

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
INSTITUTO DE REPRODUCCIÓN ANIMAL

**RESISTENCIA ELÉCTRICA EN MUCUS VAGINAL DURANTE EL CICLO
ESTRAL EN VACAS**

Memoria de Título presentada como parte
de los requisitos para optar al TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO

SERGIO IGNACIO BERTIN SOTO

VALDIVIA-CHILE

2008

PROFESOR PATROCINANTE

Dr. Jorge Correa S.

Nombre

Firma

PROFESORES CALIFICADORES

Dra. M^a Angélica Hidalgo G.

Nombre

Firma

Dr. Esteban Molinari L.

Nombre

Firma

FECHA DE APROBACIÓN:

07 de Enero de 2008

Con amor, a mi familia.

ÍNDICE

Capítulo	Página
1. RESUMEN	1
2. SUMMARY	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
5. RESULTADOS.....	11
6. DISCUSIÓN.....	14
7. BIBLIOGRAFÍA.....	18
8. ANEXOS.....	20
9. AGRADECIMIENTOS.....	21

1. RESUMEN

La tarea de detección de celos ha llevado a la creación de un instrumento basado en la determinación de cambios en resistencia eléctrica del mucus vaginal bovino. En base a lo anterior, se formula la hipótesis de que existen diferencias de resistencia eléctrica en mucus vaginal, durante el ciclo estral bovino.

El objetivo del trabajo fue desarrollar la técnica de medición de resistencia eléctrica (RE) en mucus vaginal durante el ciclo estral. Para realizar la medición se empleó un detector electrónico comercialmente disponible en 8 vacas raza Frisón Negro de lechería, las cuales fueron sondeadas en forma diaria, por la mañana y por la tarde, durante un periodo de 25 días. Además se realizó medición de progesterona (P4) en leche a todas las vacas cada tres días durante igual periodo.

Se determinaron cambios en los valores de resistencia eléctrica durante las 4 etapas del ciclo estral, observándose los valores más bajos durante el estro y los más altos durante el diestro. Los valores promedio obtenidos de resistencia eléctrica por etapa fueron de 239 unidades ohms para la etapa de proestro, 181 para la etapa de estro, 214 y 254 para las etapas de metaestro y diestro respectivamente. Los niveles promedio obtenidos de progesterona en leche fueron de 4,2 nmol/l para la etapa de proestro, 0,1 para el día del estro, 0,55 y 11,5 para las etapas de metaestro y diestro respectivamente.

Se concluye en este trabajo que se producen cambios de resistencia eléctrica en el mucus vaginal durante el ciclo estral bovino. La medición esporádica de resistencia no permite determinar la etapa del ciclo estral que cursa el animal y, que en general, la resistencia eléctrica del mucus vaginal y progesterona en leche tienden a mostrar un comportamiento similar durante el ciclo estral.

Palabras claves: Resistencia eléctrica, detección de celo, mucus vaginal.

2. SUMMARY

VAGINAL MUCUS ELECTRIC RESISTANCE DURING THE ESTROUS CYCLE IN COWS

The task of detecting estrus has brought the creation of an instrument based on the determination of changes in electrical resistance of bovine vaginal mucus. Based on the existence of such an instrument, it is hypothesized that there are differences of electrical vaginal mucus resistance during the bovine estrous cycle.

The objective of this work was to set up the technique of measuring electrical resistance (RE) in vaginal mucus during the estrous cycle. The measurements were made using a commercially electronic detector on eight Friesian dairy cows, which were controlled daily (morning and evening) during a period of 25 days. In addition, milk samples were taken from all the cows every three days for progesterone determination by RIA.

It was observed differences in the values of electrical resistance during the 4 stages of the estrous cycle, observing the lowest values during estrus and the highest values during the diestrus. The values average of electrical resistance by stage were of 239 units for proestrus, 181 for estrus, 214 and 254 for metaestrus and diestrus respectively. The milk progesterone were 4.2 nmol/l for proestrus, 0.1 for estrus, 0.55 and 11.5 for metaestrus and diestrus respectively.

In conclusions there are changes of electrical resistance in the vaginal mucus during the bovine estrous cycle; However the measurement of a unique sample of resistance does not allow the determination of the stage of the estrous cycle; and finally, that in general, the electrical resistance of the vaginal mucus and milk progesterone tends to show a similar graphical behavior during the estrous cycle.

Key words: Electrical resistance, detection of estrus, vaginal mucus.

3. INTRODUCCIÓN

La detección de celos se ha transformado en una real preocupación en los últimos años. La razón principal reside en que los índices reproductivos han impactado negativamente como consecuencia de la alta producción de leche de las razas lecheras que se utilizan actualmente (Giúdice 2006). Estudios como el de Rorie y col (2002) en Estados Unidos han demostrado claramente que los signos primarios de celo se han debilitado durante su presentación y que los tiempos de duración de los mismos han disminuido, además de que se presentan con mayor frecuencia durante la noche, lo que lleva a la necesidad de realizar las observaciones durante la tarde o noche para lograr una detección eficiente de celos.

Uno de los índices reproductivos más utilizados hoy en día para evaluar la eficiencia reproductiva de los rebaños lecheros es la tasa de preñez a los 21 días, el cual se obtiene multiplicando el porcentaje de concepción por el porcentaje de detección de celo. Cualquier disminución en uno de los dos parámetros afecta drásticamente el porcentaje de preñez (Cutaia 2006). En este contexto la eficiencia en detección de celos aparece como un punto crítico que incide directamente en la fertilidad y por ende en los índices reproductivos de los rebaños. Esta problemática ha conducido a la búsqueda de herramientas que puedan ayudar en esta tarea. Así, tecnologías electrónicas han sido desarrolladas en un esfuerzo por mejorar la eficiencia en detección de celo (Rorie y col 2002). Estas nuevas tecnologías para la solución de estos problemas deben ser más eficaces que la observación visual y las ayudas usadas actualmente para detectar celo (Senger 1994). En esta materia se ha estudiado la variación de resistencia eléctrica de las secreciones vaginales durante diferentes etapas del ciclo estral, determinando que la fluctuación en la concentración de cloruros y cantidad de mucus durante el ciclo estral son responsables de dicha variación (Foote 1975). Comercialmente se encuentra disponible tecnología electrónica basada en cambios en propiedades químicas y eléctricas de las secreciones del tracto reproductivo (Rorie y col 2002). Por otra parte el conocimiento objetivo del estado estral de los animales domésticos permite mejorar la aplicación de biotécnicas como la inseminación artificial y transferencia de embriones (Leidl y Stolla 1976).

3.1 MUCUS CERVICAL

Las células caliciformes presentes en el cuello uterino secretan una sustancia consistente en un moco cuya cantidad, viscosidad y composición siempre variables, dependen del equilibrio de las hormonas gonadales (Mac Donald 1981).

En cuanto a la composición del mucus cervical, Elstein y col (1972), establecieron que el principal constituyente del mucus cervical es una glicoproteína rica en carbohidratos llamada mucina. Es posible determinar variaciones en cuanto a morfología celular y características secretoras del epitelio cervical en el transcurso del ciclo estral coincidentes al ciclo endocrino (Williams 1964). La elasticidad del flujo aumenta con estimulación

estrogénica, sin embargo, la viscosidad y la plasticidad aumentan con estimulación de progesterona (Kesseru 1972). La composición química del mucus cervical también experimenta marcadas alteraciones cíclicas durante el ciclo estral, destacando el periodo de estro respecto de las demás fases (Pohl 1989). Durante el estro junto con aumentar el volumen de mucus, se incrementa el contenido de agua, la concentración de cloruro sódico y mucina, mientras disminuyen la tensión superficial, el contenido de nitrógeno, la concentración de potasio y el fósforo inorgánico (Derivaux 1976).

3.2 DETECCIÓN DE CELO

La detección de celos forma parte de las actividades habituales en la rutina de los rebaños lecheros, siendo la observación visual de los animales el método tradicionalmente ocupado para esta labor.

Programas como los de inseminación artificial y transferencia de embriones, requieren de eficiencia y exactitud en la detección del estro (Rorie y col 2002), definiéndose eficiencia en detección como el porcentaje de animales en estro que son verdaderamente detectados y, donde exactitud, es la porción de animales identificados en estro de los que verdaderamente lo están. Sin embargo, en numerosas oportunidades esta elemental actividad es la con menor disponibilidad de tiempo para realizar por el personal del predio, llevándose muchas veces hembras a una temprana eliminación del rebaño producto de ineficiencia reproductiva. En este sentido, Smith y col (1989), señalan que ineficiencia reproductiva es una de las 3 principales causas para desecho de vacas de lechería, lo cual se efectuaría en un esfuerzo por lograr un intervalo ideal de nacimientos de 12 meses. Por su parte Senger (1994), manifiesta que los rebaños lecheros tienden a crecer en número de animales, incrementando el problema de una pobre detección de celos ya que la disponibilidad de mano de obra por vaca disminuiría. Sumado a lo anterior, Rorie y col (2002), revelan que en Estados Unidos aproximadamente un 25% de las vacas de lechería tienen periodos de estro caracterizados por ser de baja intensidad y corta duración. Además señalan que cuando se realizan 2 observaciones diarias, es probable que algunas vacas en estro, especialmente estas vacas con estros cortos y/o montas infrecuentes, puedan pasar desapercibidas.

Lehrer y col (1992), indican que estros no detectados y estros “falsos” en ganado resultan en pérdidas e inseminaciones inoportunas, con las consecuentes pérdidas de renta debido a: 1) potencial no explotado de leche y producción de terneros causados por prolongado intervalo entre partos, 2) gastos excesivos en reemplazo de vaquillas y en inseminaciones infértiles, 3) reducción en el grado de avance de progreso genético. Entre los diversos factores que pueden afectar el éxito de la detección de estro, Rorie y col (2002) mencionan el momento del día, duración y frecuencia de la observación, el tipo de suelo, temperatura ambiental y el número de vacas en estro simultáneamente.

La variable efectividad y la alta labor demandada por el método de observación visual para detectar estro, han estimulado la búsqueda y desarrollo de ayudas para mejorar la detección de estro y de medios para determinar el tiempo propicio de inseminación, sin

necesitar la detección de manifestaciones de comportamiento estral (Lehrer y col 1992). Además, Foote y col (1979), señalan que este tipo de ayudas en detección de celos, son especialmente útiles porque las vacas son más activas por la noche cuando la observación del personal es inconveniente y dificultosa.

Entre los métodos y recursos que se manejan para detección de celo además de la observación visual se pueden mencionar la palpación rectal, seguimiento con cámaras de video, kits de progesterona en leche, vacas androgenizadas, machos celadores y perros entrenados. Además existe otra serie de recursos o dispositivos adicionales que permiten su detección como ser: podómetros, teñido de la piel del sacro y primeras vértebras coccígeas, dispositivos kamar y Mate Master (Pohl 1989), sondas para medir resistencia eléctrica en mucus vaginal. Algunos recursos manejados en la detección de estro requieren ser ubicados en el animal detector de celo, como es el caso del chaleco marcador y dispositivo Chinball. Cada uno de los diferentes métodos, recursos y dispositivos, poseen diferentes grados de eficiencia y exactitud, llegándose muchas veces a utilizar una combinación de 2 o más de estos.

Según Senger (1994), los requerimientos del sistema ideal son ciertamente debatibles, sin embargo, muchos concuerdan que las consideraciones primarias para tales sistemas son las que siguen: 1) vigilancia continua de la vaca (24 horas), 2) exactitud e identificación automática de la vaca en estro, 3) operación durante la vida productiva del animal, 4) minimizar los requerimientos de trabajo y 5) alta exactitud (95%) al identificar apropiadamente el evento fisiológico o comportamiento que se correlacione altamente con la ovulación.

3.3 RESISTENCIA ELECTRICA EN MUCUS VAGINAL

El reconocimiento de los cambios que ocurren en los tejidos así como en las secreciones producidas en el tracto reproductivo, llevaron a crear instrumentos que permitan medir estos cambios y asociarlos a la detección de celo. Alteraciones en viscosidad, arborización y resistencia eléctrica son la base de algunos métodos para detectar estro en la vaca (Hafez 1996).

La medición de resistencia eléctrica (RE) del mucus cervical bovino es una forma objetiva para determinar los cambios fisiológicos del mucus y por ende caracterizar el ciclo estral y determinar el momento óptimo de inseminación (Metzger y col 1972, Leidl y Stolla 1976). Metzger y col (1972) señalan que la RE del mucus cervical esta determinada por la cantidad de secreción cervical y la fluctuación de la concentración de cloro del mucus (Foote 1975). Según Lehrer y col (1992), la hidratación de los tejidos está inversamente relacionada con la RE de los tejidos; Esta es la base biológica de detección del tiempo de inseminación por monitoreo de cambios en la RE de los genitales. Así la resistencia del mucus será diferente según la etapa del ciclo en que la hembra se encuentre, Senger (1994) reporta que los fluidos dentro de la vagina tienen una alta RE en la fase luteal, y esta RE disminuiría durante la fase folicular. De esta forma, cuando las hembras muestran intensas manifestaciones de celo, la resistencia eléctrica es mínima y a medida que los signos son más atenuados ésta es mayor (Bostedt y col 1976). Straub y al (1984) establecieron que este cambio en RE del mucus

vaginal es en efecto más exacto en determinar el tiempo correcto de inseminación que la observación visual del comportamiento estral. Leidl y Stolla (1976) señalan que vacas inseminadas con baja RE tienen un alto grado de preñez que las inseminadas cuando la RE es alta.

Para determinar los cambios en RE que se producen en el mucus cervical, se dispone básicamente de dos alternativas. Una basada en un detector electrónico de resistencia, el que se compone de una sonda provista de electrodos y una unidad de registro. La segunda alternativa se fundamenta en electrodos implantados en la mucosa vaginal que envían señales mediante radiotelemetría a una unidad de registro. Según Foote y col (1979), la sonda puede utilizarse sobre vacas que se encuentran o no estabuladas. Podany y col (1981) indican además, que el instrumento que mide la RE del mucus cervical puede ser usado para detectar celos regulares, celos inducidos y también para la detección de celos silentes. Con respecto a los electrodos implantados en la mucosa vaginal, Kitwood y col (1993), indican que éstos entregan mediciones exactas pero, a juicio de Smith y col (1989), la sonda vaginal ofrece un mayor potencial por poder ser utilizada rutinariamente en los rebaños. Scipioni y Foote (1999) agregan que si el rebaño se equipa con la sonda apropiada, la RE del mucus puede ser medida sucesivamente a través de los días en forma rápida y económica.

Con respecto a los valores de resistencia eléctrica, Rorie y col (2002) señalan que lecturas de 30 a 40 ohms indicarían estro, pero advierten que no todos los animales logran bajas lecturas durante esta etapa. Agregan además, que identificaciones exactas de estro requieren de dos mediciones diarias y registro de cambios sobre un periodo de tiempo (Rorie y col 2002). Por su parte Owen (1979), al estudiar 56 ciclos estrales observó una significativa baja de RE del orden de 20 a 25% durante el estro, en comparación a los valores registrados en diestro.

Carter y Dufty (1981) estudiaron la relación entre el sitio de medición de resistencia eléctrica y el tiempo para realizar dicha lectura. Finalizado el trabajo concluyeron que al utilizar el fornix en su porción ventral se obtuvieron los valores más bajos y menos variables al compararlos con las mediciones realizadas en posición dorsal y lateral del fornix. Además determinaron que la sonda del instrumento debe tomar contacto al menos un minuto con el mucus cervical, para permitir estabilizar la lectura.

3.4 PROGESTERONA EN LECHE

La medición de progesterona (P4), ya sea en el suero sanguíneo o la leche de los animales, es una técnica de valor en la investigación científica y, en la práctica, se utiliza con el propósito de evaluar fertilidad, manejo reproductivo o respuesta a determinados tratamientos entre otros propósitos (Hoffman y col 1978). La posibilidad de determinar niveles de progesterona en leche, ha facilitado la obtención de muestras para la determinación de progesterona.

El hecho de que la progesterona esté presente en la leche se debe a que la P4 plasmática es traspasada a la glándula mamaria, siendo además la P4 altamente miscible en los lípidos y por ello difundiría en la grasa de la leche (Fernández 1997).

Gartland y col (1976), señalaron que en algunas vacas, los cambios cíclicos en progesterona y resistencia eléctrica del mucus son similares, pero que en muchas vacas, las mediciones en mucus son erráticas. Heckman y col (1979), demuestran que variaciones en los niveles de progesterona en leche, coinciden con los cambios de RE en mucus vaginal de vacas con celo silente. Según Scipioni y Foote (1999), mediciones de progesterona en leche generalmente son más consistentes que la medición de RE del mucus vaginal. Los mismos autores señalan que bajos valores de progesterona en leche y de RE en el mucus cervical 21 a 23 días después de la inseminación, están frecuentemente asociados con diagnóstico de no preñez 6 a 8 semanas después de realizada la inseminación, arrojando valores de 94 a 100% de exactitud en los grupos de animales estudiados.

3.5 HIPÓTESIS

Existen diferencias de resistencia eléctrica en mucus vaginal, durante el ciclo estral bovino.

3.6 OBJETIVOS

- Desarrollar la técnica de medición de resistencia eléctrica.
- Evaluar la actividad eléctrica en mucus vaginal durante el ciclo estral.
- Comparar la actividad de resistencia eléctrica en mucus vaginal, con las concentraciones de progesterona en leche durante el ciclo estral.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 SELECCIÓN DE ANIMALES

Los animales seleccionados fueron sometidos a un examen clínico reproductivo previa realización del ensayo. Se utilizaron 8 vacas no gestantes raza Frisón Negro con un peso aproximado de 600 kg., pertenecientes al rebaño lechero del predio Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile. Las ocho vacas se encontraban en ordeña, con más de 10 semanas post-parto y con similar alimentación y manejo. La producción láctea promedio de las vacas fue de 15 litros diarios aproximadamente.

Se realizó inducción de estros a aquellas vacas que de acuerdo al seguimiento realizado se encontraban en fase luteal. Las 4 vacas seleccionadas fueron inducidas mediante utilización de 5 ml de Iliren® (Tiaprost) vía intramuscular.

Los animales utilizados durante el ensayo eran examinados semanalmente vía palpación rectal de manera de mantener seguimiento de las estructuras ováricas.

4.2 MEDICIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA

4.2.1 Características del instrumento

El instrumento que se utilizó para medir la RE del mucus vaginal, es de origen Polaco desarrollado por electrónica Draminski® y se encuentra disponible comercialmente para ser usado en detección de celos. La sonda consiste en un cilindro de plástico de 2 cm. de diámetro y 42 cm de largo, con dos electrodos anulares de acero inoxidable ubicados en el extremo distal y perpendicular al eje mayor. La sonda (Figura 1) se encuentra conectada a un ohmómetro que registra los valores obtenidos y los presenta en una pantalla. La escala de valores del instrumento va desde 0 hasta 1990 unidades. Cada 10 unidades registradas se obtiene el equivalente a 1 ohms. El dispositivo cuenta con una batería de 9 V, tipo: 6F22. Con respecto a las condiciones ambientales para el trabajo del instrumento, el rango de temperatura ambiente varía desde los 0 a 70 ° celsius y una humedad máxima de 85%. El peso del instrumento es de aproximadamente 300 gramos.

4.2.2 Procedimiento de medición de resistencia eléctrica

Se efectuaron dos mediciones diarias a cada animal después de la ordeña de la mañana y de la tarde. Las mediciones se realizaron durante los 25 días del ensayo.

Previo a realizar cada medición se procedió a ubicar el animal en la manga y se ató la cola de la vaca mediante una soga a los maderos del techo de la manga, de manera que ésta quede inmóvil en posición vertical para no afectar la introducción de la sonda. A continuación se limpió la vulva y porción proximal de la cola. Posteriormente se procedió a separar los

labios de la vulva y se introdujo la sonda hasta llegar al fornix vaginal en su porción ventral. Luego la sonda fue girada 2 veces en 90° hacia la derecha y hacia la izquierda, de manera que los electrodos tomen contacto con el mucus vaginal. Transcurridos algunos segundos se procedió a encender el instrumento y registrar el valor obtenido en la pantalla. Una vez retirada la sonda fue limpiada con una toalla de papel desechable e introducida en un recipiente con solución desinfectante (Duplalin®); Este procedimiento se repitió después de cada medición. La sonda una vez desinfectada fue secada con toalla de papel desechable previo a cada medición.

4.3 DETECCIÓN DE CELO

Durante los 25 días del ensayo, se realizó detección de celo en forma visual, dos veces al día por 30 minutos. Los lugares utilizados para realizar la detección de celos fueron los corrales alrededor de la sala de ordeño y praderas de pastoreo.

4.4 MEDICIÓN DE PROGESTERONA EN LECHE

Se recolectaron muestras de leche cada tres días posterior a la ordeña de las vacas, para medir los niveles hormonales de progesterona mediante técnica de radioinmunoanálisis siguiendo el procedimiento descrito por Fernández (1997). Las muestras de leche (20 ml por vaca) fueron colectadas en envases de plástico de 25 ml, los cuales contenían 0.1 gr de Azida de sodio, utilizado como preservante de la leche. Las muestras fueron mantenidas en refrigeración a medida que eran colectadas hasta su posterior análisis.

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el presente estudio se utilizó la estadística descriptiva. Dentro de ésta se emplearon las medidas de tendencia central (media), análisis de varianza (ANDEVA) y desviación estándar a través del programa estadístico Graphpad Prism 3.0.



Figura 1. Detalle de los diferentes componentes del instrumento para medir resistencia eléctrica.

1= Ohmómetro

2= Pantalla LCD 3.5 digital; escala de medición 0 a 1990 unidades; 10 unidades = 1 ohms

3= Asidero

4= Interruptor de encendido

5= Cilindro de plástico (42 cm)

6= Electrodo de acero inoxidable

5. RESULTADOS

El día del estro (día 0), se obtuvo los valores más bajos de RE durante el ciclo estral, luego hubo un ascenso durante el metaestro para mantener valores relativamente estables durante el diestro, iniciando la disminución al comienzo del proestro como se observa en el Gráfico 1.

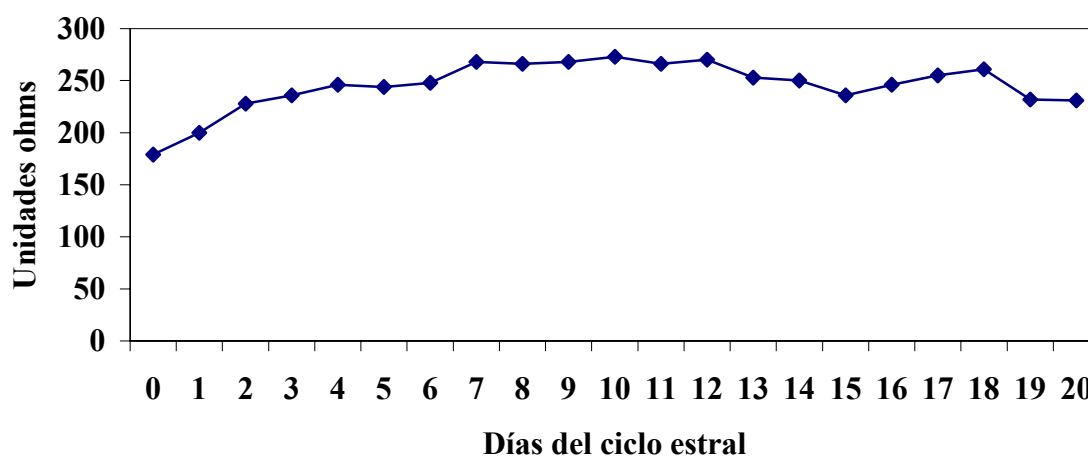


Gráfico 1. Promedio de valores de resistencia eléctrica en mucus vaginal en los días del ciclo estral en 8 vacas (Día 0 = Estro).

Durante las etapas de proestro, estro y metaestro del ciclo estral hubo mayores variaciones en los valores de RE, por lo tanto en el Cuadro 1 se presentan los valores individuales de RE de las 8 vacas.

Cuadro 1. Valores promedios de resistencia eléctrica para las 8 vacas, durante las etapas de proestro, estro y metaestro.

	Días del ciclo estral					
	-3	-2	-1	0	+1	+2
Número de vaca						
1	260	240	230	150	180	235
2	255	240	190	210	140	210
3	240	260	270	230	215	205
4	250	265	250	250	265	330
5	240	225	205	190	250	235
6	235	220	240	120	150	235
7	320	220	250	145	220	190
8	255	185	185	160	180	185
Promedio	257	232	228	181	200	228

En el Cuadro 2, se presenta el promedio y desviación estándar de las cuatro fases del ciclo estral.

Cuadro 2. Promedio de valores de resistencia eléctrica en mucus vaginal y desviación estándar obtenidos para las diferentes etapas del ciclo estral (n = 8).

	PROESTRO	ESTRO	METAESTRO	DIESTRO
Promedio	239	181	214	254
Desviación estándar	34	44	52	38

De los datos presentados en el Cuadro 2, se obtiene que durante el proestro el valor promedio de RE en el mucus vaginal superó en un 32 % al valor del estro; durante el metaestro este valor fue superior en 18 % al del estro y el diestro lo fue en un 41 %.

En el Cuadro 3 se presentan los valores promedio de P4 en leche de las cuatro etapas del ciclo estral obtenidos mediante técnica de radioinmunoanálisis.

Cuadro 3. Concentración promedio de progesterona en leche (nmol/l) para las etapas del ciclo estral (n = 8).

	PROESTRO	ESTRO	METAESTRO	DIESTRO
nmol/l	4.2	0.0	0.5	11.5

En el Gráfico 2 se presentan en conjunto los perfiles de RE en mucus vaginal y de P4 en leche obtenidos durante los diferentes días del ciclo estral.

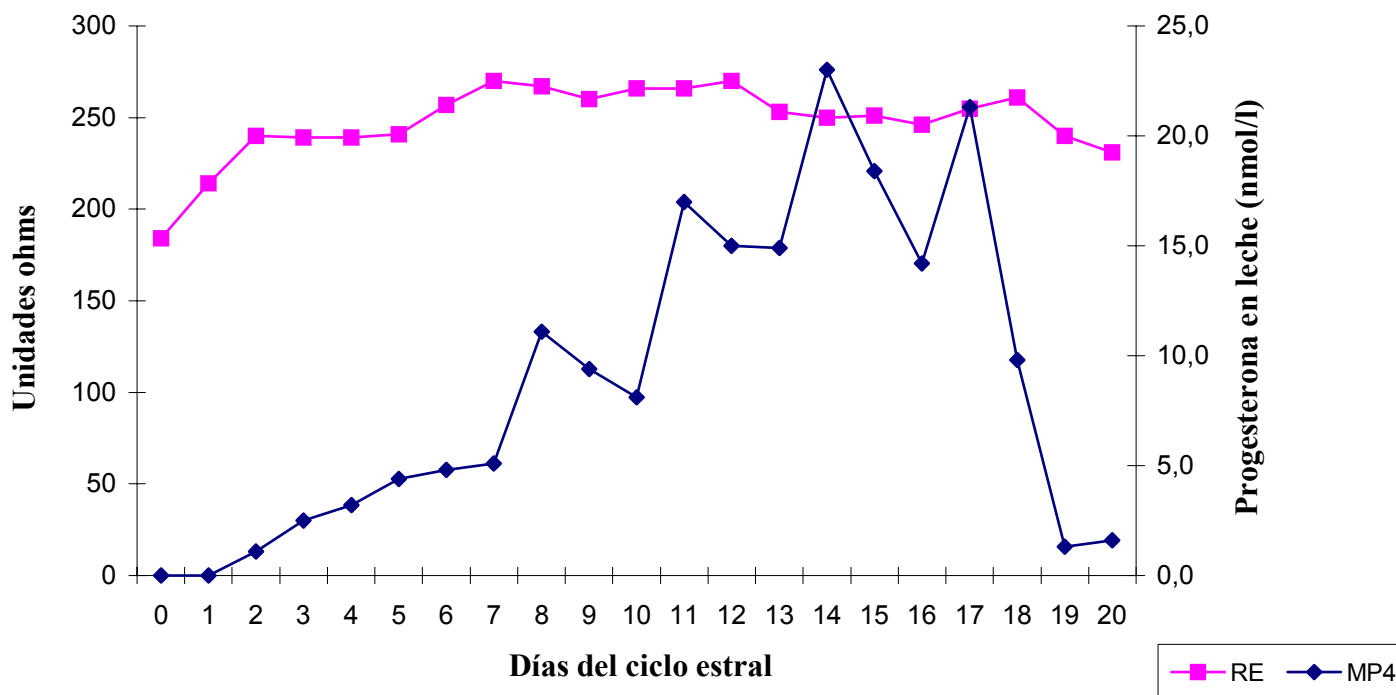


Gráfico 2. Promedio de valores de RE en mucus vaginal y de P4 en leche (nmol/l) durante el ciclo estral.

6. DISCUSIÓN

Durante la realización de las mediciones de RE en el mucus vaginal de las vacas estudiadas se apreciaron diferencias durante las diferentes etapas del ciclo estral, obteniéndose los valores más bajos de resistencia en el estro y los más altos durante el diestro, concordando con los resultados obtenidos por otros autores.

Conviene hacer notar que el detector electrónico utilizado posee una escala de medida que va de 0 a 1990 unidades, correspondiendo diez unidades a 1 ohm, de esta manera, cuando el instrumento señale un valor similar o inferior a 180 unidades (equivalente a 18 ohms) el animal estaría cursando la etapa de estro.

Durante el periodo de ensayo, el instrumento utilizado funcionó perfectamente. Se determinó que para realizar el proceso de medición de una forma más expedita, es necesaria la ayuda de otra persona que pueda mantener en alto la cola del animal mientras se introduce la sonda y se practica la medición. Lo anterior cobra importancia, ya que resulta imperante mantener una cierta inmovilización del animal de manera de poder establecer una correcta posición de la sonda en el interior del tracto reproductivo y, de esta forma, poder obtener una correcta medición. Durante la realización del ensayo, no se recibió ayuda de terceros para efectuar el proceso de medición, siendo la cola del animal atada mediante una soga a la estructura de madera del techo de la manga. La realización de esta maniobra, causa cierta incomodidad del animal provocando movimientos laterales de éste, además de hacer más lento el proceso de medición.

En cuanto al tiempo promedio empleado por animal para realizar el proceso de medición, bajo las condiciones de este trabajo se estimó que fue de 5 minutos, lo cual difiere de lo manifestado por Scipioni y Foote (1999), quienes señalan que en el lapso de una hora pueden sondearse alrededor de 20 vacas que se encuentren previamente inmovilizadas. Probablemente el hecho de que los animales estén previamente inmovilizados sea la principal razón para encontrar diferencias en los tiempos de sondeo. Dentro de este contexto, se debe considerar que la ubicación e inmovilización del animal al interior de la manga, la limpieza del área genital externa y la desinfección del instrumento son las acciones que requieren la mayor cantidad de tiempo.

En relación a la evaluación de la actividad eléctrica en el mucus vaginal durante el ciclo estral (Gráfico 1), se establece que en general se produce un descenso en los valores de RE durante los días -3, -2 y -1 del ciclo correspondientes a la etapa de proestro. Durante el periodo de estro se mantiene la tendencia de descenso de valores de RE alcanzando un valor promedio mínimo. Una vez iniciada la etapa de metaestro se aprecia un aumento de diferente grado en los valores promedios para alcanzar valores máximos durante el Diestro.

En términos generales, la tendencia de los valores de resistencia encontrados durante las diferentes etapas del ciclo estral coincide con lo informado por diferentes autores (Metzger y col 1972, Bostedt y col 1976, Leidl y Stolla 1976, Foote y col 1979, Heckman y col 1979, Carter y Dufty 1981, Pohl 1989, Smith 1989, Kitwood y col 1993, Senger 1994, Scipioni y Foote 1999, Rorie y col 2002), comprobándose los valores más bajos de RE durante el transcurso del estro y los valores promedios más altos durante el diestro. En este contexto, al comparar el valor promedio de RE obtenido durante el diestro con el de la etapa de estro, es posible determinar que el valor obtenido durante el diestro es mayor en un 41%, resultado que difiere del descrito por Owen (1979), quién solo encontró una diferencia de un 25,2% entre ambas etapas. También se presentan diferencias a lo manifestado por Carter y Dufty (1981) quienes señalan que la RE vaginal declina en un 30% en proestro, estro y metaestro con respecto a la etapa de diestro.

Con respecto a los valores promedios de RE obtenidos por etapa del ciclo estral bovino, se tiene que para la etapa de estro el valor obtenido en el ensayo no fue diferente ($p > 0.05$) al manifestado por la empresa fabricante del instrumento (Draminski ®). Sin embargo, cuando los valores son analizados individualmente para cada vaca, se reconoce en algunas de éstas valores de RE significativamente mayores ($p < 0.05$) a las 180 unidades. En cuanto a los valores de resistencia encontrados durante el diestro, éstos son significativamente ($p < 0.05$) menores a los manifestados por los fabricantes del instrumento.

En cuanto a la variabilidad encontrada de RE por etapa del ciclo estral (Cuadro 2), se observa que el metaestro fue la etapa con mayor grado de desviación estándar, seguida por el estro y diestro, siendo la etapa de proestro la con menor varianza. La mayor variabilidad encontrada en los valores de RE durante el metaestro, puede explicarse por las diferencias encontradas en la velocidad con que aumentan los valores de RE durante esta etapa en cada una de las vacas estudiadas. Lo anterior se ve respaldado por el hecho de que durante el seguimiento (Cuadro 1), hubo vacas que durante el primer y/o el segundo día del metaestro aún mantenían valores considerados de estro. Con respecto a la etapa de estro, se observa que en algunas vacas los valores de RE caen fuertemente durante este periodo y, en otras, las lecturas de RE no presentaron variaciones o éstas fueron muy sutiles. La situación anterior también fue descrita por Rorie y col (2002), quienes determinaron ausencia de cambios en los valores de RE en algunas de las vacas estudiadas. En este trabajo también se vio que en cuatro de las vacas estudiadas no hubo un descenso en los niveles de RE a valores considerados de estro (Cuadro 1), es decir, igual o menor a 180 unidades. Lo anterior obedecería a que dentro del universo de vacas hay diferentes niveles en los valores de RE para una misma etapa del ciclo estral. Lo anterior también ha sido demostrado por otros autores (Gartland y col 1976, Heckman y col 1979, Carter y Dufty 1981, Senger 1994, Rorie y col 2002) quienes determinaron variaciones dentro de animales al realizar mediciones sucesivas y entre animales que se encontraban en igual etapa del ciclo estral. De esta manera se deduce que cada vaca tiene un modelo cíclico de valores de RE particular para ésta (Leidl y Stolla 1976, Lehrer y col 1992) y, que en general, cuando los datos obtenidos son analizados como grupo de vacas, el promedio logrado concuerda con los valores esperados para cada etapa del ciclo estral. La situación anterior, ofrece cierta dificultad para realizar el seguimiento adecuado y certero del

periodo de celo en diferentes vacas y en mayor medida la determinación de la proximidad al momento de la ovulación.

Con respecto a los valores obtenidos durante la etapa de diestro (Anexo 1), se observa que en determinados días de ésta etapa del ciclo estral ocurren sutiles descensos en los niveles de RE coincidentes o no, entre los animales estudiados. En 7 de las 8 vacas estudiadas, se determinó un descenso en los valores de RE entre los días 14, 15 o 16 del ciclo estral. Esta disminución de resistencia encontrada podría asociarse a folículos dominantes que surgen en la última onda folicular que se presenta en el ciclo estral bovino. También pudo apreciarse en algunas vacas descenso en los valores de RE durante el primer y segundo tercio del diestro. Este descenso encontrado alrededor del día 9 del ciclo estral, coincide con lo observado por Heckman y col (1979), quienes encontraron una pequeña declinación en los valores de resistencia durante los días 9 a 10 después del estro, no habiendo sido esta declinación estadísticamente significativa ($p > 0.05$). Los mismos autores coinciden en señalar que ésta caída de los valores de resistencia puede reflejar el desarrollo de un folículo durante la mitad del ciclo estral.

Pese a no ser uno de los objetivos de este trabajo, se tomaron alrededor de 42 mediciones de RE en diferentes vacas, mientras se realizaba el retiro de la sonda posterior a la lectura habitual de resistencia. De esta forma se buscaba determinar algún punto de la vagina en que se puedan encontrar valores bajos de resistencia. Una vez analizados los datos se pudo determinar que la ubicación de los electrodos de la sonda sobre el meato urinario resultó invariablemente en valores bajos de RE considerados de estro (similar o menor a 180 unidades). Lo anterior se explica por el contacto que se produce entre los electrodos y orina, la cual tiene un alto contenido en electrolitos que serían los responsables del aumento de conductibilidad eléctrica y por ende de obtener lecturas bajas de RE. Lo anterior demuestra la importancia de realizar una correcta introducción de la sonda al interior del tracto reproductivo (Carter y Dufty 1981, Kitwood y col 1993) de manera de evitar al máximo lecturas erróneas que puedan llevar a obtener valores de RE no representativos de la etapa del ciclo estral que cursa el animal, disminuyendo así la presentación de falsos positivos y falsos negativos.

Con respecto a los valores obtenidos de P4 en leche (Cuadro 3), no se observaron diferencias con los valores presentados por Heckman y col (1979) para las etapas de proestro, estro y metaestro. Sin embargo, durante la etapa de diestro se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambos ensayos. En cuanto a la comparación de la tendencia mostrada por las curvas de RE y P4 (Gráfico 2), se observa que en términos generales éstas tienden a seguir un modelo cíclico similar. Los valores más bajos para ambas fueron sobre el día del estro, seguido por un incremento durante el metaestro, para alcanzar valores relativamente estables durante el diestro y posteriormente comenzar el descenso 17 a 18 días después de iniciado el estro (Heckman y col 1979). En cuanto a la velocidad con que varían los valores de RE y P4, se determinó al igual que otros autores (Heckman y col 1979, Scipioni y Foote 1999), que los cambios en los valores de RE en el mucus vaginal ocurren más abruptamente que los cambios en concentraciones de P4 en leche. En este sentido, las mediciones de RE ofrecen una ventaja sobre la determinación de P4 en leche, ya que debido al

menor tiempo en que los valores de RE se mantienen bajos, sería más fácil determinar el momento adecuado para realizar la inseminación.

En cuanto a la variable que entrega más información con respecto al ciclo estral, una sola muestra de P4 en leche, orienta mucho más con respecto al ciclo del animal que una sola medición de RE. Sin embargo, desde el punto de vista económico, Scipioni y Foote (1999) manifiestan que el instrumento para medir RE es más conveniente que medir P4 en leche, ya que este permite sondear las vacas cuantas veces sea necesario y obtener resultados de forma instantánea.

6.1 CONCLUSIONES

Existen diferencias de resistencia eléctrica en mucus vaginal, durante el ciclo estral bovino.

En base a la medición esporádica de resistencia eléctrica, no es posible determinar la etapa del ciclo estral que cursa el animal.

En general, la resistencia eléctrica del mucus vaginal y progesterona en leche tienden a mostrar un comportamiento similar durante el ciclo estral bovino.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Bostedt H, H Bonengel, D Gunzler, H Reissinger, F Hofer. 1976. Ovarian changes and measurement of electrical resistance of vaginal secretion in the cow during oestrus. *Vet Bull* 46, 811, N° 6219. (Abstract).
- Carter P, J Dufty. 1981. Assesment of vaginal impedance measurements as an indicator of oestrus in cattle. *Austr Vet J* 56, 321-323.
- Cutaia L. 2006. Protocolos a tiempo fijo. *Infortambo lechería*. 39, 32-33.
- Derivaux J. 1976. Reproducción de los animales domésticos. 2ª ed., Acribia, Zaragoza.
- Elstein M, K Moghissi, R Borth. 1972. Cervical mucus in human reproduction. Geneva. Switzerland. 45-57.
- Fernandez J. 1997. Determinación de la concentración de progesterona en leche y suero sanguíneo de alpacas en distintas etapas productivas. *Tesis de licenciatura*, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.
- Foote RH. 1975. Estrus detection and estrus detection aids. *J Dairy Sci* 58, 248-256.
- Foote RH, E Oltenacu, J Mellinger, N Scott, R Marshall. 1979. Pregnancy rate in dairy cows inseminated on the basis of electronic probe measurements. *J Dairy Sci* 62, 69-73.
- Gartland P, J Schiavo, C Hall. 1976. Detection of estrus in dairy cows by electrical measurements of vaginal mucus and by milk progesterone. *J Dairy Sci* 59, 982-985.
- Giúdice P. 2006. Dispositivos electrónicos. *Infortambo lechería*. 40, 32-35.
- Hafez E. 1996. Ciclos reproductivos. En: Hafez ESE. Reproducción e inseminación de los animales domésticos. Sexta edición. 1996. Editorial Interamericana, México, Pp. 89-107.
- Heckman G, L Katz, R Foote. 1979. Estrous cycle patterns in cattle monitored by electrical resistance and milk progesterone. *J Dairy Sci* 62, 64-68.
- Hoffman B, E Rattemberg, O Gunzler. 1978. Fertility control in cattle by determining progesterone in milk fat. En: Current topics in veterinary medicine. Vol. 1. Control of reproduction in the cow. 1ª ed., London, J.R. Sreenan. Pp 562-575.
- Kesseru E. 1972. Assessment of the rheology of cervical mucus. In cervical mucus in human reproduction. Geneva, Switzerland.

- Kitwood SE, C Phillips, M Weise. 1993. Use of a vaginal mucus impedance meter to detect estrus in the cow. *Theriogenology* 40, 559-569.
- Lehrer A, G Lewis, E Aizinbud. 1992. Oestrus detection in cattle: recent developments. *Anim Reprod Sci* 28, 355-361.
- Leidl W, R Stolla. 1976. Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. *Theriogenology* 6, 237-249.
- Mac Donald LE. 1981. Reproducción y endocrinología veterinarias. Interamericana S.A. de C.V. México.
- Metzger E, R Freytag, W Leidl. 1972. Gerat zur Messung der elektrischen leitfähigkeit des vaginalschleimes für die brunstfestsellung beim rind. *Zuchthyg* 7, 56-61.
- Owen JB. 1979. Automated A.I. in cattle. Agriculture department. Aberdeen University, Aberden. UK. 106-107.
- Podany J, J Stejskal, J Vrana, L Jelenek, L Machal, J Tomasek. 1981. Intravaginal impedance in cattle. *Veterinartvi* 31, 105-107 (Abstract).
- Pohl P. 1989. Resistencia eléctrica del mucus cervical bovino y su correlación con el ciclo estral y fertilidad. *Tesis de licenciatura*, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.
- Rorie RW, T Bilby, T Lester. 2002. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenolgy* 57, 137-148.
- Scipioni RL, R Foote. 1999. Short Communication: An electronic probe versus milk progesterone as aids for reproductive management of small dairy herds. *J Dairy Sci* 82, 1742-1745.
- Senger PL. 1994. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. *J Dairy Sci* 77, 2745-2753.
- Smith JW, S Spahr, H Puckett. 1989. Electrical conductivity of reproductive tissue for detection of estrus in dairy cows. *J Dairy Sci* 72, 693-701.
- Straub EA, L Edgerton, G Heershe. 1984. Changes in electrical resistance of the vagina during estrus in heifers. Preliminary report to animark, University of Kentucky-lexington.
- Williams DJ. 1964. Cervical mucus test yields fast, accurate pregnancy diagnosis. *Med Vet Pract* 45, 45-51.

8. ANEXOS

Anexo 1. Valores promedio de resistencia eléctrica en mucus vaginal obtenidos durante el ciclo estral.

N° Vaca	Día del ciclo estral																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	150	180	235	250	260	245	255	295	265	275	245	285	275	270	255	230	240	265	260	240	230
2	210	140	210	235	235	220	235	250	280	295	255	270	260	260	270	215	215	265	255	240	190
3	230	215	205	170	175	275	255	250	250	290	275	270	290	270	270	265	265	260	240	260	270
4	250	265	330	360	300	265	280	245	270	255	265	235	255	290	260	270	235	270	250	265	250
5	190	250	235	245	215	225	250	275	270	205	255	260	250	240	240	270	245	225	240	225	205
6	120	150	235	200	215	225	195	240	245	260	270	265	245	305	215	220	265	250	235	220	240
7	145	220	190	240	255	315	295	365	270	260	235	330	355	250	220	215	255	225	320	220	250
8	160	180	185	190	215	200	200	185	230	275	305	230	230	260	260	235	240	260	255	185	185

9. AGRADECIMIENTOS

A los integrantes del Instituto de Reproducción Animal, en especial a mi profesor patrocinante Dr. Jorge Correa por su paciencia y apoyo durante la realización de éste trabajo.

A la Dra. Paola Vargas por la facilitación del instrumento y al personal del fundo “Vista Alegre” por la ayuda proporcionada con los animales, en especial a don Erico Benavides por las facilidades prestadas.

A los amigos formados durante estos años de carrera, con quienes viví momentos de esparcimiento, de arduo trabajo, de penas y alegrías.

A mis padres, por el constante e incondicional apoyo entregado durante todos estos años de estudio y por el esfuerzo realizado para que pueda estudiar la carrera que tanto amo.