

166  
201

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



DETERMINACION MEDIANTE UN ELECTRO-  
BIOSENSOR DE LOS VALORES DE RESIS-  
TENCIA ELECTRICA DE LAS SECRECIONES  
CERVICO-VAGINALES COMO METODO  
PARA EL DIAGNOSTICO PRECOZ DE  
LA GESTACION EN CABRAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A :  
CRESCENCIO ULISES OSORIO SILVA

ASESOR: M. EN C. MIGUEL ANGEL CARMONA MEDERO





Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
MATERIAL Y METODOS.....	23
RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
CONCLUSIONES.....	32
LITERATURA CITADA.....	33

## RESUMEN

OSORIO SILVA CRESCENCIO ULISES. Determinación mediante un electro-biosensor de los valores de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales como método para el diagnóstico precoz de la gestación en cabras. (Bajo la dirección de: Miguel - Angel Carranza Medero).

Para poder determinar las lecturas de diagnóstico Temprano de Gestación a los 21 días post-servicio y estro, por medio de la resistencia eléctrica de las secreciones cérvico vaginales, se utilizaron 48 cabras mestizas de las razas [alpina, nubia y granadina] del rebaño "Amaltes" de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Todas las cabras en experimentación tuvieron una edad entre 2 a 6 años, la selección de animales para experimentación se hizo de acuerdo a los siguientes criterios: que iniciaran su actividad ovárica durante el período de experimentación (julio a diciembre de 1989), que fueran servidas, que no retornaran al estro y que el parto coincidiera con la fecha probable de éste.

La determinación de las lecturas de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales para el diagnóstico precoz de la gestación se llevaron a cabo en el día 21 post-servicio, comparándolas con el no retorno al estro y fecha probable de parto. De las 48 cabras sólo 22 cumplieron con los requisitos -

antes mencionados. El róbalo se mantuvo establecido y el alimen-  
to suministrado fue: sorgo ensilado y sales minerales ad. libi-  
tum.

Las lecturas que registró el electro-biosensor tanto en -  
presencia de estró como a los 21 días de gestación fueron las -  
siguientes: estró,  $72 \pm 9.8$  ohms, con un coeficiente de varia-  
ción de 13.50% y un rango de 60 - 110 ohms. Para el diagnósti-  
co precoz de gestación se registraron los siguientes datos: -  
 $110 \pm 25$  ohms, con un coeficiente de variación de 22.8% y un -  
rango de 80 - 125 ohms.

Se construyó un intervalo de confianza al 95% tanto para -  
las medidas de estró como para el diagnóstico precoz de gesta-  
ción, obteniéndose los siguientes valores: para mediciones en -  
detección de estró lecturas entre 69 - 75 ohms, y para el diag-  
nóstico precoz de gestación lecturas entre 100 - 119 ohms.

Concluyéndose que el uso de un electro-biosensor represen-  
ta una alternativa más para el diagnóstico precoz de la gesta-  
ción en cabras a los 21 días post-servicio.

## 1. INTRODUCCION

En el Estado de Chiapas la caprinocultura no tiene un fundamento tradicional y socioantropológico como la suinicultura de la región de los altos (20); por lo que la cría de caprinos es escasa y dispersa; se calcula alrededor de 45,500 caprinos en el Estado; (15).

Los rebaños caprinos que se pueden observar, están constituidos por aproximadamente 30 caprinos, mestizas de las razas Granadina, Murciana y Rubia. Estos rebaños los localizamos en los municipios de Suchiapa, Chiapa de Corzo, Berriozábal, Cochoacoatlá, Huehuetán, Motozintla, San Cristóbal de las Casas, Sochil y Villaflorez; sólo se practica la caprinocultura en 10 municipios de los 115 que forman la división política del estado de Chiapas. (16).

En términos generales, la ganadería caprina de Chiapas es reflejo de la caprinocultura nacional ya que en nuestro país se ubica en sistemas tradicionales de explotación, concentrados principalmente en zonas áridas y semiáridas, donde los rebaños se conducen básicamente por familias campesinas con ganado fundamentalmente mestizo y de características genéticas muy heterogéneas con capacidad reproductiva y productiva prácticamente desconocidas (18).

El diagnóstico precoz de gestación, reviste importancia en la explotación racional de las especies, ya que a través de esta práctica es posible tomar decisiones tendientes a mejorar la

eficiencia reproductiva de las hembras, dentro de las más importantes se encuentran las siguientes:

- 1) Separación y remonta de las hembras no gestantes.
- 2) Evaluar la capacidad reproductiva (n.º de servicios por concepción).
- 3) Reducir el intervalo entre partos.
- 4) Incrementar el número de partos por año.
- 5) Eliminar repetidoras o de baja fertilidad.
- 6) Establecer programas de alimentación diferentes a hembras en gestación.

Entre las características de dependencia hormonal se encuentra el contenido de electrolitos del moco cérvico-vaginal, estos elementos pueden ser medidos indirectamente por medios electrónicos y es posible determinar la fase del ciclo estral y diagnóstico precoz de gestación (4).

Algunos autores han mostrado la posibilidad de realizar el diagnóstico precoz de gestación a los 21 días post-servicio, mediante la determinación de los niveles de progesterona en suero sanguíneo y de leche. Sin embargo este método de diagnóstico precoz de gestación resulta de un costo elevado y poco práctico (4).

Por lo anterior en otras investigaciones (3,9,14,17) utilizando los cambios de concentración del cloruro de sodio que contiene el moco cérvico-vaginal y por ende su resistencia eléctrica, han notado que es posible determinar la gestación a 21 días post-servicio con igual grado de confiabilidad que por

medio de la determinación de los niveles de progesterona mediante el empleo de Radio Inmunoanálisis, determinaciones que se han efectuado en ganado bovino (2,3,9,14,17,23).

Se han diseñado y publicado el uso de electrodos biológicos con la finalidad de que ciertos transductores puedan convertir un valor químico o biológico en una señal eléctrica (2,3,4,14,17).

A nivel comercial se cuenta con sensores para evaluar parámetros tales como la temperatura, el pH, el potencial Redox, el oxígeno disuelto y ciertos iones como el cloro y el sodio, otros compuestos que pueden cuantificarse mediante biosensores son: glucosa, ácido úrico, aminoácidos, anticuerpos, gonadotropinas y colesterol (5).

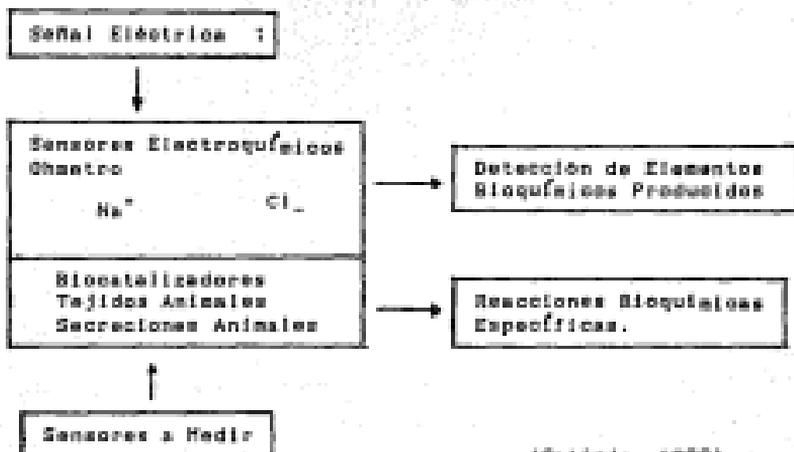
También se han utilizado para fines de diagnóstico de gestación, sensores biológicos en ovejas, vacas, cerdas, perras y yeguas; observándose resultados que suelen variar dependiendo de la especie, y el tipo de electrodo, así como la fuente de energía utilizada (14).

El fenómeno de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales, según su etapa reproductiva es común para la mayoría de las especies domésticas; en caprinos aparentemente no se han encontrado publicaciones que mencionen el uso de electro-biosensores en el diagnóstico de estro o de gestación.

Un electrodo biológico es la conjugación de un transductor que detecta el o los compuestos que intervienen en una determinada reacción biológica, por lo cual se puede convertir en

un instrumento electrónico que estime los cambios mediante lecturas de resistencia eléctrica (8), ver fig.1.

Fig. 01. DIAGRAMA DEL FLUJO DE LAS SECRECIONES .



(Galindo, 1988)

Este autor señala que las ventajas de un electrodo biológico son:

- a) Alta especificidad.
- b) Rápida medición.
- c) Simplicidad.
- d) Utilización mínima de reactivos.
- e) El elemento biológico puede usarse en forma repetida.
- f) Da la posibilidad de hacer medidas en serie.

El uso de biosensores en medicina veterinaria se ha dirigido principalmente al diagnóstico de estrés y diagnóstico precoz de gestación a partir de la lectura en ohms, estimados por la

resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales.

#### Comportamiento reproductivo de la cabra.

Una de las variaciones más serias en la reproducción de la cabra es la estacionalidad que muestran en su actividad reproductiva. Algunas poblaciones de cabras tienen una presentación estacional de estras, mientras que otras, localizadas en regiones tropicales no son afectadas por el fotoperíodo pero responden a otros factores (climáticos y nutricionales) (22).

La mayoría de las razas caprinas Europeas muestran una marcada estacionalidad, con una mayor presentación de estras en el otoño e invierno, este mecanismo de adaptación permite que las crías aseguren su supervivencia al nacer cuando las condiciones ambientales son más favorables (30).

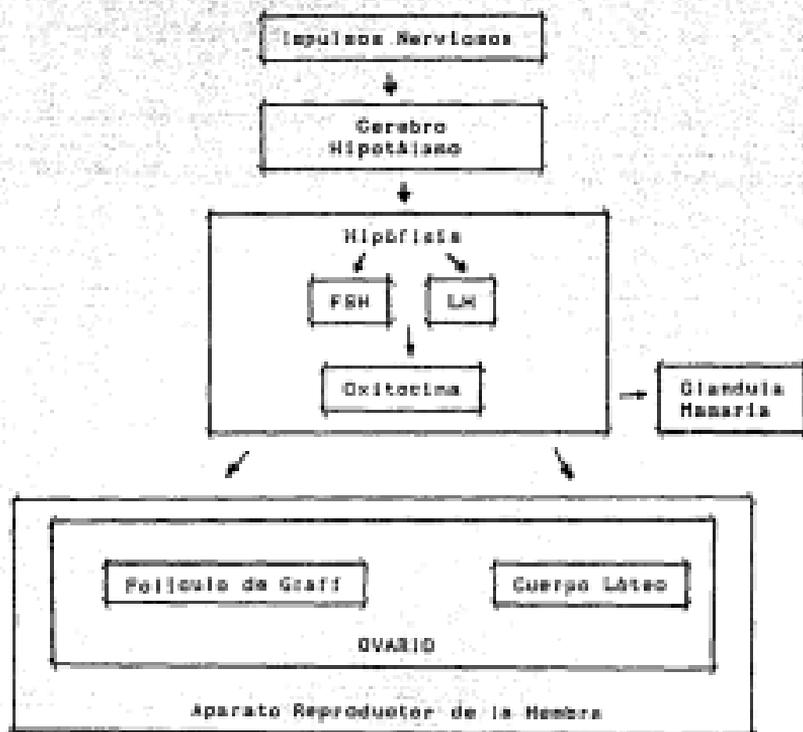
En las hembras de la raza alpina francesa ha sido estudiada su actividad reproductiva y ésta se manifiesta de septiembre a febrero y presenta un anestro de abril a julio (8).

Mackenzie (16), menciona que bajo condiciones tropicales las cabras pueden presentar ciclos estrales continuos que se repiten cada 18 a 21 días, durante todo el año.

Esto está influenciado por las condiciones climáticas de la zona, latitud, longitud, altitud, la raza, el estado nutricional, fisiológico y presencia o ausencia de macho, en general el celo dura de 24 a 36 horas.

En los trópicos la actividad del estro es mayor que en climas templados, la temperatura alta tiene un efecto sobre el sistema endocrino. La excitación aparece en forma periódica y bajo control endocrino. (ver fig. 2).

Fig.3. Control endocrino de la actividad reproductiva, en la hembra. (Devendra y Roleroy) (7).



Las cabras nativas en los trópicos tienden a tener ciclos estrales continuos, las cabras especializadas en producción de leche introducidas al trópico no tienen ciclos continuos completos o frecuentes (7).

La duración promedio del ciclo estral es de 18 a 21 días pero pueden variar de 15 a 24 días. En la India el 57% de los ciclos estrales en la raza Barbari varía de 17 a 23 días y el 26% fueron de corta duración, de 5 a 10 días. Los ciclos estrales cortos no son normales (7).

Las cabras Anglo-Nubia de las Filipinas manifiestan el 70% de los ciclos a intervalos de 4 a 10 días de duración, también se han publicado datos parecidos en cabras de ambiente templado en los Estados Unidos de Norteamérica, los ciclos estrales de las razas Saanen y Toggenburg fueron de 22.6 a 23.5 y 16.6 días respectivamente, casi todos los ciclos duran de 15 a 24 días y en algunas razas eternas de 2 a 12 días (7).

En Sudáfrica, en cabras Boer, en un estudio reciente, la ovulación ocurrió de 12 a 36 hrs. después del inicio del estro, la duración del estro fue de 24 a 36 hrs. (7).

Las épocas de mayor presentación de celo y empadre en el rebano "Abaita" de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad autónoma de Chiapas, se observan en los meses de febrero y marzo que corresponden al inicio de la época de estiaje y en los meses de julio y agosto se presenta el segundo período de empadre correspondiente al período de lluvias. Se ha estimado un 15% de incremento en la fertilidad en el segundo empadre. Los períodos de presentación de parto son dos, la primera en los meses de julio - agosto y la segunda de noviembre - marzo (18).

#### Manifestaciones de celo en cabras.

El celo es el conjunto de manifestaciones de deseo sexual que se presentan durante la fase de estrus del ciclo estral, esta fase corresponde al período de madurez del folículo ovárico. Su apreciación oportuna es de importancia para efectuar las montas o la inseminación (10).

En general en las hembras en celo se aprecia congestión y turgencia de los órganos sexuales externos, en el caso particular de la cabra, ésta se encuentra inquieta, emite balidos continuos, arquea con frecuencia la región lumbal, levanta la cola, monta a otras cabras y se deja montar, se nota también falta de apetito y rumia irregular (10).

#### Anatomía del tracto reproductivo de las cabras.

**Cérvis.** Es un cilindro muscular de forma tubular, ubicado entre la Vagina y el Útero, su pared es más dura, gruesa y rígida que la del Útero y Vagina. Esta irrigada por la arteria uterina media y por una rama de la pudesca interna.

La inervación consiste en las fibras del sistema simpático provenientes de la región lumbal y torácica inferior que forman los plexos uterino y pélvico (11).

El cérvix tiene de 3 a 5 pliegues músculo-fibrosos anulares, transversales que tienen una consistencia casi cartilaginosa. El cérvix de la cabra tiene una longitud de 2.5 a 5 cm. (11).

La mucosa del cérvix está formada de epitelio y una lámina propia de tejido conectivo, tiene muchas glándulas tubulares ramificadas, y de gran volumen (11).

El epitelio de la mucosa está formado por grandes células cilíndricas secretoras de moco. Los núcleos se encuentran cerca de la base de las células, se observan también células cilíndricas con el núcleo en la porción apical.

El cérvix secreta mucina y carbohidratos, el líquido del útero es una combinación de plasma sanguíneo y secreciones de las glándulas uterinas (10).

Vagina.- Órgano muscular membranoso ubicada en la cavidad pelviana en posición dorsal con respecto a la vejiga. La irrigación e inervación de la vagina provienen de las ramas de la arteria uterina y pudenda interna, y de los nervios autónomos del plexo pelviano respectivamente. La vagina de la cabra tiene una longitud de 2.5 a 10 cm. Sus paredes están formadas principalmente por fibras musculares lisas y tejido fibroelástico, tiene una poca milímetros de espesor, se haya revestido de mucosa con pliegues transversales, el epitelio estratificado no contiene glándulas sébo alias. Las secreciones son trasudados, la vagina anterior segrega moco (12).

El epitelio es de tipo plano estratificado no queratinizado, en epitelio similar al anterior reviste la pared del cuerpo que se proyecta en la vagina (11).

Durante el estró los frotis vaginales sólo contienen células queratinizadas, más tarde células nucleadas y gran número de leucocitos polimorfonucleares. La fase del diestro se caracteriza por la presencia de células epiteliales nucleadas y leucocitos. Durante el proestro los leucocitos han desaparecido y sólo se encuentran células nucleares epiteliales. Las células epiteliales de las capas más superficiales del epitelio vaginal tienden a almacenar grandes cantidades de glicógeno en su citoplasma (11).

El moco filamentosos presente en la vagina durante el estró proviene de las células de la mucosa vaginal y cuello del cérvix, bajo la influencia del estradiol. En el momento del estró la viscosidad del moco es mínima y su filancia es máxima, cuando se extiende una fina capa de moco estral sobre un porta objetos y se le seca, el alvado contenido salino o de NaCl, cristaliza en formas arborecentes o de helado. El moco cérvico-vaginal de la cabra es más viscoso y menos filante que el de las otras especies (bovinae, ovinae, equinae y porcinae) (12).

Moco.- Sustancia líquida ó semisólida, viscosa, translúcida secretada por las glándulas mucosas, y que está compuesto de: agua, mucina, sales inorgánicas, células epiteliales, leucocitos y sustancia granulosa.

Las hormonas que tienen influencia directa sobre las estructuras antes mencionadas son: estrógenos y progesterona.

Estrógenos.- Los estrógenos son sustancias esteroides susceptibles de inducir el estró. El estradiol y la estrona son

los estrógenos naturales producidos en los animales por las células de la teca interna, el folículo de Graaf y por la placenta.

El estradiol de los folículos de Graaf, producen signos clínicos y nerviosos del estro en los animales domésticos. Estos signos incluyen, desarrollo y queratinización del epitelio vaginal, aumento de la sensibilidad y amplitud de la contracción de los músculos uterinos. Bajo su influencia el cérvix se relaja y las células calcificadoras de ella y de la parte anterior de la vagina segregan gran cantidad de moco claro (21).

Progesterona.- La progesterona es una hormona esteroide producida por el cuerpo lúteo, también es producida por la corteza adrenal y la placenta. Luego de la ovulación se desarrolla el cuerpo lúteo a partir de las células de la granulosa y de la teca interna del folículo de Graaf y es mantenido por la hormona luteinizante de la glándula pituitaria anterior (21).

La progesterona promueve el desarrollo del sistema glandular del endometrio uterino y es necesaria para la producción de leche uterina por las glándulas endometriales, la nutrición del huevo y para la fijación del embrión (21).

La progesterona actúa con el estrógeno en la mayoría de las especies provocando los signos del estro y de aceptación al macho (21).

Se han desarrollado diferentes métodos de diagnóstico precoz de Gestación en bovinos, ovinos y caprinos, sin embargo la mayoría de estos métodos no son adaptables a las condiciones de campo ya que algunos son complicados y costosos y otros son sencillos pero con cierta incertidumbre, hasta la fecha no se ha desarrollado un método económico, rápido y preciso.

#### Métodos de diagnóstico precoz de gestación en cabras.

El diagnóstico precoz de gestación en cabras a los 21 días postservicio puede ser detectado siguiendo las técnicas que a continuación se mencionan:

##### A).- Técnicas bioquímicas

**Radio inmunanálisis.** Es una técnica que se emplea para la cuantificación de hormonas proteicas, esteroides, vitaminas y drogas (23).

Este método se basa en la competencia que existe entre la hormona de la muestra o del estándar y la hormona marcada por un isótopo radioactivo por los sitios de unión de sus receptores específicos localizados en el anticuerpo. Estos enlaces dan lugar a la formación de complejos antígeno-anticuerpo marcado y antígeno-anticuerpo no marcado (23).

La hormona de la muestra impide o desplaza a la unión de la hormona radioactiva con los receptores del anticuerpo, ocasionando un decremento proporcional de la hormona radioactiva unida al anticuerpo.

Para determinar el grado de inhibición competitiva se mide la radioactividad del antígeno marcado unido al anticuerpo y se le compara con el valor estándar del antígeno (23).

Observación de no retorno al estro.

La falta de retorno al estro es el día 20-21, esto se aplica a las hembras durante la estación reproductiva normal. Los signos de estro en la cabra incluyen: intranquilidad, movimiento frecuente de las cola (banderillas), emite con frecuencia un balido peculiar y puede disminuir su rendimiento de leche. La anorexia y la edematización vulvar son signos habituales del estro en la cabra (21).

Técnicas electroquímicas.

Durante los últimos años han aparecido algunos artículos concernientes a los cambios de resistencia eléctrica en la mucosa de la vagina asociados con el estro y diagnósticos temprano de gestación a los 21 días, en ganado bovino y ovino. La resistencia eléctrica tiende a bajar considerablemente durante el estro, vacas inseminadas con resistencia eléctrica baja, muestran mayores probabilidades de preñez que vacas inseminadas con valores de resistencia eléctrica alta, a continuación se mencionan algunos reportes al respecto:

Gartland (8), Wehaud y Scott, (2).- Evaluaron los cambios de la resistencia eléctrica del ciclo estral contra progesterona en suero de leche. El probador que diseñaron fué utilizado por Metzger, el cual fué insertado en la vagina anterior para medir

la resistencia eléctrica del moco.

Las muestras de leche para medir progesterona fueron refrigeradas inmediatamente y posteriormente fueron congeladas con un baño de  $\text{CO}_2$  sólido (hielo seco) para posteriormente analizarlo por Radio Inmunoanálisis, 15 de las 20 vacas bajo prueba presentaron ciclos normales, la progesterona en leche de estas vacas subió rápidamente del día 6 a 7 postestro, se mantuvo del día 10 al 11 y declinó rápidamente 2 días antes del próximo estro.

La resistencia eléctrica del moco vaginal siguió un patrón cíclico similar pero solo aumentó el 20% aproximadamente a la mitad del ciclo estral, la resistencia eléctrica del moco vaginal medida en este experimento es un método viable para conocer el estado reproductivo del animal. Las medidas obtenidas fueron de 30.7 a 40.8 Ohms, en los días 6-9 del ciclo y las variaciones de progesterona durante el ciclo fue de 1.8 ng/ml. Durante el estro hasta 10.1 ng/ml. durante los días 10 y 11 del ciclo.

Leild, (14) encontró que había distinta relación entre la medida de resistencia eléctrica y los periodos de ciclo estral en el ganado vacuno, los más bajos valores fueron observados durante el estro 20  $\pm$  5.7 ohms, en vacas ovariectomizadas; no se observarán cambios en la resistencia eléctrica en el tratamiento con estrógenos y los niveles de resistencia fueron similares a aquellos observados en animales intactos en el tiempo del estro. En condiciones patológicas de los órganos genitales los valores también son similares a los observados en estro. En ovinos

se registraron los siguientes valores: esto, 90 ohms y diagnóstico precoz de gestación a 21 días, 90 ohms.

Botta, Ditenacou y Mellinger (2), reportaron un detector electrónico vaginal que consiste en un tubo de plexiglas con dos pares de electrodos de acero, colocados a 90° cerca del final del probador; los pares de electrodos dorsal y ventral fueron colocados a 45° de los ejes verticales del detector y un circuito electrónico que induce corriente alterna a los electrodos.

Se tomó además una lectura neutral, todos los valores fueron monitoreados con un medidor digital, atado a la cintura. Se construyó un contenedor para desinfectar los electrodos, que contenía tres receptores, estos permitieron que el electrodo fuera sumergido en una solución caliente de desinfectante, cuando menos un minuto y enjuagando en dos cambios de aguas tibia entre vaca y vaca.

Los valores promedio para las diferentes posiciones del electrodo probadas en el día de la inseminación fueron:

Neutral	Ventral	Dorsal
31.5 ± 0.8 ohms	40.0 ± 0.7 ohms	48.3 ± 1.0 ohms

Hackman, Katz, Botta, Scott, Ditenacou and Marshall (12) Utilizaron un probador electrónico forrado por una barra de plexiglas de 1.0 cm de diámetro por 4.0 cm de largo, dotados por

dos pares de electrodos de acero inoxidable, situados a  $90^{\circ}$  de separación cerca del extremo del probador, fueron colocados de tal manera que los pares de electrodos dorsales y ventrales se encontraran localizados a  $45^{\circ}$  del eje vertical del probador, un par en la superficie dorsal y otro par en la superficie ventral.

Los electrodos fueron conectados a un circuito electrónico el cual les suministraba voltaje alterno, las lecturas se llevaron a cabo por medio de un medidor digital calibrado para medir la resistencia eléctrica de la vagina anterior y que va asegurado a la cintura.

El día del estro las lecturas de 28 ohms se acompañaron por concentraciones de 1.2 (0.15 ng/ml) de progesterona en suero de leche.

McCaughy (17). Utilizó un probador electrónico con dos pares de sensores anulares, en 135 vacas divididas en dos hatos. Las pruebas se llevaron a cabo el día de la inseminación y 21 días después se compararon los resultados del diagnóstico precoz de gestación, con el análisis de la progesterona en suero de leche y con la lectura de resistencia eléctrica de la mucosa vaginal. Las lecturas del día de estro fué de 37 ohms acompañadas por concentraciones de 0.4 ng./ml. de progesterona en suero de leche y a los 21 días post servicio las lecturas fueron de 47.5 ohms acompañadas por concentraciones de progesterona de 3.0 ng./ml. en suero de leche.

Bastante, et al (18), compararon la efectividad para el diagnóstico precoz de gestación, de la resistencia eléctrica de

las secreciones cérvico-vaginales, por medio de Radio Inmunoanálisis, utilizaron un ohmetro comercial que suministra corriente directa, los electrodos fueron diseñados y construidos por ellos mismos. Registrando los siguientes valores de resistencia eléctrica, para animales en estro fué de  $31.21 \pm 3.28$  ohms, a los 21 días postservicio la lectura de los animales gestantes fué de  $58.9 \pm 14.6$  ohms, los resultados del Radio Inmunoanálisis fueron de  $0.221 \pm 0.175$   $\mu\text{g./ml}$  de progesterona en suero sanguíneo.

Bustamante y Yamasaki (4), compararon los resultados de diagnósticos de gestación por palpación rectal a 60 días postservicio, con los resultados obtenidos a los 21 días mediante el electro-biosensor, igualmente compararon la tasa de fertilidad obtenida al inseminar, con las diferentes lecturas del instrumento, obteniéndose una eficiencia del 87.27% para detectar las vacas gestantes y 100% las no gestantes. Se utilizaron un total de 134 animales de la raza Holstein. Se empleó este mismo electro-biosensor con electrodos diseñados para bovinos con el propósito de determinar los cambios de concentraciones de electrolitos en las secreciones cérvico-vaginales. El instrumento consta de un componente electrónico y un electrodo con dos sensores anulares, que se introducen en vagina para efectuar la lectura, fué calibrado en base a trabajos previos y cuenta con dos escalas: la primera para determinar el tiempo óptimo de inseminación y la segunda para el diagnóstico temprano de gestación.

En el siguiente cuadro según los autores se presenta un resumen de los trabajos efectuados mediante la resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales durante el estro y en el diagnóstico temprano de gestación.

Cuadro 41.- Resumen de trabajos de Resistencia Eléctrica.

Autor	Año	Estro		Diagnóstico de Gestación, 21 días.	
		Ohrs	ng/ml P <sub>4</sub>	Ohrs	ng/ml P <sub>4</sub>
Lalid	1976	30 ± 5.7	-----	54 ± 6.8	-----
		60*	-----	90*	-----
Botta et al, 1979		31.5 ± 6.8	-----	-----	-----
Hackman et al, 1979		20	1.2 ± 0.15 <sup>b</sup>	-----	-----
McGeighey	1981	37	0.4	43.5	3.0 <sub>b</sub>
Bustamente	1984	31.2 ± 3.3	0.221 ± 0.175	59.9 ± 14.5	3.48 ± 1.6 <sub>g</sub>

\* Orinos.

<sup>b</sup> Suero de Leche.

<sub>g</sub> Suero Sanguíneo.

#### Clases de electrolitos.

1.- Son cuerpos que dejan circular la corriente, sin transformación química, pero se calientan disminuyendo así su conductibilidad eléctrica ej. metales.

2.- Son cuerpos que al paso de la corriente eléctrica sufren transformaciones químicas, descomponiendo o disociando sus moléculas ej. ácidos, bases, sales. Son electrolitos, los ácidos, las bases y las sales (el suco cérvico-vaginal está compuesto de sales por lo tanto entra dentro de esta clase de

sustancias electrolíticas); que al disolverse todos ellos se dividen o disocian total o parcialmente en iones positivos o cationes y en iones negativos o aniones, aún antes de pasar la corriente eléctrica por la solución: ej.



### Resistencia eléctrica.

Las cargas móviles que constituyen la corriente eléctrica, aceleradas por el voltaje  $V_{ab}$ , realizarán choques contra los átomos o moléculas del conductor, por lo cual habrá una oposición que éste ofrecerá al paso de la corriente eléctrica a través de él. Esta oposición podrá ser mayor o menor, dependiendo de la naturaleza del conductor (1).

Para caracterizar el impedimento que un conductor ofrece al paso de corrientes a través de él, se define una magnitud que se denomina Resistencia Eléctrica (R) del conductor, de la manera siguiente:

$$R = \frac{V_{ab}}{I}$$

donde:

R= resistencia  
 V= voltaje (volts)  
 I= corriente (amperes)

Por lo tanto, para un valor determinado de  $V_{ab}$ , cuanto menor sea el valor de la corriente (I), tanto mayor será el valor de R, es decir, tanto mayor será la oposición que ofrece el conductor al paso de corriente a través de él.

La unidad de esta magnitud en el sistema inglés, es el volt por ampere (V/A). Esta unidad se denomina OHM (y se representa por la letra griega omega mayúscula Ω) en honor al físico alemán del siglo pasado, George Simon Ohm que realizó el estudio de fenómenos relacionados con la corriente eléctrica. Luego entonces,

$$R = \frac{V}{I} \text{ } \Omega$$

Cuando un voltaje  $V_{ab}$  se aplica a los extremos de un conductor, estableciendo en él una corriente eléctrica (I), la resistencia de este conductor está dada por la relación:

$$R = \frac{V_{ab}}{I}$$

Cuanto mayor sea el valor de R, tanto mayor será la oposición que el conductor ofrece al paso de la corriente (I).

Por lo antes expuesto el objetivo de ésta investigación, es determinar mediante un electro-biosensores cambios en el potencial eléctrico, de las secreciones cérvico-vaginales a los 21 días de gestación con respecto al momento del estro para establecer el diagnóstico precoz de la gestación en cabras.

## MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se realizó con el rebaño caprino "familias" de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas, ubicada en el rancho San Francisco municipio, de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, localizada en el Km 5 de la carretera Tera-Vicente Guerrero.

Se encuentra a una altura de 550 mm, con un clima AU, semiseco-cálido, con invierno y primavera seca, dos estaciones diferenciadas por una temporada seca de corta duración, en invierno y una larga a mitad de año.

La temperatura media es de 25.9<sup>o</sup> C, en verano es de 24.2<sup>o</sup> C, en otoño es de 22<sup>o</sup> C y en invierno de 30<sup>o</sup> C. Con una precipitación pluvial de 948.2 mm, siendo los meses de junio y julio los más lluviosos (5).

Para el desarrollo de este trabajo se tomaron todas las hembras mestizas del rebaño de las razas Alpino, Nubia y Granadina que fueron 48 animales, de acuerdo con los siguientes criterios: que iniciaran su actividad ovárica durante el periodo de experimentación (julio a diciembre, 1968) que fueran servidas, que no retornaron al estro y que el parto coincidiera con la fecha probable de éste.

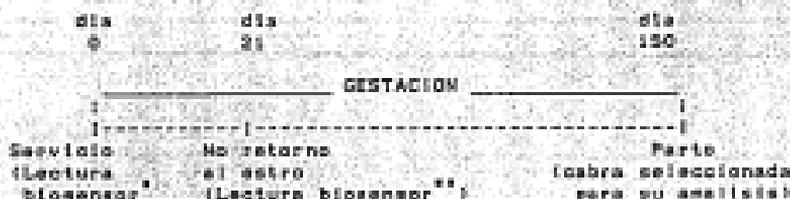
La edad de las cabras fluctuó entre dos y seis años, la monta fue supervisada y consistió en introducir dos machos mestizos (Nubio-Alpino) con previo análisis seminal positivo. A las hembras que se detectaron en celo se les procedió a

determinar el valor de la resistencia eléctrica de sus secreciones cervicovaginales y posteriormente se realizó el apareamiento en el tiempo comprendido entre los 5 y 3 de la mañana.

La determinación de las lecturas de resistencia eléctrica de las secreciones cervicovaginales para diagnóstico precoz de gestación se llevaron a cabo el día 21 postservicio, comparándolos con no retorno al estro y fecha probable de parto.

De las 48 cabras solo 22 cumplieron con los requisitos antes mencionados. El rabeño se mantuvo establecido y el alimento suministrado fué, ensilado de sorgo y sales minerales ad libitum.

Fig. 13 Esquema para la determinación de lecturas de resistencia eléctrica.



\* Lecturas para determinar Estro

\*\* Lecturas para determinar Diagnóstico precoz de Gestación

El calendario de trabajo comprendió los siguientes puntos:

a) Observación, toma de lectura de resistencia eléctrica y control en el momento del servicio.

b) Observación de no retorno al estro a los 21 días

postservicio y toma de lectura de resistencia eléctrica.

- c) Observación del parto a los 5 meses postservicio.
- d) Corroboración de la fecha de servicio y parto con las fechas de lecturas de resistencia eléctrica (para determinar que las obras paridas correspondieron a las que fueron servidas y observar la ausencia de celo a los 21 días postservicio).

El electro-biosensor es un instrumento de medición que detecta valores de resistencia eléctrica expresada en ohmios, con una escala de 0-200 ohms. Internamente está formado por un oscilador de baja frecuencia y un amplificador que detecta el flujo de electrones que circulan a través del electrolito y el medio, en este caso, las secreciones cérvico-vaginales, dependiendo de la cantidad de electrolitos en el medio se manifestará con mayor o menor resistencia eléctrica, la cual es leída sobre la escala antes mencionada. Es de hacer notar que este instrumento es básicamente un Ohmetro, que comprende un electrolito con dos sensores en forma anular, y está fabricado en alerura de polivinilico (PVC) y bronce, que a diferencia de los convencionales utilizados en electrónica, en los cuales fluyen por los electrodos voltaje directo (pola positivo y pola negativo), por lo que los electrodos presentan polarización, en este caso es el electro-biosensor utilizado, el electrolito no está polarizado ya que en él fluye voltaje alterno. Ver fig. 44 y 5.

El electro-biosensor para determinar el diagnóstico temprano de gestación fue diseñado y construido por el personal del Departamento de Genética y Estadística de la escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Fig. 14 Dimensiones del electrodo

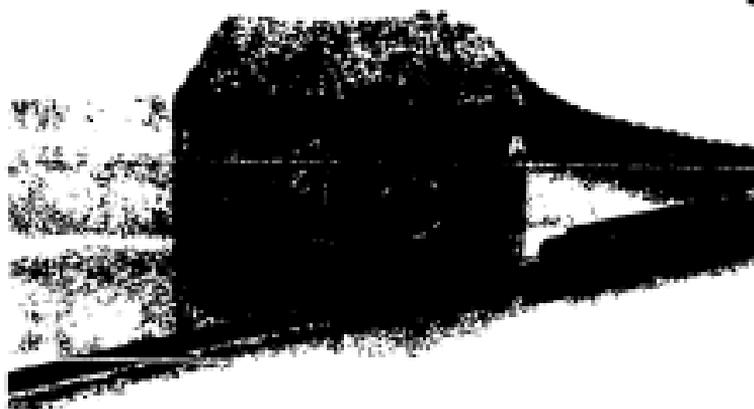
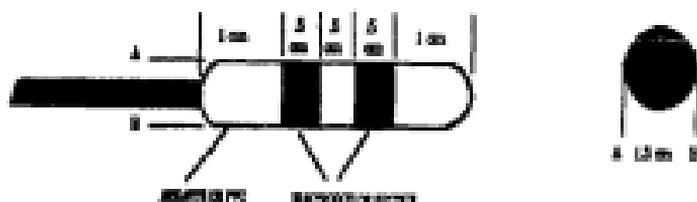


Figura 15. Instrumento para determinar las lecturas de resistencia eléctrica de las secreciones cervico-vaginales.

Para la obtención de lecturas de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales en las hebras seleccionadas para este estudio, se llevaron a efecto los siguientes pasos:

a) lavado y secado de la región perivulvar

b) Desinfección del electrodo en solución de cloruro de benzalconio a una concentración de 1:100 durante 5 minutos, se lava en agua destilada y se procede a secar perfectamente.

c) Introducción vía vaginal del electrodo hasta tocar con el cérvix, se procede a dar un movimiento circular de 360° al electrodo, con el objeto de que el moco se adhiera al mismo, especialmente a los sensores, se hace una presión hacia la parte ventral de la vagina para mantener una mejor área de contacto entre el moco y los sensores, mientras se toma la lectura. Se enciende el aparato en la posición de prueba y se toma la lectura, en cuanto ésta se estabilice, que suele ser en un lapso de 10-15 segundos.

d) Tomada la lectura se apaga el aparato, se retira el electrodo, se quita el moco del electrodo y se procede a desinfectar de la forma mencionada en el inciso b.

#### Análisis estadístico.

Los valores que se obtuvieron de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales en el momento del sexo oral como a los 21 días postservicio, fueron analizados mediante la prueba de "t" de student apareada, para determinar la existencia

de diferencias estadísticamente significativas entre las medias muestrales. En función a los valores obtenidos para estró y gestación se contruyó un intervalo de confianza al 95% para determinar el rango de lectura de la resistencia eléctrica, tanto para el momento del estró como para el diagnóstico precoz de la gestación. Ademas se calculó su desviación estandar y coeficiente de variación (13).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las lecturas de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales de las cabras sujetas a estudio, y que fueron obtenidas mediante el electro-biosensor durante la presencia de estro y gestación a 21 días postservicio se registraron los siguientes valores:

Cuadro 12. Valores obtenidos de Resistencia Eléctrica en estro y de Gestación a 21 días postservicio.

Estimador	Estro.	Gestación (21 días)
MEDIA	72 ohms <sup>a</sup> .	110 ohms <sup>b</sup> .
D.S.	± 9 ohms	± 25 ohms.
C.V.	12.50 %	22.6 %
Rango.	60-110 ohms	80-125 ohms.
n	31	21

Columnas con diferente literal son estadísticamente significativas  $P < 0.05$

Estos valores son similares a los reportados por Leild, (16) donde para estro los valores medios encontrados fueron de 60 ohms y 80 ohms para diagnóstico precoz de gestación en ovinos. Los valores de estro y diagnóstico precoz de gestación en bovinos difieren fundamentalmente debido a las siguientes situaciones.

El diámetro del electrodo, influye de forma inversamente proporcional sobre los valores registrados, puesto que la resistencia eléctrica, está influenciada por el área disponible de los electrodos y su separación, debido a que estos fueron diseñados en función a la estructura anatómica de la vagina de la Cabra, se disminuye el diámetro y longitud del electrodo, en comparación con los utilizados para bovinos que menciona Heckman (12). Por lo tanto a menor área del electrodo mayor resistencia eléctrica, esto justifica que los valores de la resistencia eléctrica obtenida con estos electrodos y en esta especie difiera notablemente a los reportados en Bovinos.

Es también probable que las características propias del meco cérvico-vaginal de los caprinos modifique la respuesta al paso de los electrones y conjuntamente con el diámetro del electrodo haya generado valores mayores que en bovinos.

Para determinar que no existe una relación en los valores de estró y diagnóstico precoz de gestación a los 21 días se efectuó una correlación lineal, entre los valores de estró y gestación a 21 días, dando como resultado un coeficiente de correlación de:  $R_{xy} = 0.39$  no significativo, con una probabilidad de  $P > 0.1$ , por lo tanto los valores generados por el electro-biosensor para estró y diagnóstico precoz de gestación fluctúan de manera independiente y no tienen relación.

Se construyó un intervalo de confianza del 95% en probabilidad de que los valores del potencial eléctrico de las secreciones cérvico-vaginales en lecturas de gestación a los 21

días postservicio tengan un valor entre 100 y 110 ohms.

Para valores de astro con el mismo intervalo de confianza se estimó un potencial eléctrico entre 69-75 Ohms.

Es de hacer notar que se desconocen las lecturas que se puedan generar en gestaciones avanzadas, queda abierta la posibilidad de valorar el instrumento en esas condiciones.

Es conveniente que se retome esta investigación con un mayor número de animales para tener mayor grado de precisión y exactitud en los resultados obtenidos.

Es recomendable evaluar durante todo el período de gestación para poder determinar las lecturas que se presentan durante ésta, así como en situaciones anormales como pueden ser problemas patológicos en el aparato reproductor, ya que se desconocen los valores que se puedan presentar bajo estas circunstancias y que en determinada situación puedan dar valores falsos positivos o falsos negativos tanto para el astro como en el diagnóstico precoz de la gestación.

## CONCLUSIONES

- Los valores de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales al momento del estro, fluctuaron en un rango del 60-75 ohms con un intervalo de confianza del 95%

- Los valores de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales a los 21 días de gestación, fluctuaron en un rango de 100-110 ohms con un intervalo de confianza del 95%.

- El incremento de los valores de resistencia eléctrica de las secreciones cérvico-vaginales a los 21 días de gestación, con relación al momento del estro permiten establecer un método de diagnóstico precoz de la gestación en cabras

- El uso de un electro-biosensor es una alternativa más para el diagnóstico precoz de la gestación en Cabras a los 21 días postparto, además de ser una prueba de fácil aplicación y costo relativamente bajo.

## LITERATURA CITADA.

- 1- Alverenga, B. y Maximo, A. Física General 1a. ed. Ed. María. Pp.742-745. México, 1963.
- 2- Botta, H., Oltencu, B., Hallinger, J., Scott, R. and Marshall. Pregnancy rate in dairy cows inseminated on the basis of electronic probe measurement. J. of dairy sciences vol. 62 61:62-71 (1979).
- 3- Bustamante, G., Garcia, G., Ramirez, B. Diagnóstico de gestación temprana en bovinos mediante la determinación de la Resistencia Eléctrica de las secreciones cervico-vaginales, y niveles sericos de PA. Memorias del X congreso internacional de reproducción animal e inseminación artificial. S. of Illinois, vol. II: 65-68 (1984)
- 4- Bustamante, G. y Yamazaki, A. Diagnóstico de gestación a 21 días postservicio y determinación del momento óptimo de inseminación por medio de OVDGEST. Memorias del VI congreso latinoamericano de ginecología y obstetricia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.S.A.H. Pp.85-87. México (1987)
- 5- Cardozo, D. El clima de Chiapas y Tabasco. 1a. ed., Instituto de Geografía U.S.A.H. México (1979).
- 6- Cortesi, J.R. The use of progestagens to control the oestrus cycle of the dairy goat. Ann.Ric. Anim. Ricch. Biotecn. vol. 13: 35-36, (1977).

7- Devendra, C. y Mc Leray, G.B. Producción de cabras y  
ovejas en los trópicos. 1a. ed. Ed. manual moderno. Pp.37-42.  
México 1988.

8- Salido, E. Electrodo Biológico. Ciencia y  
Desarrollo, 171. Pp.37-54. México (1988).

9- Gartland, P., Wehaud, J. and Scott, S.M. Detection of estrus  
in dairy cows by electrical measurements of vaginal mucus and by  
milk progesterone. J. of Dairy Science, vol. 59 45: 25-33 (1976).

10- Hafez, E.S.E. Reproduction in farm animals. 3a. ed.  
Philadelphia. 827 p. 1974.

11- Faa, A.V. Tratado de Histología. 7a. ed. Ed. Interamericana.  
Pp. 780-838. México 1975.

12- Heckman, S., Katz, L., Sotte, H., Ditenacu, S., Scott, M.  
and Marshal, A. Estrous cycle pattern in cattle monitored by  
electrical resistance and milk progesterone. Dairy Sci., vol. 62:  
56-59 (1979).

13- Hurley Phee Dennis, Probabilidad y Estadística. 1a.  
ed. Ed.Lima. México 1984.

14- Leild, W. Measurement of electric resistance of the vaginal  
mucus as an aid for heat detection. Theriogenology, vol. 6 # 33.  
14-21, (1976).

15- Martí, E. Almanaque de Chiapas, Almanaque de México.  
399 p. México 1984.

- 16- Mackenzie, D. Goat husbandry. Faber & Faber. 3a. ed. London. 1970.
- 17- McCaughey, M.J. Pregnancy diagnosis in cattle by measuring vaginal electrical resistance. Vet. Res. vol. 15: 89-99 1981.
- 18- Májera, M. y Yamasaki, A. Descripción de un rebaño mestizo en el trópico semiseco. Memorias 3do. Congreso Nacional Asociación de Zootecnistas y Técnicos en Caprinocultura. Colima 1985.
- 19- Ocaña, J. y Carroza, J.R. Diccionario de zootecnia. 1a. ed. Ed. Trillas. Pp. 54-55. México 1985.
- 20- Persegrovas, S. y Pastor, A. El berrero Chiapas. cuadernos de investigación. Un.A.CH. Tuxtla Gutierrez. Chiapas. 1983.
- 21- Roberts, S.J. Obstetricia veterinaria y Patología de la Reproducción. 2a. ed. Ed. Ministerio sur S.A. Pp. 485-489. México 1971.
- 22- Shelton, H. Management of reproduction of the goat symposium of management of reproduction. University Wisconsin. Madison. 1977.
- 23- Skromce-Kadlubik, G. Radio inuncenálisis. metodología. material mecanografiado del laboratorio de radionúclidos. Septe. de fisiología Facultad de Medicina. U.N.A.M. 1984.