH}$) y Oxígeno atómico, que oxidan las membranas celulares, el DNA, proteínas celulares y enzimas.

También activan proenzimas intracelulares o caspasas, que aceleran el proceso de muerte celular programada o apoptosis.

La enzima selenodependiente *glutathion peroxidasa (GSH-Px)* que hace parte del sistema de defensa enzimática, reduce algunos radicales libres de oxígeno más perjudiciales para el organismo. Así, esta enzima es la primera responsable de la protección de las membranas de las células, que deben funcionar en presencia del oxígeno; además, posiblemente interviene en las reacciones, que permiten la formación de prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclina y tromboxanos, a partir del ácido araquidónico por la vía de la lipooxigenasa (COX). También esta relacionada con el adecuado funcionamiento del sistema inmunológico y con la integridad funcional del tracto reproductivo, tanto en machos como en hembras.

La deficiencia de selenio, deja el organismo expuesto a varias de las enfermedades que mayor costo tienen en la producción de leche, contando entre otras; la retención de placenta, retraso en la involución uterina y la mastitis.

- **Selenoproteínas y glutatión peroxidasa (gsh-px).** *La glutatión peroxidasa (GSH-Px), es una de las selenoproteínas, enzima de 80.000 Daltons, con 4 sub-unidades que contienen 4 átomos- gramo de selenio por mol. Esta enzima cataliza la conversión del peróxido de hidrógeno a agua y peróxidos lipídicos en alcohol. Estos peróxidos son agentes que causan estrés oxidativo.*

El selenio como parte esencial de la GSH- Px se reconoce generalmente por su función antioxidante. Hay, sin embargo diferentes formas de esta enzima, las cuales funcionan en diferentes sitios (citoplasmática, plasmática, hidropéroxido fosfolípido, intestinal y pulmonar), cada una quizás con especificidad al sistema oxidante necesitado por este tejido.

La primera selenoproteína funcional en ser caracterizada en mamíferos fue GSH-Px citoplasmática, la pérdida de la actividad de la c GSH- Px permitirá la producción incrementada de especies de oxígeno reactivo, con el daño subsecuente a ácidos grasos insaturados en membranas y proteínas esenciales en toda la célula. El hidropéroxido fosfolípido PHG-Px (variante de la GSH-Px) está envuelto con actividad antioxidante dentro del citoplasma celular. La distribución de los tipos de GSH-Px difiere por tejido y por especie, consecuentemente los síntomas clínicos de deficiencia de las especies animales podría reflejar diferentes distribuciones de los sistemas antioxidantes GSH-Px en estas especies.

La vitamina E no necesariamente debe administrarse con selenio. Su acción, es sobre la membrana celular, su función es prevenir la

formación de peróxidos grasos por secuestro de radicales libres antes de que ellos inicien la peroxidación grasa.

Las selenoproteínas, iodotironina, deiodinasas tipo I, II y III (ID I, II, III) regulan las conversiones de tiroxina (T₄) a 3,5 triyodotironina (T₃), la hormona tiroidea activa a la hormona triyodotironina reversible (rT₃), que es la hormona tiroidea inactiva.

La iodotironina deiodinasa tipo I (ID I), se encuentra en el hígado, riñón, cerebro, pituitaria y tejido adiposo café en rumiantes. La iodotironina deiodinasa tipo II (ID II), se encuentra en cerebro y pituitaria de rumiantes y tejido adiposo café en humanos. La ID II cataliza la conversión de T₄ a T₃. La iodotironina deiodinasa tipo III (ID III) convierte de T₄ a T₃ y T₃ a diyodotironina (DIT) esta última se encuentra en el cerebro, piel y placenta y su función es desactivar las hormonas tiroideas.

Un efecto característico de la deficiencia de selenio sobre las hormonas tiroideas plasmáticas es la de causar descensos en la actividad de ID I y produciendo un incremento marcado (superior al doble) de la concentración de T₄ y un descenso más pequeño en la concentración de T₃. Sin embargo, en deficiencias de selenio prolongadas, las concentraciones de la hormona tiroidea plasmática pueden retornar a niveles normales a pesar del gran descenso de la actividad de la ID I en el hígado y riñón. Lo anterior confirma la actividad complementaria del selenio y yodo cuando son administrados conjuntamente a los animales.

Otras selenoproteínas que se han identificado son la selenoproteína p, selenoproteína w, tioredoxina reductasa, proteínas selenoligadas (58,56 y 14 kDa), selenoproteína de la cápsula espermática y una selenoproteína en células epiteliales glandulares de la próstata en ratones.

La función de la selenoproteína p permanece incierta aunque se pensó originalmente que tenía una función de transporte distribuyendo el selenio a los diferentes órganos por la circulación. La selenoproteína w se manifiesta en músculo esquelético con una sub-unidad molecular con peso de 9.5 kda. La función de la selenoproteína w no se ha identificado, se postula que tiene propiedades antioxidantes.

La pérdida de esta selenoproteína se asocia con la enfermedad del músculo blanco en ovejas, combinadas las deficiencias del selenio y vitamina E.

La tioredoxin reductasa fue purificada en un grupo de células cancerígenas del pulmón humano, contiene selenio como una selenocisteína en el penúltimo aminoácido de terminación de la proteína.

Una selenoproteína en la cápsula espermática ha sido identificada la cual es consistente con el papel del selenio en el mantenimiento de la fertilidad normal.

La selenoproteína es el mayor componente de cápsula espermática y se ha postulado que tiene una unión estructural. Poco se conoce sobre las funciones del selenio en las proteínas ligadas, 14, 56 y 58 kda³³.

En cuanto al papel del selenio en la infertilidad Carrillo menciona que:

Aun cuando en humanos la deficiencia de selenio es rara ya que el mineral se encuentra en alimentos comunes como pescado, hígado, carnes rojas y granos naturales, en ratones se asocia a infertilidad,

³³ CARRILLO, Op. cit., p. 8-9.

disminución de la motilidad de los espermatozoides, alteraciones estructurales de su posición media y pérdida del flagelo.

En las espermátides, el selenio está presente en forma de selenoproteína una de las cuales, la PHG-Px (de la sigla del inglés phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase) que es una variante de la GSH-Px, que juega un papel importante como antioxidante en los testículos postpuberales. Sin embargo en el espermatozoide maduro, PHG-Px se encuentra de manera exclusiva en la cápsula mitocondrial de la porción media de la célula y su función es desconocida.

En la última edición de Science, investigadores de la universidad de Padova en Italia y Technical University of Braunschweig, en Alemania publican los resultados de un estudio en ratones según los cuales PHG-Px cambia sus características físicas y sus funciones biológicas durante la maduración del espermatozoide de una peroxidasa soluble en espermátides y una enzima inactiva pero que se polimeriza para formar una malla proteínica que brinda estabilidad estructural a la porción media mitocondrial en los espermatozoides maduros. Tal parece que esta variación se alcanza al incorporar a su estructura puentes disulfuro, derivados de la exposición de la célula a hidroperóxidos en presencia de bajas concentraciones de glutatión, tal como ocurre en los estadios avanzados de la espermatogénesis. Además, la proteína constituye el 50% del material de la cápsula mitocondrial.

Algunos autores afirman que los espermatozoides maduros dependen de PHG-Px como proteína estructural puesto que las alteraciones de la morfología de la función media de las células, que se observan en la deficiencia del selenio, probablemente resulta de una síntesis alterada de la selenoproteína. Por lo tanto, concluye que no es su capacidad

antioxidante sino la habilidad para formar un elemento estructural lo que es fundamental para la fertilidad.

En el comentario que acompaña el artículo los Doctores, Raymond Burk, de Vanderbilt University y Thresa Stadtman de National Heart, Lung and Blood Institute, en Estados Unidos, afirman que el hallazgo constituye una nueva función para una selenoproteína, por lo que abre la puerta a una mejor comprensión de los mecanismos responsables del desarrollo normal del espermatozoide, tanto en animales como en humanos³⁴.

- **Yodo.** Como lo sugiere Carrillo:

el yodo sensibiliza el ovario a la acción de las gonadoestimulinas (FSH – LH) y estimula la acción reproductora. La absorción es llevada a cabo en el sistema digestivo, pulmones y piel. La excreción se cumple en la orina, heces, sudor y leche. Se almacena en un 70 a 80 % en la tiroides. Sus fuentes principales son la sal iodizada estabilizada con yoduro de calcio, dihidro yoduro de potasio y yodato de calcio. La cantidad de yodo incorporado dentro de las hormonas tiroideas es de cerca de 0.4 mg/día en terneras de 40 kg y se incrementa a 1.3 mg de yodo/día en novillas no preñadas con peso de 400 kg. En vacas gestantes avanzadas, dentro de la hormona tiroidea hay cerca de 1.5 mg de yodo. Durante la lactancia la producción de hormona tiroidea aumenta, especialmente en vacas de alta producción y la incorporación de yodo dentro de las hormonas tiroideas puede estar cerca de 4 a 4.5 mg yodo/día.

³⁴ CARRILLO, Op. cit., p. 9-10.

La producción de hormona tiroidea también es incrementada durante el tiempo frío para estimular una elevación en la tasa del metabolismo basal como intento del animal para mantener calor. El yodo es captado por acción de la hormona tiroestimulante (TSH), en las células de los folículos tiroideos, en donde es oxidado por una enzima conocida como peroxidasa tiroidea (TPO), la misma enzima lleva a cabo un proceso de incorporación del yodo a tironinas, moléculas que hacen parte de la tiroglobulina, proteína sintetizada dentro de las células foliculares, formando monoyodotironinas (MIT) y diyodotironinas (DIT), las cuales se acoplan para dar lugar a triyodotironina (T3) y la tetrayodotironina o tiroxina (T4), mediante una peptidasa, las moléculas de T3 y T4, son escindidas de la estructura de tiroglobulina y secretadas al torrente sanguíneo. En condiciones normales, la tiroides secreta más del 90 % de la hormona en forma de T4, aunque la forma con mayor actividad biológica es T3. Por esta razón, los tejidos periféricos poseen una enzima con actividad de 5 deiodinasa, que convierte la T4 en T3. Esta última se une a receptores específicos, para formar un complejo activo que es traslocado al núcleo donde estimula la expresión diferenciada de ciertos genes que codifican para proteínas involucradas en la respuesta biológica a la acción hormonal. La T3 posee 3 a 4 veces la potencia de la tiroxina y circula con la sangre en bajas concentraciones.

En el plasma, el 90 % de las hormonas tiroideas circulan unidas a proteínas de transporte, en particular a una globulina transportadora de tiroxina (TBG), prealbúmina y albúmina. Tales hormonas tiroideas suprimen la secreción hipofisiaria de TSH, formando un circuito de retroalimentación negativa.

En condiciones de estrés intenso o enfermedad crónica la T4 es deiodinada en posición 5, lo cual se traduce con elevación de las

concentraciones plasmáticas de T3 inversa (o T3r que carece de actividad Biológica). Como resultado de ello, desciende la concentración de triyodotironina sin que exista hipotiroidismo.

Se considera que el termino hipotiroidismo comprende el conjunto de anomalías metabólicas y clínicas que resultan de una acción deficiente de la hormona tiroidea. Tal déficit puede deberse a la reducción marcada de las concentraciones séricas de T3 y T4 o a la resistencia tisular a su acción, si bien este ultimo fenómeno es bastante inusual.

El hipotiroidismo secundario o falla tiroidea primaria cursa con concentraciones bajas de T4 total y libre, junto con elevación de los valores de TSH en suero. Por su parte las concentraciones de T3 suelen estar dentro del rango considerado normal, excepto en aquellos animales con un grado avanzado de deficiencia tiroidea o con enfermedades.

Tabla 4. Necesidades mínimas de yodo de los animales domésticos.

ANIMAL	PESO (Kg)	PRODUCCIÓN DE CALOR (Kcal)	NECESIDADES YODO (mcg/día)
Aves	2.3	225	5 – 9
Ovinos	50	2500	50 – 100
Porcinos	68	4000	80 – 160
Bovinos lecheros	454	20000	400 – 800

Cuando la concentración de T4 libre es normal pero existen concentraciones elevadas de TSH, se habla de hipotiroidismo subclínico

y tales animales pueden presentar en mayor o menor grado, síntomas atribuibles a deficiencia de la hormona tiroidea³⁵.

Sobre las hormonas tiroideas en la reproducción Carrillo presenta:

Los niveles séricos de hormonas tiroideas se han detectado en Colombia entre: 58.1 – 87.1 nmol/L de T4 y 1.54 – 2.31 nmol/L de T3 . Se ha determinado que los niveles de T3 y T4 varían en diferentes momentos del ciclo estral.

Estos hallazgos confirman la relación de la T3 y la T4 en la secreción de hormonas hipofisarias gonadotrópicas, la secreción de progesterona y la ovulación son moduladoras del metabolismo y este incluye la actividad cíclica sexual.

Se ha encontrado que las vacas cebú no muestran diferencias significativas en niveles de hormonas tiroideas en los tres trimestres de gestación, determinando los mayores niveles séricos al final de la gestación (82.7 nmol/L de T4 y 4.6 nmol/L de T3).

El yodo puede mejorar tasa de concepción al favorecer la involución uterina, disminuye tiempo entre parto concepción, reduce días abiertos, reduce el número de pajillas por concepción, mejora el porcentaje de fertilidad. El yodo actúa directamente sobre el aparato genital, debido a su acción sobre el metabolismo general o indirectamente por intermedio de la hipófisis. La tiroxina aumenta el 20 % de producción láctea por una estimulación general del metabolismo.

³⁵CARRILLO, Op. Cit., p. 18-20.

En hembras la deficiencia de yodo puede ocasionar infertilidad o esterilidad provocadas por celo irregular o suprimido. El celo irregular, el anestro y el descenso en el rendimiento lechero son característicos de la deficiencia de yodo en el ganado³⁶.

- **Zinc.** Carrillo³⁷, menciona que el zinc de la dieta se absorbe en el rumen e intestino delgado. Se almacena en todo el cuerpo, mayormente en el hígado, páncreas y riñón. Se excreta por las heces y la orina. Sus fuentes son el carbonato, cloruro, sulfato y óxido de zinc. Una ración rica en fósforo fítico o rica en calcio aumenta las necesidades de zinc. El zinc estimula la maduración folicular y mejora las tasas de concepción. Niveles bajos de zinc en el suelo, plantas y tejidos animales han sido reportados en la mayoría de países latinoamericanos. La utilización de aminoácidos en la síntesis de proteínas es incompleta en la deficiencia de zinc. El hígado es el principal órgano del metabolismo en donde intervienen varias Zn-metaloenzimas que contienen Zn como: anhidrasa carbónica, Alcohol deshidrogenasa, fosfatasa alcalina, carboxipeptidasa, polimerasa de RNA y DNA, timidina, quinasa y otras involucradas en el crecimiento celular.

El zinc hace parte de las metaloenzimas que son más o menos unas 200, entre las que se encuentran la transcriptasa inversa y las polimerasas de ADN y ARN. Está presente en proteínas guías involucradas en la expresión de genes a las que este metal les confiere características estructurales especiales y capacidad de interacción con ácidos nucleicos y otras proteínas durante el proceso reproductivo. Los requerimientos de zinc en la dieta en base seca para bovinos han sido establecidos entre 30 – 40 ppm, las tablas del Consejo Nacional de Investigación

³⁶ CARRILLO, Op. Cit., p. 22- 27.

³⁷ CARRILLO, Op. Cit., p. 30- 32.

de los estados unidos en la edición del 2001, amplió el máximo tolerable en la dieta hasta 500 ppm de zinc.

La deficiencia e Zinc tiene efecto sobre el metabolismo de la vitamina A. se reduce la síntesis de la proteína que se enlaza con el retinol, la cual es portadora de la vitamina A en la sangre, por lo que se origina una movilización defectuosa de la vitamina A desde el hígado. Se ha reportado que el zinc se necesita para la movilización de vitamina A del hígado y que la deficiencia de esta puede observarse en animales en pastoreo resultado de un bajo nivel de este micromineral en el animal (deficiencia en el suelo). La deficiencia de zinc reduce los niveles séricos y hepáticos de vitamina A. Investigaciones en Australia en áreas tropicales mencionan que el 12 % de la mortalidad de bovinos es debida en parte a la lenta liberación de vitamina A del hígado que esta relacionada con altos niveles de calcio y bajos niveles de zinc vistos en los forrajes.

La carencia puede producir trastornos de la fertilidad debido al papel que juega el zinc en el metabolismo de proteínas, lípidos, DNA, vitamina A.

Los primeros efectos de la deficiencia de zinc incluyen:

- Reducción del consumo de alimentos, en la eficiencia de conversión alimenticia, del crecimiento y desordenes en la piel.

Los signos más severos:

- Secamiento, escamosidad y agrietamiento de la piel en la cabeza, cuello, parte ventral, escroto y piernas; aspereza y perdida del pelo.

El retardo en el crecimiento se puede deber a la alteración del apetito, es decir a una reducción del consumo y mal aprovechamiento del alimento.

En estudios de deficiencia de zinc, descubrieron en ratas conductos seminíferos atrofiados, en terneros, cabritos y corderos, se presentó hipogonadismo. En hembras puede afectar todas las fases del proceso reproductivo desde celo, parto y lactancia. En machos puede afectar la espermatogénesis, el crecimiento testicular, y el desarrollo de órganos sexuales primarios y secundarios. La absorción de zinc en animales se ven afectadas por los fitatos, la fibra y el calcio, afectándose también la movilización de vitamina A almacenada en el hígado. El zinc desempeña un papel fundamental en la reparación de tejidos y metabolismo, por lo que todos los sistemas corporales en su deficiencia, se afectan, especialmente el crecimiento, la reproducción y la utilización de vitamina A.

- **Fósforo.** Para Carrillo:

las fuentes de fósforo usadas en sales mineralizadas son: el fosfato Monosódico, fosfato Diamónico, Fosfato Dicalcico, Fosfato Defluorinado, Harina de Hueso, entre otras.

La deficiencia de fósforo es la carencia mineral que con mayor frecuencia se presenta en animales como causa de esterilidad. Generalmente esta asociada a una carencia proteica y a la producción, transferencia y utilización de la energía corporal.

El papel biológico del fósforo es muy importante por que no solo interviene en la formación y constitución de la sustancia mineral ósea, si no que también es esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen especialmente de aquellos que digieren la celulosa de las plantas; en la utilización de la energía de los alimentos; como amortiguador de la sangre y otros fluidos; en varios sistemas enzimáticos y el metabolismo de las proteínas. El fósforo además de la

formación ósea también participa en gran número de reacciones enzimáticas del metabolismo intermedio. Interviene en el control del apetito en forma aun no conocida totalmente y en la eficacia con que se utilizan los alimentos.

El fósforo posee muchas funciones fisiológicas no emparentadas con las del calcio. Es componente de las núcleo proteínas en forma de fosfatidos y por ello es factor vital en el crecimiento de los tejidos. El fósforo no sufre regulación endocrina como el calcio.

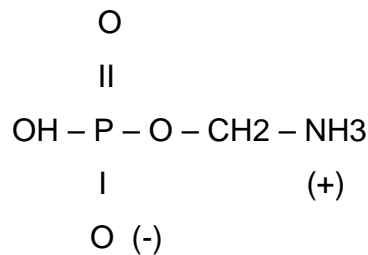
La primera respuesta conocida, ante una deficiencia de fósforo en el organismo, consiste en un descenso de la fracción de fosfato inorgánico contenido en el plasma sanguíneo y en una retirada del calcio y fósforo de las reservas óseas. Este descenso va acompañado de una elevación de la fosfatasa en el plasma y de un pequeño aumento de la concentración de calcio en suero.

En salud animal, existen formas de aplicación parenteral como son: el Tolilfosfínico, el fosfinato Sódico, el Complejo Amoniacal fosfato y la fosforilcolamina entre otros.

La fuente de fósforo, la fosforilcolamina, es un compuesto que contiene 21.95% de fósforo asimilable y una fuente de nitrógeno importante para la síntesis del DNA y membranas celulares.

El grupo HN3 de la fosforilcolamina (ver figura 7) le permite unirse fácilmente a los ácidos grasos de cadena larga para formar los fosfolípidos de la membrana.

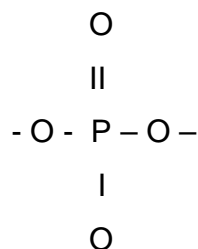
FIGURA 7. Formula estructural fosforilcolamina.



Se ha propuesto el modelo de la doble hélice del DNA de las células, consistentes en dos cadenas helicoidales de bases nitrogenadas (Adenina, Guanina, Timina y Citosina, un azúcar de 5 carbonos o pentosa (Ribosa) y un grupo fosfato (Ácido fosfatídico).

La base nitrogenada y el azúcar forma un nucleótido y los nucleótidos están unidos entre sí por un fosfatido (ver figura 8) y de esta forma se estructura un filamento del DNA. La fosforilcolamina, es una sustancia natural del organismo de los ácidos fosfatídicos. En el metabolismo de la fosforilcolamina dentro del organismo, se libera el grupo fosfato y la acción nitrogenada (+) es utilizada en procesos de síntesis proteica.

FIGURA 8. Formula estructural grupo fosfato del DNA.



Esta estructuración de fósforo de bajo peso molecular le permite ser la fuente de primera elección, una vez que el organismo lo requiera; para entrar en la síntesis del DNA, sea que el organismo haya sido introducido o simplemente en el proceso normal. El bajo peso molecular, le permite pasar fácilmente barreras como la placentaria y la hematoencefálica sin necesidad de unirse a proteínas plasmáticas.

Los requerimientos de fósforo en la dieta en base seca han sido establecidos para bovinos, entre un 0.18 a 0.45% y en promedio, el 72.8% de los forrajes latinoamericanos, están por debajo de los requerimientos., En las hembras, la deficiencia de fósforo durante la juventud retarda el crecimiento y la madurez sexual o pubertad, de modo que el primer parto aparece hasta los 3 a 4 años de edad. Aumenta los intervalos entre partos; suprime los celos (Anestros); celos silenciosos y compromete el crecimiento ovular.

En vacas lecheras con déficit de fósforo se presenta anafrodisia o anestro. La deficiencia parece afectar más a la secreción de FSH y estrógenos que a la hormona luteinizante (LH), prolactina y progesterona³⁸.

4.7.3. Los minerales en la ganadería. a cerca de su importancia en las explotaciones ganaderas Forero³⁹, argumenta que el objetivo principal de todo sistema de producción ganadera es el de transformar los pastos y forrajes de la finca, en carne, crías y leche con la mayor eficiencia posible. En tal sentido, la reproducción y la nutrición de los animales, juegan un papel primordial en el crecimiento de la explotación, en el mantenimiento de un número adecuado de vacas en producción láctea con altas tasas de conversión alimenticia.

³⁸ CARRILLO, Op. Cit., p. 28-32.

³⁹ FORERO, Luis. Los minerales en la ganadería. En: El cebú. Bogota: Colombia, 2003. p. 89 – 90.

Hoy día puede asegurarse que por lo menos el 60% de los problemas reproductivos tiene su origen primario en deficiencias nutricionales. Desbalances energéticos, proteicos vitamínicos y minerales que se presentan en los forrajes que crecen en suelos pobres en nutrientes, se reflejan directamente en los animales a través de fallas en la presentación de celos, bajas tasas de concepción, pérdidas gestacionales, anestros, quistes ováricos, retardo en la presentación de la pubertad en hembras y machos, retención de membranas fetales, mastitis, mayor susceptibilidad a enfermedades, etc.

En explotaciones ganaderas de cría y engorde, predominan los sistemas de pastoreo extensivo, basados en la mayoría de los casos, en la utilización de pasturas de tipo natural, que poseen baja producción de biomasa y pobre calidad nutricional. En algunas zonas se han introducido pasturas mejoradas que intentan aumentar el aporte nutricional a los animales, pero que son más exigentes en cuanto a manejo y fertilización. Sin embargo, la fertilización correctiva constante en medios tropicales implica aumento de costos y puede llegar a incrementar la acidez propia de los suelos en nuestros medios, impidiendo la biodisponibilidad de macro y micro minerales en los mismos.

Las rutinas de fertilización deben ser complementadas entonces con una terapia mineral adecuada aplicada a los animales, teniendo en cuenta los requerimientos propios de los mismos y la baja capacidad natural de los suelos y las pasturas de nuestro medio tropical para aportar niveles nutricionales adecuados para la producción de carne y leche. La suplementación con sales mineralizadas es un método fácil para llegar a esos requerimientos, pero su efecto positivo en fincas con problemas, suele ser lento y a mediano plazo. En forma específica, es imprescindible para los animales en etapa reproductiva y en crecimiento, aumentar el aporte de macro y micro minerales en forma directa (vía parenteral) debido a que estos procesos son altamente sensibles a pequeñas variaciones que se sucedan en cuanto al aporte de estos elementos. Esta situación resulta aún más crítica en animales reproductivamente activos o en etapas de lactancia, gestación y crecimiento.

Posteriormente Forero continúa con la descripción de Los elementos que mayor influencia tienen en la reproducción y el crecimiento de los animales:

- **Fósforo:** La mayoría de las hormonas compuestas por estructuras lipídicas cuya producción y metabolismo normal dependen directamente de la presencia de este mineral en los sitios de síntesis hormonal. Por estas razones, las deficiencias de este mineral han sido comúnmente asociadas con disminución en el rendimiento reproductivo evidenciado por ovarios estáticos, retardo en el inicio de la actividad sexual y bajas tasas de concepción. Además, se han detectado ciclos estrales irregulares, incremento en quistes foliculares, alteraciones en la presentación del estro y disminución en la actividad ovárica en ganado de carne, asociado con bajos aportes de este mineral.

- **Zinc:** El zinc por su parte, es componente integral de un amplio número de metaloenzimas encargadas, entre otros procesos, de servir como cofactores para la RNA y DNA polimerasas, enzima de vital importancia en célula de alta tasa miótica como las encontradas a nivel de epitelios y células reproductivas. Las deficiencias de este mineral provocan alteración en el metabolismo de los carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, especialmente, la síntesis de prostaglandinas lo que afecta directamente la función luteal, estructura importante en el mantenimiento de la gestación y parte importante en el ciclo estral en diferentes especies animales, entre ellas bovinos. Tanto en los machos como en las hembras, el zinc es un componente esencial de las enzimas envueltas en la esteroidogénesis y en la síntesis de testosterona. Por esta razón, las deficiencias del mineral pueden provocar retardo en el crecimiento testicular, reducción en la secreción de gonadotropina hipofisiaria, disminución en la secreción de andrógenos, producción de

óvulos no viables o fallas en la ovulación y maduración de oocitos, retardo en el inicio de la pubertad y anomalías fetales.

- **Yodo:** El yodo es el elemento constitutivo principal de las hormonas tiroideas (tiroxina y triyodotironina) relacionadas con la termorregulación, metabolismo intermedio, reproducción, crecimiento y desarrollo hematopoyesis y circulación sanguínea y funcionamiento neuromuscular. A nivel reproductivo, las deficiencias de este elemento se reconocen por supresión de la presentación de celos, aumento de natimuecos, abortos, aumento de casos de retención de membranas fetales y gestaciones prolongadas.

- **Selenio:** La acción antioxidante de la enzima glutatión peroxidasa que depende directamente del selenio, se refleja incluso en el proceso mismo de la ovulación, protegiendo al oocito del daño generado por los procesos intrínsecos de la ruptura folicular y de la acción de enzimas proteolíticas presentes en el lumen del cuerno uterino. Adicionalmente el selenio es capaz de inducir la migración de células de defensa hacia sitios donde se presente alteraciones de las membranas celulares por inflamación, razón por la cual, el selenio puede prevenir la presentación de metritis e infecciones relacionadas con el tracto reproductivo, y reduce por tanto el porcentaje de casos de retención de membranas fetales. En casos de deficiencia de selenio, se pueden observar incremento en el porcentaje de abortos y muerte embrionaria temprana, número de natimuecos, terneros nacidos débiles; así como incremento en la presentación de ovarios quísticos, celos silentes o erráticos, inhibición de la espermatogénesis, aumento de días abiertos, disminución en la tasa de crecimiento y aumento de susceptibilidad a infecciones de diferente etiología.

• **Manganeso:** El manganeso es importante en los procesos reproductivos debido a que aportes insuficientes del elemento en la dieta, se han relacionado directamente con anestro, retorno irregular al estro, pobre desarrollo folicular, quistes ováricos, retraso en la ovulación, celos silentes y de corta duración, reducción en las tasas de concepción , incremento en las tasas de aborto, atrofia ovárica, retraso en la pubertad, nacimiento de terneros débiles o con alteraciones del aparato locomotor o parálisis⁴⁰.

⁴⁰ *Ibíd.*, p. 90.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. LOCALIZACIÓN

De acuerdo al plan de ordenamiento territorial⁴¹, el Municipio de Buesaco está comprendido entre los 1° 23' de latitud Norte y 77° 8' de Longitud Oeste o del meridiano Greenwich. Se ubica al sector sur-occidente del país y hace parte de la región natural Andina. La cabecera municipal se encuentra a 38 Km. distante de la Capital del departamento de Nariño. Los límites políticos son: Al norte: Municipio de San Lorenzo, Arboleda y Albán

Al sur: Municipio de Pasto

Al oriente: Municipio de El Tablón De Gómez y Departamento del Putumayo

Al occidente: Municipio de Chachagui

El municipio de Buesaco cuenta con una extensión aproximada de 62.032 hectáreas (620.3 Kilómetros cuadrados) distribuidos en 7 corregimientos y 67 veredas. La mayor parte del municipio es montañosa, con algunas zonas planas ligeramente onduladas; entre los accidentes geográficos se encuentran los cerros de Bordoncillo y Morasurco. Existe también el valle de Runduyaco. Esta es una extensa zona que posee el municipio como reserva natural en potencia que no ha sido declarada legalmente y que se hace necesario implementar acciones tendientes a controlar las amenazas que actualmente enfrenta, poco a poco tiende a desaparecer por la intervención antrópica.

Precipitación medio mensual 95 mm

Temperatura variable: 18.7 –20.3 °C

Evaporación: 152 y 185 mm

Brillo solar 130.5 y 205.7 horas mensuales

⁴¹ P.O.T Buesaco 2004 – 2007. p. 13-80

Velocidad del viento.	0.84 m/seg. Y 1.55 m/seg.
Humedad relativa	81%

La cabecera municipal se encuentra a una altura de 2000 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 18°C.

En el municipio los pisos térmicos se distribuyen así: el clima frío ocupa un área de 35.432 Ha, Equivalente al 57.2% del área total del municipio; el clima medio presenta un área de 12.800 Ha representando el 20.6% y el clima páramo ocupa 13.800 Ha representando el 22.2%.

Dentro de la dimensión económica del municipio, el sector primario representa aproximadamente el 90% de la población, la cual depende del sector agropecuario y el resto pertenece al sector comercio y servicios,

El municipio cuenta con una diversidad de suelos, de ahí la vocación agropecuaria, concepto que se identifica fácilmente por los sistemas de producción con renglones agropecuarios tradicionales como es la producción de café, maíz, frijol, arveja, cítricos, y renglones pecuarios de especies mayores de ganado de leche en la zona fría y ganado para carne en la zona media y cálida, el tipo de explotación que realizan los campesinos es de manera tradicional y en pequeñas unidades productivas, con bajos rendimientos para los cultivos comparados con los promedios nacionales, utilizan tecnología tradicional y limitada cobertura del servicio de asistencia técnica lo que ha determinado bajos rendimientos del sector primario que genera condiciones de supervivencia.

5.2. METODOLOGIA.

La investigación se llevo a cabo en el corregimiento de Santamaría, municipio de Buesaco en la finca “La CURIA” de los hermanos hospitalarios San Juan de Dios. En el hato se cuenta con un inventario total de 113 animales divididos así:

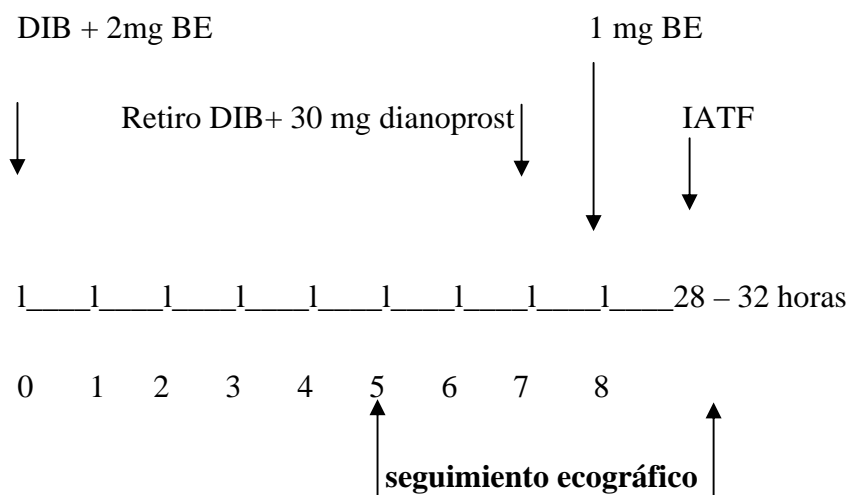
Novillas de 1 a 2 años	17
Vacas de 1 a 2 partos	30
Vacas mas de 2 partos	16
Terneros < de 1 año	20
Terneros de 1 a 2 años	30

Para realizar el trabajo de campo, se procedió a evaluar los animales del hato, obteniendo como resultado un grupo de animales homogéneos en raza, edad, condición corporal, número de partos y un promedio de 150 días pos parto, en el grupo de vacas de 1 y 2 partos. Se selecciono completamente al azar una muestra de 12 vacas, las cuales se determino por medio de los registros la no presencia de celos, ni servicios, así como por observación directa de los animales, y se confirmo por medio de palpación rectal que los animales se encontraban vacíos. Además hay que aclarar que estos animales se separaron del resto del hato para evitar el contacto con los machos de la finca y de esta manera realizar un mejor seguimiento y alimentación de dicho grupo. De esta forma se realizo una división en dos grupos cada uno con 6 unidades experimentales para el estudio, un grupo experimental denominado T1 tratado con minerales antioxidantes y un grupo control llamado T0, en el cual se utilizó un placebo a base de agua destilada.

Los animales seleccionados para el estudio fueron desparasitados con ivermectina al 1%, con una dosis total de 250 microgramos/kg vía subcutánea.

Treinta días antes de realizar la sincronización de la onda folicular en los animales se aplicó una dosis total de 30 ml del producto a base de minerales antioxidantes (Zn, I, Se, P) en una única dosis en el grupo experimental y una Dosis igual del placebo a los animales pertenecientes al grupo control. Al cabo de este tiempo, se realizó, la sincronización de todas las vacas pretendiendo lograr la sincronización de la onda folicular la cual permitiera el seguimiento del desarrollo del folículo, para este fin se utilizó el siguiente protocolo, en el día 0 se implantó los animales con dispositivos intravaginales DIB con 1 mg de progesterona, acompañado de 2 mg de benzoato de estradiol im, este implante se mantuvo durante 7 días en los animales, al cabo de este tiempo se retiró los implantes y se aplicó 30 mg de dianopost, y en el día 8 se aplicó además 1 mg de benzoato de estradiol (figura 9). El seguimiento ecográfico del desarrollo folicular inició en el día 5 posterior al implante de los animales, hasta el día 9 en donde se realizó ecografías diarias hasta que se efectuó una inseminación artificial a tiempo fijo IATF, a las 56 horas posteriores a retirar el implante.

FIGURA 9 Protocolo de sincronización con implantes de progesterona



Para iniciar el trabajo, en el día 0 se realizó un diagnóstico del estado reproductivo de los animales, por medio de palpación rectal, determinando la presencia de estructuras ováricas en los animales a estudiar.

A partir del día 5 se inicio la toma de ecografías diariamente en los animales de los dos grupos para establecer el desarrollo de folículos, determinando su tamaño en mm y registrando en una planilla su ubicación para comparar su Evolución y encontrar diferencias entre los dos grupos. Posteriormente se procedió a realizar una inseminación artificial a tiempo fijo de 8 animales los cuales se seleccionaron al azar por la disposición de semen y pertenecían 4 a cada grupo, cabe anotar que se presento vaginitis en las vacas debido al uso del D.I.B y por esta razón se tomo la decisión del uso de sobrefunda en este proceso, para posteriormente realizar una confirmación de preñez en estos animales a los 45 días, por medio de palpación rectal.

5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el presente estudio se empleo el diseño estadístico prueba de 'T' computacional por medio de la cual se pudo realizar una comparación entre los tratamientos utilizados para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los mismos y a su vez determinar su eficacia.

Por medio de esta prueba fue posible realizar un análisis general de los tratamientos con la totalidad de su duración al igual que un análisis de cada día del estudio.

Para la comparación se tomo como variable el tamaño folicular y su correlación con la condición corporal inicial y final de las vacas estudio por medio de la prueba cuadrado de pearson.

El procedimiento general para desarrollar la comparación entre los tratamientos fue el siguiente:

1. se planteo la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alterna (H_1)

H_0 = no existe diferencia significativa entre el uso de minerales antioxidantes o un placebo en vacas Bos Indicus con 150 días abiertos para un mejor desarrollo folicular.

H_1 = existe diferencias significativas entre el uso de minerales antioxidantes y un placebo en vacas Bos Indicus con 150 días abiertos para un mejor desarrollo folicular.

2. se fijo el valor de alfa (5%)

3. se Eligió la prueba de “t” por ser una prueba comparativa, donde no se conoce la varianza de los datos y se trabaja con una población $n < 30$.
4. se tomaron los datos de la muestra y se calcularon los demás estadígrafos (media, promedios, varianza, desviación estándar)
5. se probó la igualdad o diferencia de las varianzas, por medio de la distribución “F”

Distribución “F”

- H_0 = las varianzas son iguales.
 H_1 = las varianzas son diferentes.
- Fijar el alfa (5%)
- Regla de decisión $F_{cal} > F_{tab}$ = Rechazo hipótesis nula (H_0)
 $F_{cal} < F_{tab}$ = Rechazo hipótesis alterna (H_1)
- Una vez determinada la igualdad o desigualdad de las varianzas se procedió a calcular “ T”.

6. se aplicó prueba de “T”

- $T_{cal} > T_{tab}$ = rechazo hipótesis nula (H_0)
- $T_{cal} < T_{tab}$ = acepta hipótesis nula.

7. se analizaron los resultados y se sacaron conclusiones.

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ANÁLISIS GENERAL DE LOS DATOS OBTENIDOS (ver anexo C)

OBTENCION DE MEDIAS

TRATAMIENTO =0

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamaño	30	13.0000000	7.1438423	30.0000000	2.0000000
cci	30	3.7833333	0.2520035	4.0000000	3.5000000
ccf	30	3.2416667	0.3113052	3.5000000	2.7500000

TRATAMIENTO =1

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamaño	30	21.0000000	7.3437752	39.0000000	6.0000000
cci	30	3.8333333	0.2397317	4.0000000	3.5000000
ccf	30	3.3750000	0.2842868	3.5000000	2.7500000

IGUALDAD DE VARIANZAS

Variable	F cal	Pr > F	
tamaño	1.06	0.8828	= rechazo hipótesis nula.

Al rechazar hipótesis nula se sugiere que las varianzas son diferentes, por lo cual se analiza la prueba de “t” para varianzas desiguales por el método **Satterthwaite**.

T-TESTS

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
tamaño	Pooled	Equal	58	-4.28	<.0001
tamaño	Satterthwaite	Unequal	58	-4.28	<.0001

Al obtener un “Tcal” mayor que el “Ttab” y este a su vez con un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula por lo tanto: con un 95% de confianza se

concluye que el uso de minerales antioxidantes en vacas bos indicus con 150 días abiertos tienen un efecto positivo sobre el desarrollo folicular de las mismas para la muestra objeto de estudio teniendo en cuenta que lo afirmado anteriormente aplica para el tratamiento con la media mas alta en este caso T1. En cuanto a la relación del tamaño folicular y la condición corporal de los animales al iniciar y finalizar el estudio se empleo la prueba de pearson:

Pearson Correlation Coefficients, N = 60
Prob > |r| under H0: Rho=0

	tamano	cci	ccf
tamano	1.00000	0.39025 0.0021	0.32072 0.0125
cci	0.39025 0.0021	1.00000	0.80877 <.0001
ccf	0.32072 0.0125	0.80877 <.0001	1.00000

de lo cual se puede concluir que existe correlación entre la condición corporal de los animales y el desarrollo folicular puesto que los resultados obtenidos son menores a 0.05 indicando que animales con mejor condición corporal tuvieron un mejor desarrollo folicular durante todo el proceso.

- ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL DIA 5 (ver anexo D)

OBTENCION DE MEDIAS

TRATAMIENTO =0

Variable	N	Media	Desv estd.	Maximo	Minimo
tamano	6	4.8333333	2.3166067	7.0000000	2.0000000
cci	6	3.7500000	0.2738613	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.2083333	0.3322900	3.5000000	2.7500000

TRATAMIENTO =1

Variable	N	Media	Desv estd.	Maximo	Minimo
----------	---	-------	------------	--------	--------

tamaño	6	12.1666667	4.3550737	18.0000000	6.0000000
cci	6	3.8333333	0.2581989	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.3750000	0.3061862	3.5000000	2.7500000

IGUALDAD DE VARIANZAS

Variable	F Value	Pr > F	
tamaño	3.53	0.1921	= rechazo hipótesis nula

Al rechazar hipótesis nula se sugiere que las varianzas son diferentes, por lo cual se analiza la prueba de “t” para varianzas desiguales por el método **Satterthwaite**.

T-TESTS

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
tamaño	Pooled	Equal	10	-3.64	0.0045
tamaño	Satterthwaite	Unequal	7.62	-3.64	0.0071

Al obtener un “Tcal” (valor absoluto) mayor que el “Ttab” y este a su vez con un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula por lo tanto: con un 95% de confianza se concluye que en el día quinto ha diferencias altamente significativa entre los tratamientos aplicados (To Vs T1).

- ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL DIA 6 (ver anexo E)

OBTENCION DE MEDIAS

TRATAMIENTO =0

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamaño	6	9.6666667	4.4121046	18.0000000	5.0000000
cci	6	3.7500000	0.2738613	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.2083333	0.3322900	3.5000000	2.7500000

TRATAMIENTO =1

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
----------	---	-------	------------	--------	--------

tamaño	6	19.5000000	5.4680892	29.0000000	14.0000000
cci	6	3.8333333	0.2581989	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.3750000	0.3061862	3.5000000	2.7500000

IGUALDAD DE VARIANZAS

Variable	F Value	Pr > F	
tamaño	1.54	0.6492	= rechazo hipótesis nula

Al rechazar hipótesis nula se sugiere que las varianzas son diferentes, por lo cual se analiza la prueba de “t” para varianzas desiguales por el método **Satterthwaite**.

T-TESTS

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
tamaño	Pooled	Equal	10	-3.43	0.0065
tamaño	Satterthwaite	Unequal	9.57	-3.43	0.0069

Al obtener un “Tcal” (valor absoluto) mayor que el “Ttab” y este a su vez con un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula por lo tanto: con un 95% de confianza se concluye que en el día sexto ha diferencias altamente significativa entre los tratamientos aplicados (To Vs T1).

- ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL DIA 7 (ver anexo F)

OBTENCION DE MEDIAS

TRATAMIENTO =0

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamaño	6	14.0000000	5.8991525	23.0000000	8.0000000
cci	6	3.7500000	0.2738613	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.2083333	0.3322900	3.5000000	2.7500000

TRATAMIENTO =1

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
----------	---	-------	------------	--------	--------

tamano	6	23.5000000	7.2594766	34.0000000	14.0000000
cci	6	3.8333333	0.2581989	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.3750000	0.3061862	3.5000000	2.7500000

IGUALDAD DE VARIANZAS

Variable F Value Pr > F

tamano 1.51 0.6599 = rechazo hipotesis nula.

Al rechazar hipótesis nula se sugiere que las varianzas son diferentes, por lo cual se analiza la prueba de “t” para varianzas desiguales por el método **Satterthwaite**.

T-TESTS

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
tamano	Pooled	Equal	10	-2.49	0.0321
tamano	Satterthwaite	Unequal	9.6	-2.49	0.0330

Al obtener un “Tcal” (valor absoluto) mayor que el “Ttab” y este a su vez con un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula por lo tanto: con un 95% de confianza se concluye que en el día séptimo ha diferencias altamente significativa entre los tratamientos aplicados (To Vs T1).

- ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL DIA 8 (ver anexo G)

OBTENCION DE MEDIAS

TRATAMIENTO =0

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamano	6	17.6666667	6.2822501	30.0000000	13.0000000
cci	6	3.8333333	0.2581989	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.2916667	0.3322900	3.5000000	2.7500000

TRATAMIENTO = 1

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamano	6	26.5000000	7.3143694	39.0000000	18.0000000
cci	6	3.8333333	0.2581989	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.3750000	0.3061862	3.5000000	2.7500000

IGUALDAD DE VARIANZAS

Variable	F Value	Pr > F
tamano	1.36	0.7466 = rechazo hipotesis nula

Al rechazar hipótesis nula se sugiere que las varianzas son diferentes, por lo cual se analiza la prueba de “t” para varianzas desiguales por el método **Satterthwaite**.

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
tamano	Pooled	Equal	10	-2.24	0.0487
tamano	Satterthwaite	Unequal	9.78	-2.24	0.0492

Al obtener un “Tcal” (valor absoluto) mayor que el “Ttab” y este a su vez con un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula por lo tanto: con un 95% de confianza se concluye que en el día octavo hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (To Vs T1).

- ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL DIA 9 (ver anexo H)

OBTENCION DE MEDIAS

TRATAMIENTO =0

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamano	6	18.8333333	5.9469880	26.0000000	9.0000000
cci	6	3.8333333	0.2581989	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.2916667	0.3322900	3.5000000	2.7500000

TRATAMIENTO =1

Variable	N	Media	Desv estd.	Máximo	Mínimo
tamaño	6	23.3333333	3.3266600	28.0000000	19.0000000
cci	6	3.8333333	0.2581989	4.0000000	3.5000000
ccf	6	3.3750000	0.3061862	3.5000000	2.7500000

IGUALDAD DE VARIANZAS

Variable F Value Pr > F

tamaño 3.20 0.2281 = rechaza hipótesis nula

Al rechazar hipótesis nula se sugiere que las varianzas son diferentes, por lo cual se analiza la prueba de “t” para varianzas desiguales por el método **Satterthwaite**.

T-TESTS

Variable	Method	Variances	DF	t Value	Pr > t
tamaño	Pooled	Equal	10	-1.62	0.1368
tamaño	Satterthwaite	Unequal	7.85	-1.62	0.1451

Al obtener un “Tcal” (valor absoluto) mayor que el “Ttab” se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto: con un 95% de confianza se concluye que en el día noveno ha diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (To Vs T1).

Para representar los resultados obtenidos gráficamente se utilizan las medias calculadas para los tratamientos en cada día del estudio, de la siguiente manera:

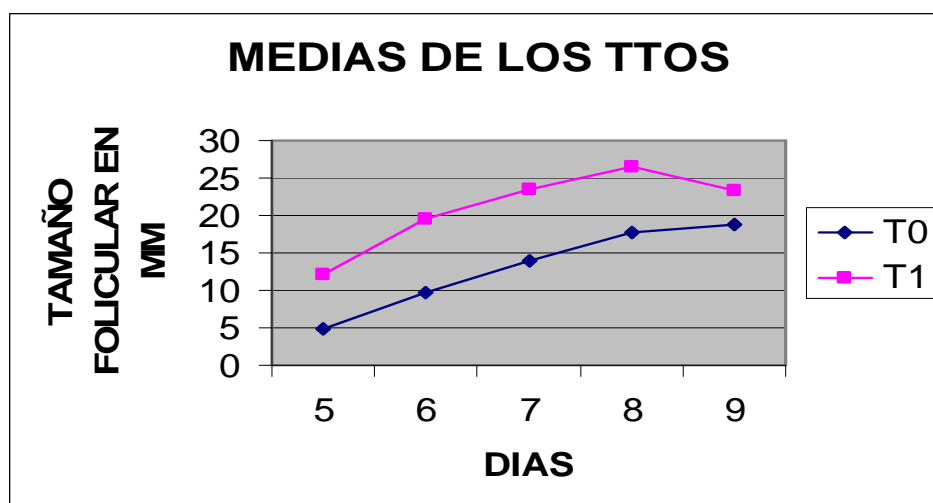


Figura 10 . Representación de las medias de los tratamientos aplicados (T0 y T1) durante todo el proceso de trabajo de campo.

En el trabajo realizado se pudo encontrar muchos resultados interesantes para su análisis y discusión. Es importante resaltar que los animales seleccionados para esta investigación se encontraban en condiciones homogéneas en cuanto a manejo, alimentación, días post parto, número de partos, edad, estado reproductivo, ausencia de celo en un promedio de 150 días, condición corporal en promedio 3.75 ± 0.25 (en una escala de 0 a 5), resultado de una dieta a base de pastos naturales de la zona, pasto maralfalfa, y una suplementación a base de semilla de algodón, maíz molido, melaza y consumo de sal mineralizada a voluntad. Cabe resaltar que al final del estudio, los animales presentaron una disminución significativa en su condición corporal, debido a la semiestabulación y al estrés al cual fueron sometidos. Tabla 5

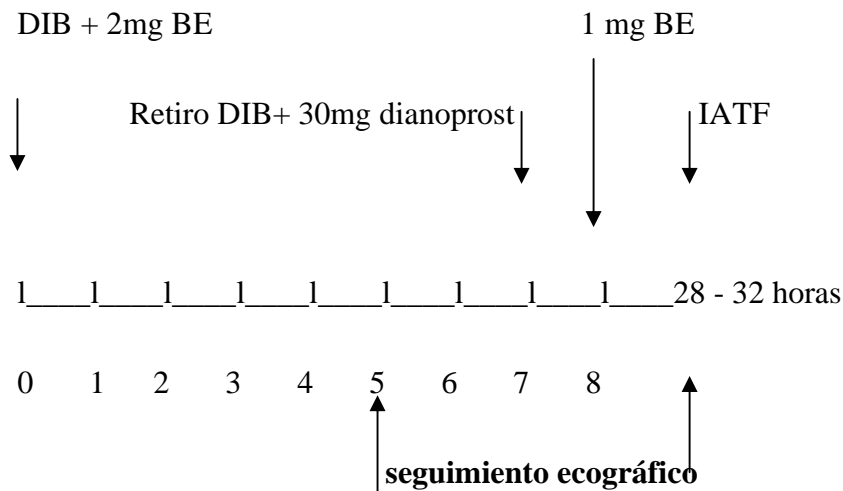
Tabla 5. Condición corporal inicial y final de los animales estudiados.

IDENTIFICACION	GRUPO	C.C INICIAL	C.C FINAL
055	0	4	3.5
072	0	3.5	2.75
037	0	3.5	3
022	0	4	3.5
062	0	4	3.5
002	0	3.5	3
064	1	4	3.5
013	1	3.5	2.75
011	1	3.5	3.5
051	1	4	3.5
007	1	4	3.5
039	1	4	3.5

Se realizó la aplicación del producto a base de minerales antioxidantes con 30 días de anticipación para alcanzar niveles adecuados en sangre y así conseguir un resultado óptimo en la investigación. Posteriormente se llevó a cabo la sincronización de la onda folicular utilizando el siguiente protocolo: en el día 0 se implantó los animales con dispositivos intravaginales D.I.B, con 1 gr de progesterona más el uso de benzoato de estradiol en una dosis de 2 mg, lo cual provoca una regresión de los folículos presentes en el ovario, y produce la emergencia de una nueva onda de desarrollo folicular entre el día cuarto al día sexto posterior a la aplicación del implante; en el día 7 se retiró los implantes, también se aplicó 30 mg de dianoprost, para garantizar la lisis del cuerpo lúteo y en el día 8 se aplicó 1 mg de BE, utilizado para producir la ovulación, es importante aclarar que se utilizó benzoato de estradiol porque su vida media es

más corta y es más efectivo que el valerato de estradiol utilizado en otros protocolos similares. Figura 13.

Figura 11. Protocolo de sincronización



El seguimiento ecográfico, inicio el día 5 posterior al implante de los animales ya que teóricamente entre el día 4 a 6, posterior a la aplicación del implante, comienza una nueva onda de desarrollo folicular, a medida que transcurrían los días de investigación se observó un mejor desarrollo folicular en los animales del tratamiento 1 esto relacionado también con la condición corporal de cada animal. Al final del estudio se demostró con el análisis estadístico “prueba de T” que los animales pertenecientes al grupo T1 obtuvieron un mejor desarrollo folicular que los animales del tratamiento T0, Con esto se puede concluir que los animales pertenecientes al tratamiento realizado con minerales antioxidantes (T1), tuvieron un mejor comportamiento en el desarrollo folicular, así, estas serán vacas en las que se espera una mayor fertilidad, las cuales tendrán manifestaciones más claras de celo, para de esta manera facilitar el

manejo extensivo en ganaderías de carne, por otra parte el uso de este tratamiento es una buena opción para mejorar parámetros reproductivos, como porcentajes de preñez, intervalo parto – concepción, intervalo entre partos, tiempo de espera voluntario, para garantizar la producción de una cría/vaca/año, y mejorar los porcentajes de preñez en estos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo y mejorar también parámetros productivos y económicos en las empresas ganaderas. Todo esto es posible garantizando a los animales una buena base forrajera y una adecuada suplementación, ya que se pudo confirmar con este estudio, utilizando el método del cuadrado de Pearson, que animales con mejor condición corporal, tienen una mejor respuesta al tratamiento encontrando un mejor desarrollo folicular en dichos animales.

Es importante resaltar la utilización de la ultrasonografía en este tipo de estudios puesto que es la única herramienta existente para monitorear a los animales en vivo y tiempo real, porque permite registrar los cambios diarios que se producen en el ciclo estral de los bovinos, determinando el desarrollo de 2 o 3 ondas foliculares, así como su duración y la detección de folículos dominantes y folículos subordinados para cada onda, esto nos da una base sólida para reportes precisos , también es posible esclarecer dudas acerca del comportamiento reproductivo de nuestros bovinos en el trópico, como, la ausencia de celos, presencia de quistes ováricos, animales en gestación.

Tabla 6. Porcentaje de preñez

IDENTIFICACIÓN	CONDICION CORPORAL	GRUPO TRATAMIENTO	DX PREÑEZ 45 DIAS
055	3.5	0	PREÑADA
037	3.0	0	VACIA
022	3.5	0	VACIA
062	3.5	0	VACIA
064	3.5	1	PREÑADA
011	3.5	1	PREÑADA
007	3.5	1	VACIA
051	3.5	1	PREÑADA

Al final del estudio, se obtuvo un porcentaje de preñez del 25% para los animales del grupo control T0 y un 75 % en vacas del grupo experimental T1, comprobando la efectividad del tratamiento en vacas del tratamiento 1 relacionado con la condición corporal.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- A través de la investigación realizada se logró comprobar que el empleo de minerales antioxidantes es eficaz en el manejo reproductivo de animales *bos indicus*, mejorando el desarrollo folicular, en la muestra utilizada.
- La condición corporal de los animales juega un papel determinante en el comportamiento reproductivo de vacas en anestro, ya que animales con mejor condición corporal tuvieron una mejor respuesta, disminuyendo los días abiertos y mejorando la presentación de celos post-parto.
- En el desarrollo del trabajo se encontró una mayor tasa de preñez en animales tratados con los minerales antioxidantes (T1), lo cual demuestra una viabilidad económica del tratamiento, así como una práctica de manejo adecuada de hembras en reproducción.
- Una adecuada base forrajera, acompañada de una buena suplementación con un consumo óptimo de sal mineralizada garantiza el éxito de la administración de minerales antioxidantes y los animales aprovecharán mejor el tratamiento, demostrando mejores resultados.
- Se reconoce la importancia de manejar tecnología y ultrasonografía en trabajos de investigación para establecer datos reales del comportamiento reproductivo de los bovinos y en un futuro contar con una base de datos confiable que sea útil para estudiantes y profesionales en procesos investigativos.

7.2. RECOMENDACIONES

- Por el tamaño de la muestra estudiada se recomienda realizar trabajos más profundos en dicho tema, que permitan la implantación de nuevas técnicas en el manejo reproductivo de las ganaderías de carne en el departamento de Nariño.
- Realizar trabajos de investigación más amplios que permitan confirmar los hallazgos de esta investigación y de esta manera poder realizar recomendaciones más específicas.
- Se sugiere continuar con estudios de este tipo para complementar la información que se tiene acerca del comportamiento reproductivo del ganado *Bos indicus* en el departamento de Nariño.
- A médicos veterinarios, zootecnistas y profesionales del sector pecuario se recomienda hacer un manejo integral de las explotaciones bovinas para carne, con el fin de beneficiar al productor y mejorar el rendimiento económico de las empresas ganaderas.

BIBLIOGRAFIA

BARUSELLI, Pietro. Introducción de la IATF en el manejo reproductivo de rebaños de ganado de engorde en el Brasil. En : Congreso Internacional de Reproducción Bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 43- 47.

BO, Gabriel. Actualización sobre fisiologías de la reproducción en la hembra, En: Curso de post-grado en reproducción bovina modulo I instituto de reproducción animal. Córdoba, 2001. p.5-6.

BO, Gabriel. Manipulación del desarrollo folicular para sincronización de celos. En: Curso de post-grado en reproducción bovina modulo III. Instituto de reproducción animal. Córdoba: Argentina, 2002. p.79 – 82.

Bó, . Pattern and manipulation of follicular development in Bos indicus cattle, citado por Moraes , Ciro. Inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos de engorde. En: Congreso internacional de reproducción bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 99.

BLOOD, D.C. y RADOSTITS, O.M. Manual de Medicina Veterinaria. 9ed. Mexico: McGraw Hill Interamericana. 1992. Vol. 1.

CARRILLO, Rubén Darío. Importancia biomédica en reproducción y salud animal. Colombia: citygraf, 2004. p. 3.

CEDEÑO, Darío. Enfermedades carenciales. En : Sanidad animal. Diseños y recursos gráficos 2000. Colombia. 1996. p.85-88.

FERNÁNDEZ, Álvaro. Dinámica folicular: funcionamiento y regulación [online]. Argentina: Junio 2003. [Marzo 2005]. <www.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/reprod/art/#dis>.

FORERO, Luis. Los minerales en la ganadería. En: El cebú. Bogota: Colombia, 2003. p. 89 – 90.

GALINA, C. Presentacion del estro y su sincronia con el momento de la ovulación. En: Congreso Internacional de Reproducción Bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 49-51.

GIRALDO CA, Bran-Agudelo JA, Valencia L, Ruiz-Cortéz ZT, Olivera-Angel M. Grupo de Fisiología y Biotecnología de la Reproducción, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. 2004. p. 16-18.

MALDONADO, Juan. Fisiopatología reproductiva en ganado de leche. En : Congreso Internacional de Reproducción Bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 43- 47.

MARQUES, O. Tratamientos hormonales para mejorar la performance reproductiva de vacas de cría en anestro en condiciones tropicales. En : V Simposio internacional de reproducción animal, Instituto de reproducción animal. Córdoba: Argentina, 2003. p. 103.

MOORE K, and LOONEY, C Recombinant bovine follicle stimulating hormone: dose and duration regimens for superovulation of embryo donors. USA: Theriogenology ,1989. p. 273.

MORAES, Ciro. Inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos de engorde. En: Congreso Internacional de Reproducción Bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 97 - 98.

MORAES, Ciro. Superovulacion en ganado cebú de engorde: protocolo p-36. En : Congreso internacional de reproducción bovina. Bogota: Colombia, 2005. p. 105- 109.

PINEDA, David. Fisiología de la reproducción. En : Ginecología veterinaria. Editorial universitaria, UNED. Colombia. 1997, p. 35- 37.

PINEDA, David. Biotecnología de la reproducción en animales domésticos. Pasto: Universidad de Nariño. 2002. p. 9- 17.

P.O.T Buesaco 2004 – 2007. p. 13-80.

SCHROEDER, Hanns. Fisiopatología reproductiva de la vaca. Bogota: Colombia: Celsus, 1999. p.26-36.

SAS User's Guide : Statistics version 5 edition. SAS Institute inc: SAS, Cary, NC 1985. 220 p.

WILTBANK, A Clasificación fisiológica de condiciones anovulatorias en bovinos. En: Theriogenology 2002, p. 21 – 51

WILTBANK, A. GnRH: de la fisiología a la "sinc"-ología. En: 5º Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba-Argentina, 2003. p.71- 81.

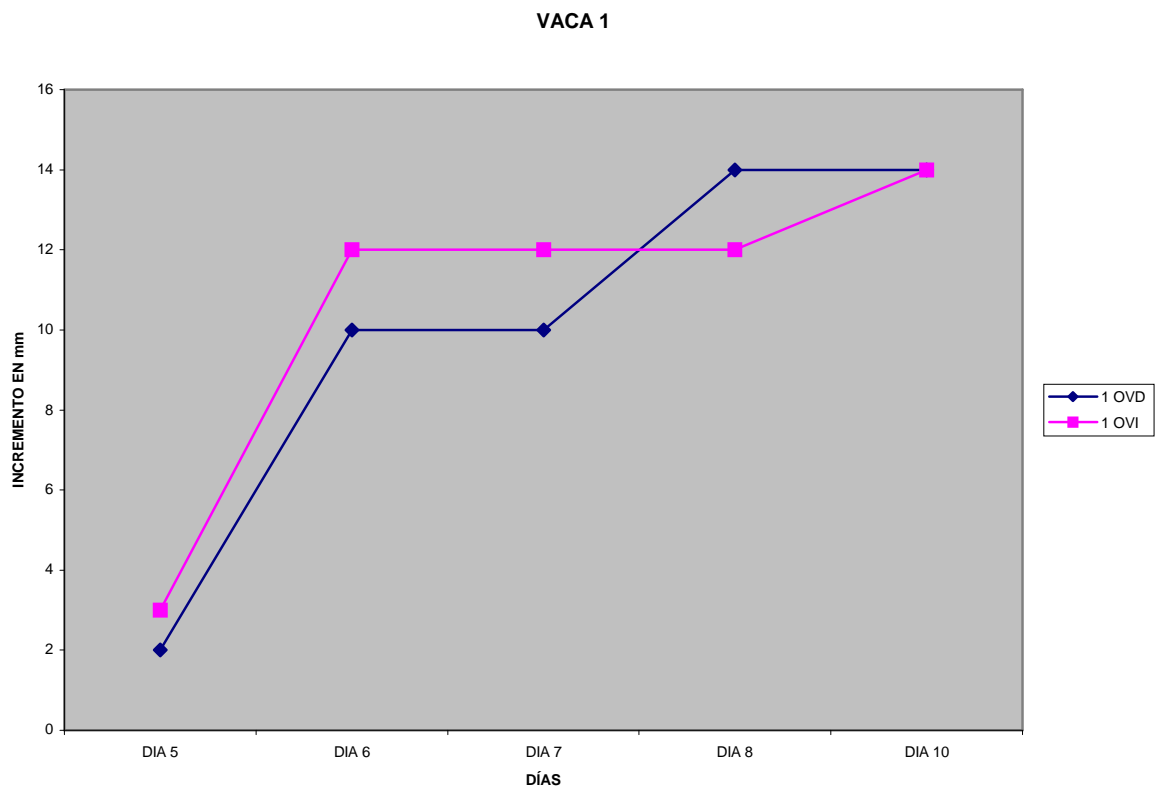
ANEXOS

Anexo A. Tabla de mediciones de diámetro folicular

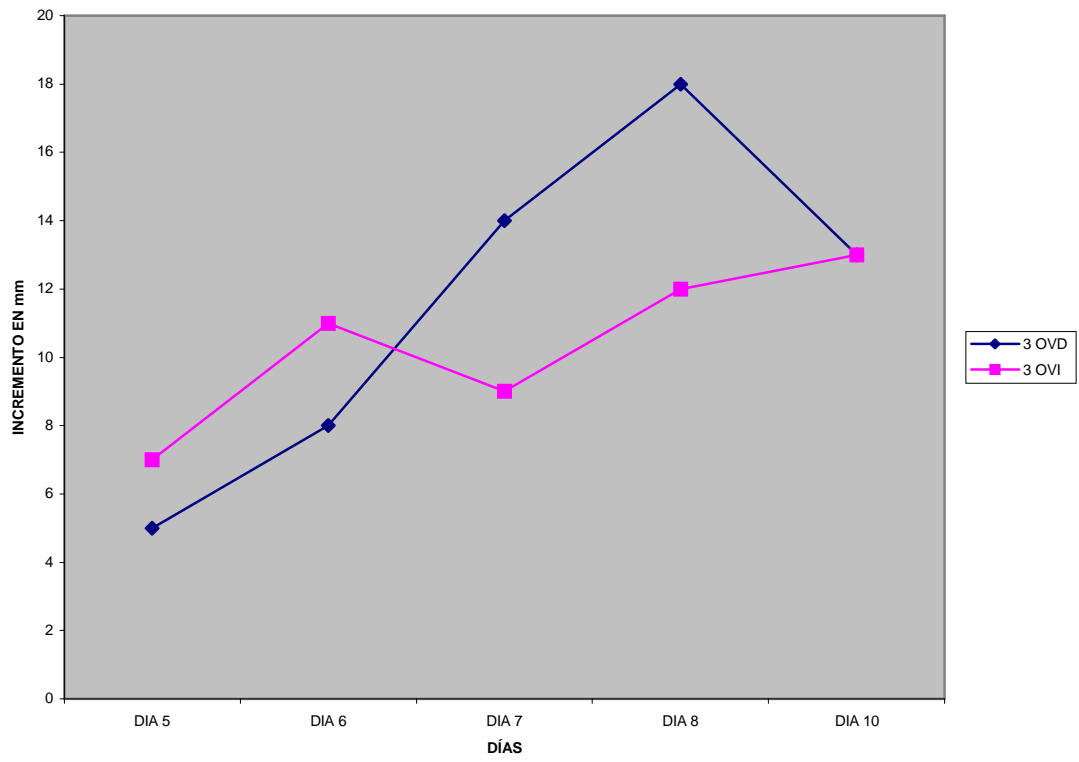
VACA	ARETE	TX	DIA 0		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8		DIA 10	
			OD	OI	OD	OI	OD	OI	OD	OI	OD	OI	OD	OI
1	O64	T1	F	CL	3	3	10	CL	10	12	14	12	14	14
2	O13	T1	F	CL	9	CL/F6	9	CL/F6	9	6	11	11	10	11
3	O55	To	LISO	LISO	5	CL	8	CL	14	9	18	12	13	13
4	O11	T1	CL	LISO	7	4	8	6	8	6	9	9	9	10
5	O51	T1	CL	F	F8/CL	6	10	8	13	11	16	14	16	8
6	O72	To	LISO	LISO	LISO	<2	<2	7	10	5	9	5	9	9
7	O37	To	LISO	LISO	LISO	<2	<2	3	3	5	5	8	7	9
8	O22	To	LISO	CH	6	CL	8	CL	8	CL	11	CL/F7	13	CL/F9
9	OO7	T1	F	CL	14	CL/F4	7	12	8	21	9	15	7	15
10	O39	T1	CL	F	3	6	6	23	12	22	14	25	12	14
11	O62	To	LISO	F1	<2	5	7	11	9	9	10	9	12	10
12	OO2	To	LISO	CL	7	CL13	10	CL	12	CL	15	CL	9	CL6

MEDIDAS TOMADAS EN MILIMETROS

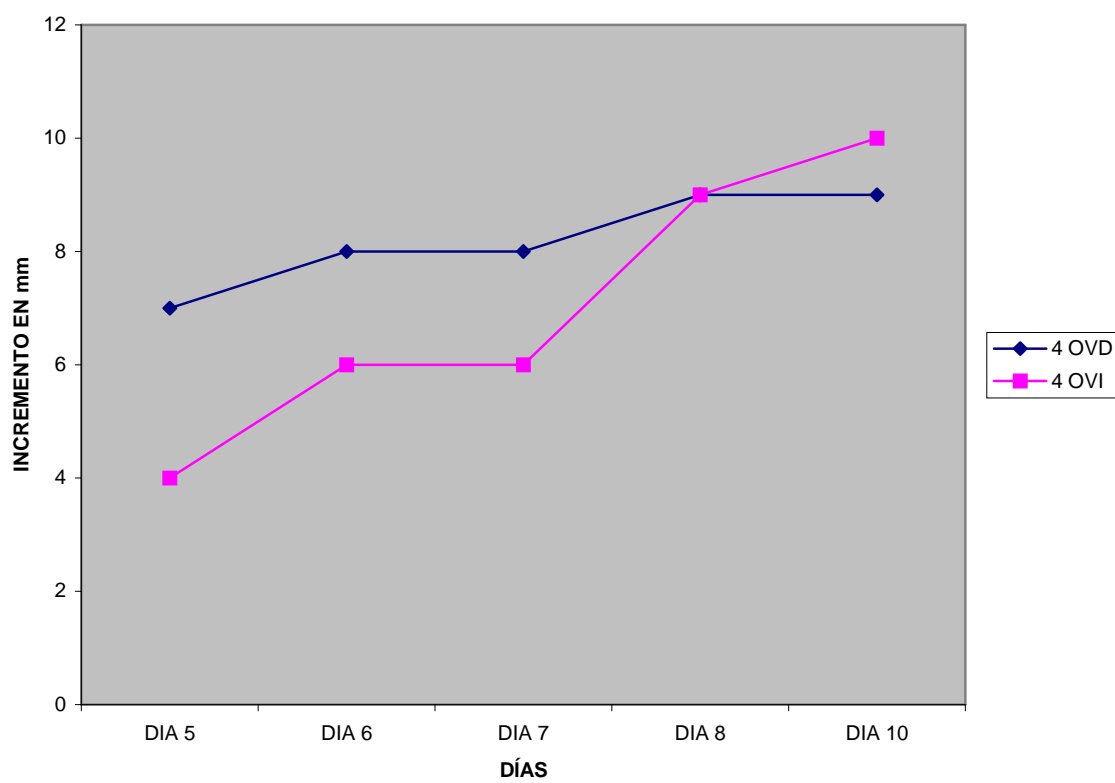
Anexo I. Graficas de crecimiento folicular por vaca.



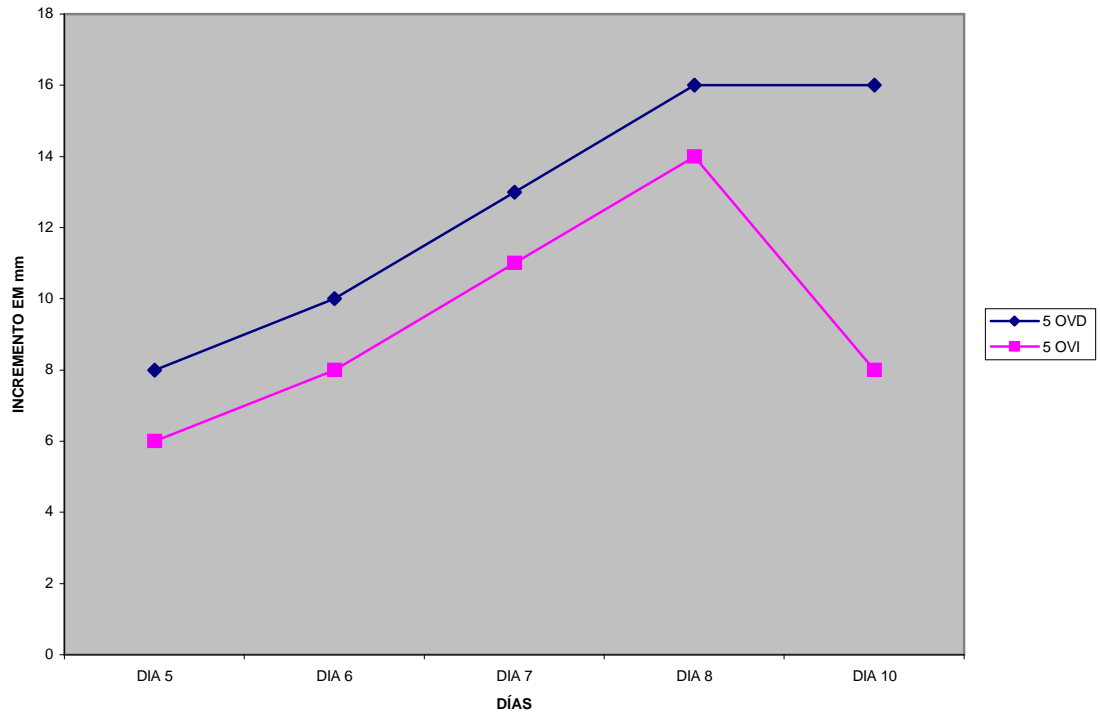
VACA 3



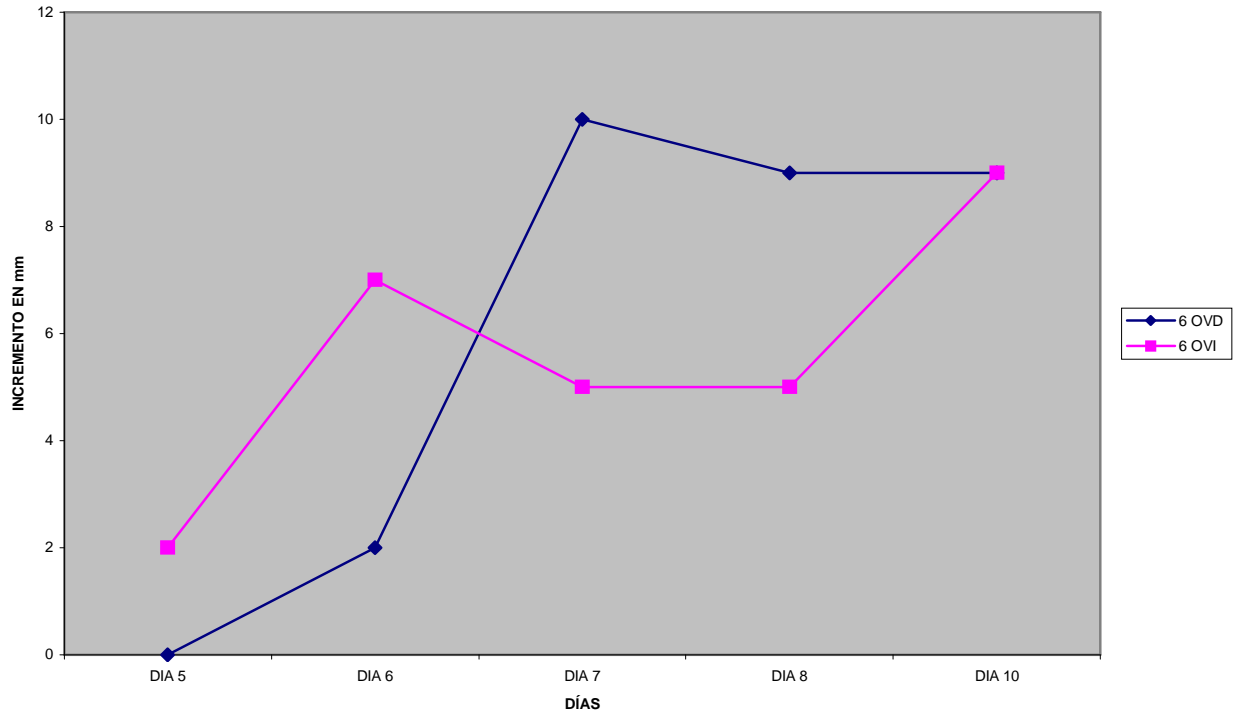
VACA 4



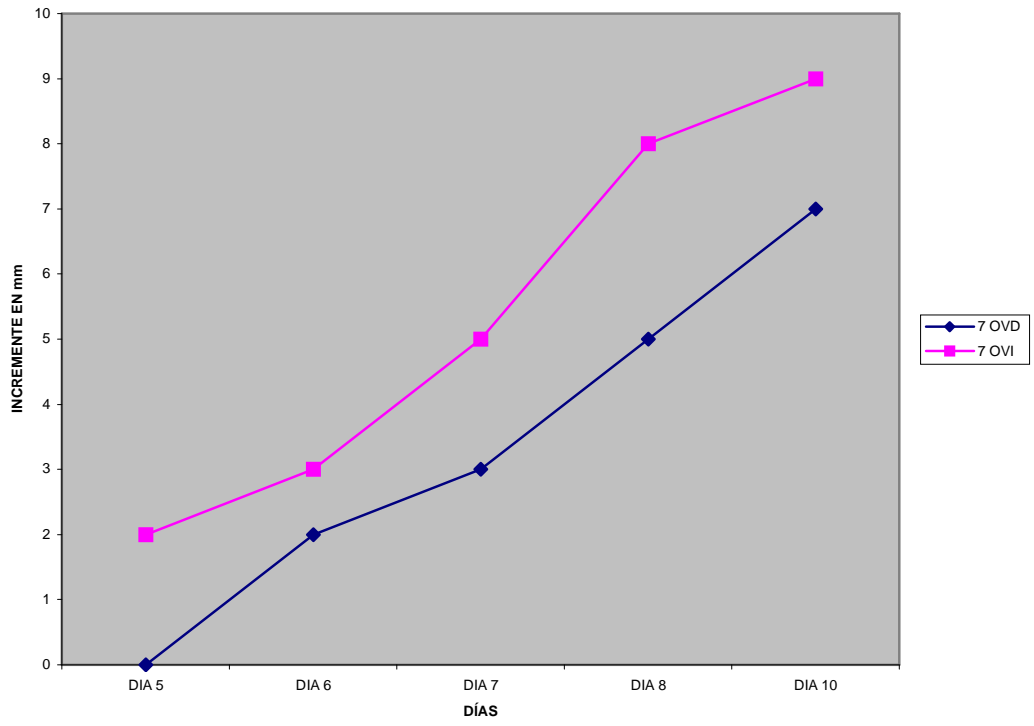
VACA 5



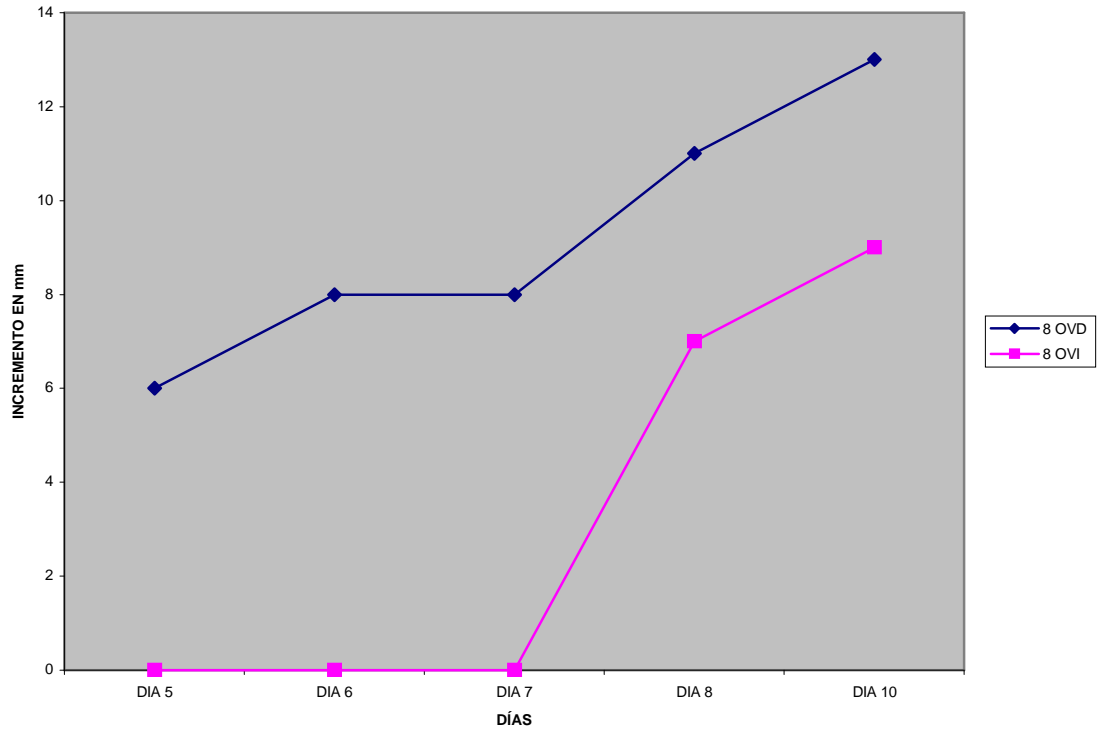
VACA 6



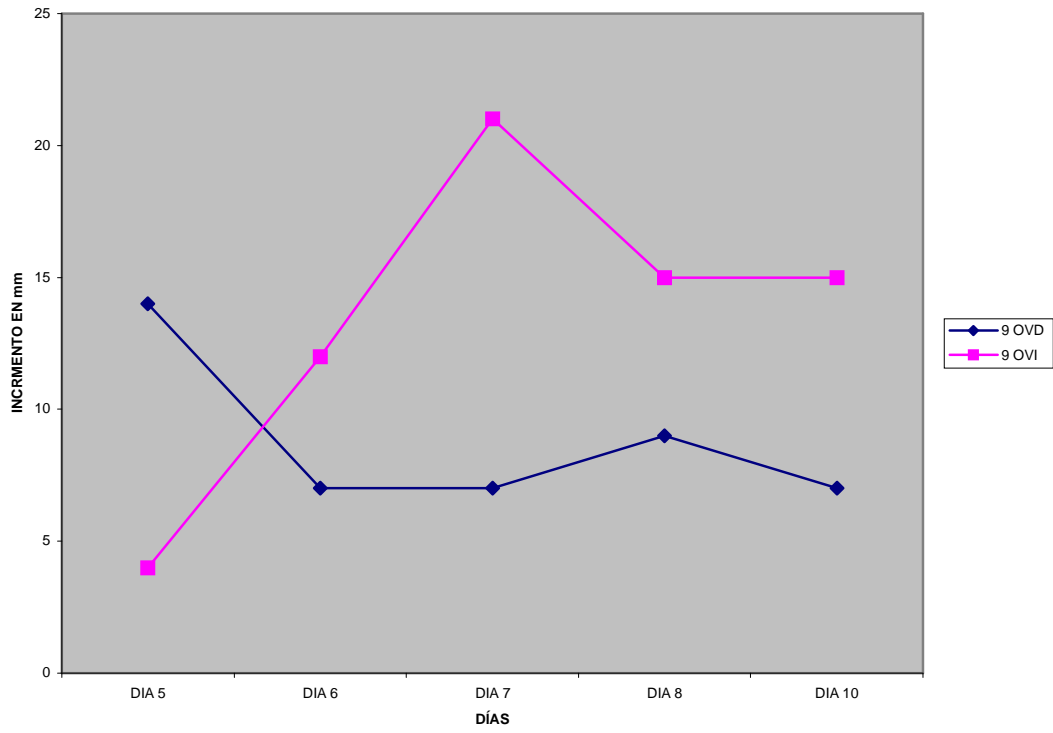
VACA 7



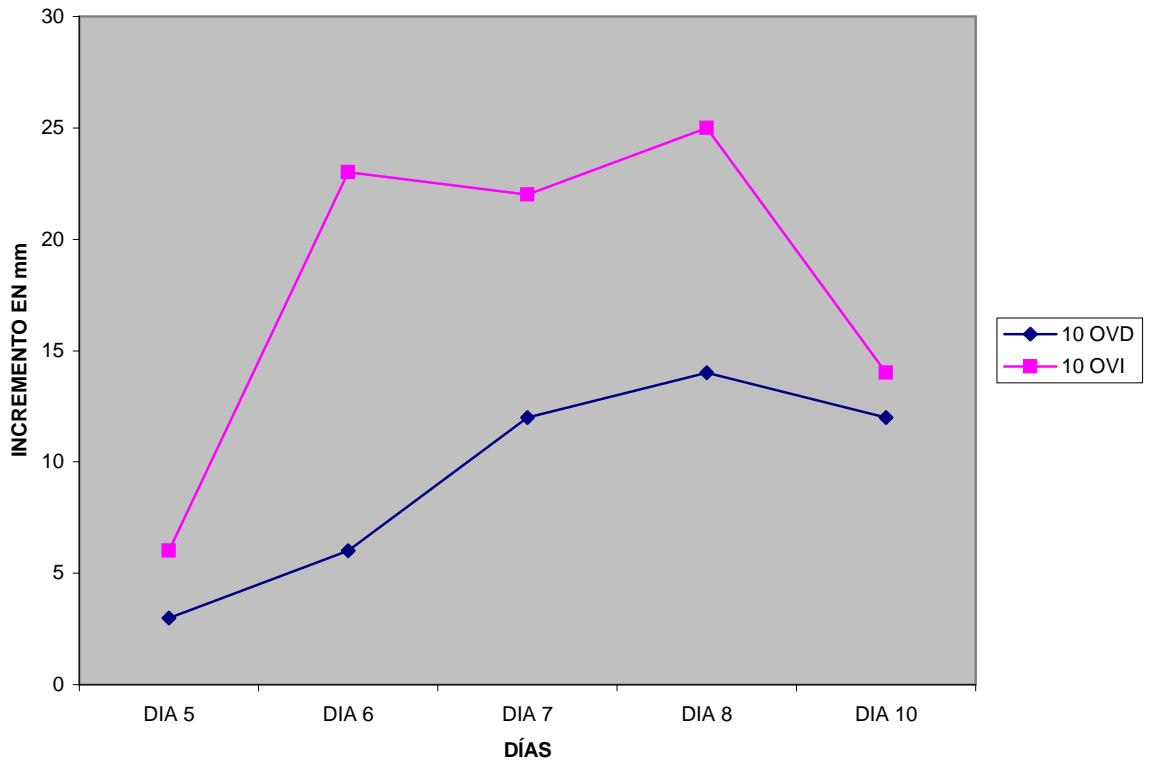
VACA 8



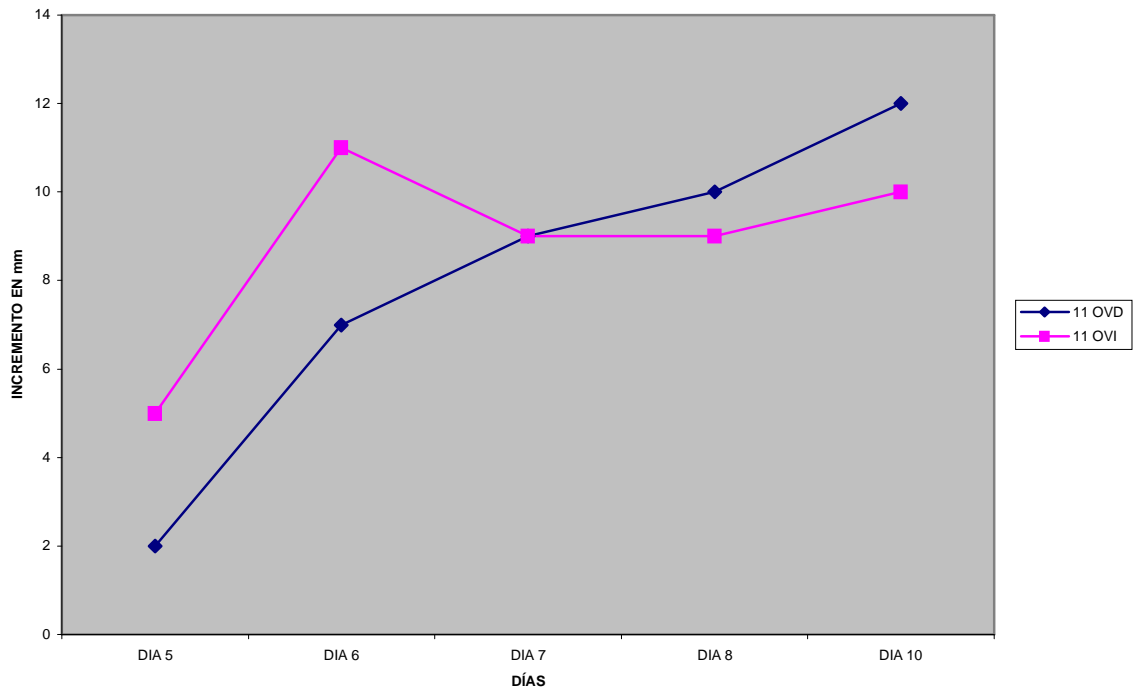
VACA 9



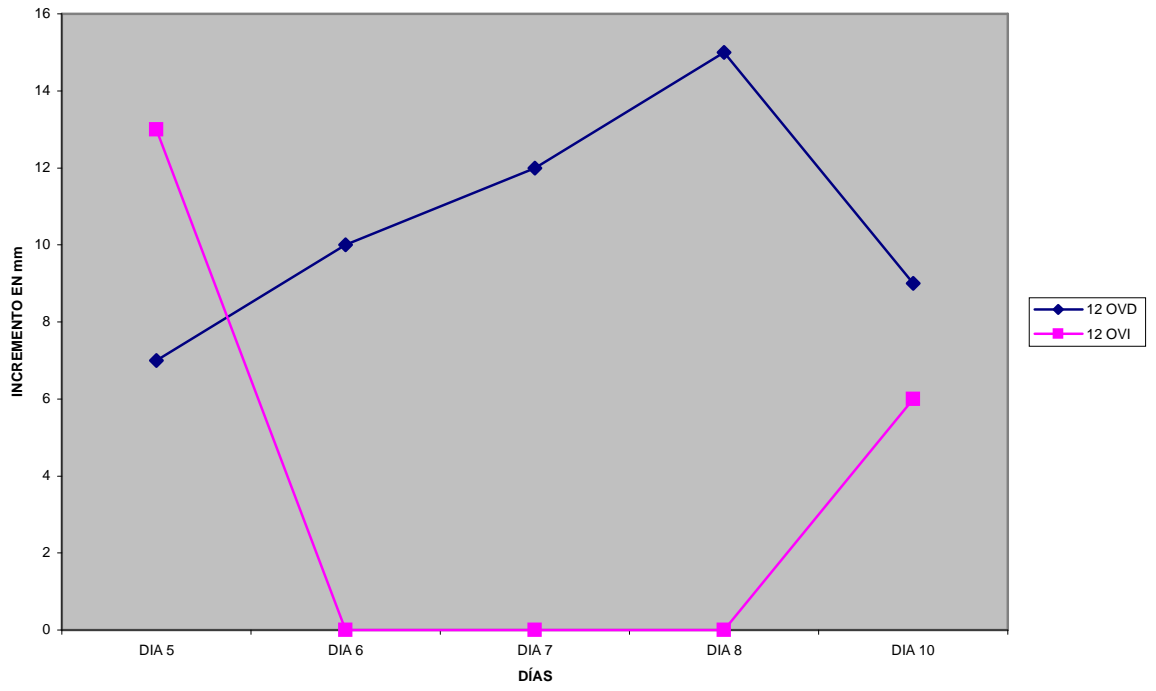
VACA 10



VACA 11



VACA 12



ANEXO . FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO.















