

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EVALUACIÓN DE UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN DE CELOS CON  
PROSTAGLANDINAS EN VAQUILLONAS DE LECHE LUEGO DE LA  
ADMINISTRACIÓN PARENTERAL DE MINERALES**

por

Ignacio ALGORTA  
Joaquín BARBOSA



TESIS DE GRADO presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título de  
Doctor en Ciencias Veterinarias.  
Orientación: Producción Animal  
Medicina Veterinaria

Modalidad: Ensayo experimental

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2011

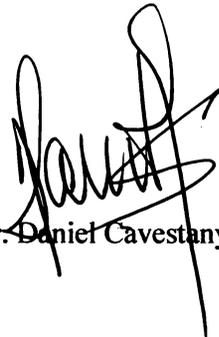


TESIS DE GRADO aprobada por:



Presidente de Mesa:

Dra. Daniela Crespi



Segundo Miembro (Tutor):

Dr. Daniel Cavestany

Tercer Miembro:

Dra. Isabel Pereira

Fecha:

1 de setiembre de 2011

Autores:

Ignacio Algorta

Joaquín Barbosa

FAO 1000 1000  
Aprobado 8 (000) 000

## **Agradecimientos**

Al Dr. Gustavo “Tiki” Sacco por darnos la oportunidad de realizar el ensayo en los Establecimientos “La Cruz” y “El Rincón del Chingolo”.

A la Dra. Daniela Crespi por la ayuda en el trabajo de campo.

Al Dr. Luis E. Cancela por el apoyo constante y ayuda en el manejo de la base de datos.

A nuestros compañeros y amigos por el aliento y consejos.

A nuestras familias, novias y familia de nuestras novias por el incondicional apoyo.

Al Dr. Daniel Cavestany, nuestro tutor, por el seguimiento y procesamiento de los análisis estadísticos y por su paciencia.

## **TABLA DE CONTENIDO**

No. Do  
**Página**

PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	V
RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCION	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
MINERALES	5
Importancia de los minerales	5
Importancia del cobre en el organismo	6
Importancia del selenio en el organismo	7
Requerimientos y niveles normales en el organismo de cobre y selenio para bovinos de leche	9
Antecedentes en Uruguay	10
SINCRONIZACIÓN DE CELOS	11
Ciclo estral del bovino	11
Dinámica folicular	13
Luteólisis y funciones de la prostaglandina (PG)	15
Sincronización de celos con PG	17
Respuesta a la PG según el momento del ciclo estral	18
Protocolos de sincronización con PG	20
Doble dosis de PG	20
Detección de celos e inyección de PG a los animales que no manifiestan celo	21
Palpación de cuerpo lúteo e inyección de PG	22
Fertilidad luego de la sincronización con PG y momento de la IA	22
OBJETIVO	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
RESULTADOS	27
Resultados del perfil mineral	27
Efecto de la suplementación mineral en la eficiencia reproductiva	27
Respuesta a la sincronización con PG	27
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37

## **LISTA DE CUADROS Y FIGURAS**

<b>Leyenda</b>	<b>Página</b>
Cuadro I: Porcentaje de detección de celos (PDC), porcentaje de concepción (PC) y porcentaje de preñez (PP) de acuerdo al número de tratamientos con prostaglandina (PG)	29
Cuadro II: Porcentaje de detección de celos (PDC), porcentaje de concepción (PC) y porcentaje de preñez (PP) de acuerdo a animales sin PG vs animales con una PG	29
Cuadro III: Porcentaje de detección de celos (PDC), porcentaje de concepción (PC) y porcentaje de preñez (PP) de acuerdo a localidad	31
Figura 1: Esquema de trabajo del ensayo	25
Figura 2: Distribución diaria de celos detectados en los dos predios observado	28
Figura 3: Distribución diaria de celos detectados en cada predio observado	30

## **RESUMEN**

Se evaluó un protocolo de sincronización de celos e IA con prostaglandinas luego de la administración parenteral de un complejo mineral con cobre y selenio en vaquillonas de leche. Se utilizaron 821 vaquillonas de 2 y 3 años de raza Holando distribuidas en dos predios uno con 621 vaquillonas (predio 1) y el otro con 180 vaquillonas (predio 2). En cada predio, se dividieron en 3 grupos: Testigo, Cobre y Selenio. Se les administró una dosis 18 días antes del servicio y una segunda dosis al comienzo de los servicios. El protocolo de inseminación utilizado fue detección de celo durante 8 días con IA, aplicación de PG con detección de celo e IA y 11 días después otra nueva inyección de PG a las que no manifestaron celo. Luego de 42 días de IA se repasó con toros durante 30 días. La administración de cobre o selenio no tuvo efecto en los parámetros reproductivos estudiados (porcentaje de detección de celo, porcentaje de concepción y porcentaje de preñez). En 21 días de trabajo de IA se detectó celo al 88,2% de los animales, tuvieron un porcentaje de concepción de 66,5%, un porcentaje de preñez de 59% y un porcentaje final de preñez de 90,6%. El porcentaje de detección de celo en el predio 1 fue mayor al predio 2. El porcentaje de concepción tuvo una tendencia a ser mejor en el predio 2 resultando en un porcentaje de preñez similar entre ambos predios. Se encontró una disminución en la fertilidad en uno de los sémenes utilizados y el uso de toros en el repaso no mejoró la fertilidad de las vaquillonas.

Palabras clave: vaquillonas de leche, sincronización de celos, prostaglandinas, Cobre, Selenio,

## SUMMARY

An estrus synchronization program with prostaglandins and artificial insemination (AI) was evaluated in dairy heifers after the parenteral administration of a mineral supplement with copper and selenium. A total of 821 Holste4 in heifers of 2 and 3 of age in two locations, one with 621 heifers (location 1) and the other with 180 heifers, (location 2) were used. At each location, heifers were divided in three groups: control, copper and selenium. Supplement was administered 18 days prior to the beginning of the service and a second dose at the beginning of the services. The insemination protocol used was detection of estrus for 8 days with AI, administration of PG with detection of estrus and AI and 11 days later another treatment with PG to those heifers not seen in estrus. After 42 days of AI, backup bulls were used for 30 days. Administration of selenium or copper had no effect on the reproductive parameters studied (percentage of detection of estrus, percentage of conception and pregnancy percentage). Estrus detection in 21 days was 88.2%, conception rate 66.5%, and pregnancy rate 59.0%; final percentage of pregnancy was 90.6%. Estrus detection rate in location 2 was higher than in location 1. Conception rate had a tendency to be better on location 2, resulting in a similar pregnancy rate in both locations. It was found a decreased fertility in one of the semen used and the use of backup bulls did not improve the fertility of the heifers.

Keywords: dairy heifers, prostaglandins, estrus synchronization, Copper, Selenium

## INTRODUCCIÓN

En el Uruguay se han intensificado los sistemas de producción agropecuaria; en los últimos ejercicios la agricultura ha presentado los mejores resultados económicos seguidos de la lechería y la ganadería, por lo que éstos últimos se vieron obligados a intensificar su producción para no ser desplazados de los mejores campos. Según datos de DIEA (2010) la producción lechera en Uruguay se realiza sobre 800.000 Ha (6% del total) siendo el número de tambos 4.500. Ambos números vienen disminuyendo a un alto ritmo siendo en 2001/02 la superficie explotada de 1 millón de Ha con 5.100 tambos. Los índices productivos han aumentado de forma progresiva de 1.301 millones de litros/año en 2001/02 a 1694 millones de litros/año en el ejercicio 2008/09. Este aumento en la producción por Ha se ha debido a una mayor cantidad de UG/Ha y a un aumento en la producción individual por animal (4.255 L/año/vaca masa). Ha aumentado la cantidad de vacas masa/Ha (0,49) pero además ha aumentado el porcentaje de vacas en ordeño/vaca masa (70%). Este último indicador se ha incrementado por la intensificación del proceso de producción que se aprecia en el aumento del porcentaje de pasturas mejoradas (55%), aumento de la suplementación con silo y heno y en parte a un incremento en los índices reproductivos como mayor porcentaje de preñez, intervalo entre partos de 12 meses y disminución del intervalo generacional, disminuyendo la edad del primer servicio. Esta disminución en el intervalo generacional depende de disminuir la cantidad de vaquillonas sin inseminación artificial (IA) de 3 y 2 años a 15 meses. Esto se logra realizando un manejo más intensivo al tradicional desde el desleche para así obtener una vaquillona al parto de 24 meses de edad y con un peso mayor a 550 kg de peso vivo (80% del peso corporal adulto) (Berra, 2006).

Otra medida para intensificar la producción lechera y hacer un mejor uso del recurso suelo es destinar las terneras deslechadas a campos de recría y de esta manera aumentar el área de pastoreo o asignada a los animales en producción, aumentando la relación vaca de ordeño/vaca masa.

La suplementación mineral es un factor importante con incidencia en la reproducción animal y en particular la suplementación con cobre y/o selenio (Arrospide et al., 2007; Brem et al., 2001; Mufarrege, 1999; Petersen, 1996; Pittaluga, 2009).

En animales a pastoreo el aporte de minerales del alimento a menudo se encuentra en concentraciones menores a las adecuadas según los requerimientos. Por lo tanto el consumo de minerales depende de la composición y el consumo total de forraje, del agua de bebida y de la composición del suelo (Orcasberro, 1997).

En Uruguay se han realizado trabajos para determinar los niveles de minerales en pasturas sobre diferentes basamentos geológicos, en suero y tejidos animales y la respuesta a la suplementación con sales minerales, existiendo una buena revisión bibliográfica de los mismos por Pittaluga (2009). En estos trabajos se encontraron minerales con niveles inferiores a los requerimientos animales. Todos los trabajos nacionales sobre suplementación mineral fueron realizados sobre bovinos de carne u ovinos y en particular sobre el fósforo relacionado a la producción y reproducción (Almirati y Peri, 1982; Arrospide et al., 2007; Arroyo y Mauer, 1982; Barrios et al., 1984; Cuenca et al., 1981; Fernández et al., 1985; Orcasberro, 1997), no existiendo trabajos nacionales en bovinos de leche relacionado al cobre y selenio.

Los programas de sincronización son herramientas comunes en los programas de IA en la lechería (Macmillan, 2010). La IA se utiliza en un alto porcentaje en la lechería uruguaya, siendo la detección de celos el mayor problema para lograr una buena eficiencia reproductiva (Foote, 1975; Larson y Ball, 1992; Lauderdale, 1972; Roche, 1974; Rowson et al., 1972). Rusiñol (2008) propuso que los principales problemas se deberían a que las hembras estarían con pobre condición corporal, o falta de entrenamiento del personal y el desconocimiento en la interpretación del comportamiento sexual individual o colectivo. En Uruguay el sistema de detección de celos más utilizado es la observación visual de la aceptación de monta (Fernández et. al., 2006). Además, estos autores encontraron que la duración del celo en vaquillonas Holando era de  $9,9 \pm 1,8$  horas, con un máximo de 17,7 horas y un mínimo de 2,3 horas. La eficiencia de detección de celo, cuando se realiza a las 8 hs y a las 19 hs por un periodo de 60 minutos, fue de 94%. Similar eficiencia se obtiene cuando se realizan 3 observaciones (2, 8 y 19 horas) (Fernández et al., 2006). Blanc et al. (2000) encontraron en vacas primíparas Holando un porcentaje de detección de celo de 73%.

Cuando se sincronizan celos con prostaglandinas (PG) se obtienen mejores resultados realizando la IA luego de la detección de celo (Bó et al., 2007; Macmillan, 1983). Además utilizando solamente PG, no todos los animales responderán a la misma (Baruselli et al.,

2005; Berardinelli y Adair, 1989; Momont y Seguin, 1984; Seguin, 1997; Tanabe y Hann, 1984) y los que responden lo hacen en un lapso de tiempo de 6 días (Macmillan y Henderson, 1984). Esta variabilidad en el tiempo de inicio del celo luego de la inyección con PG se debe fundamentalmente al momento en el ciclo estral en que se encuentra el animal (Berardinelli y Adair, 1989; Watts y Fuquay, 1985). Los protocolos de IA con PG resultan en una alta concentración de celos en un periodo de tiempo en el que se puede maximizar la detección de celo. Si bien las tasas de concepción son aceptables, no lo son las de preñez debido a la baja detección de celo (Rusiñol, 2008).

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **MINERALES**

#### **Importancia de los minerales**

Los minerales son sales y óxidos de los diferentes elementos químicos que en su conjunto forman las cenizas de los animales. En la actualidad se considera que por lo menos 25 elementos tienen alguna clase de acción en la vida de los animales; 17 de estos 25 afectan la producción de los vacunos (Mufarrege, 1999).

Keen y Graham (1989) dividen a los minerales importantes para el organismo en macroelementos y microelementos. La separación entre macroelementos y microelementos está dada por el porcentaje del Magnesio (Mg), siendo los microelementos los que están por debajo del Mg y los macroelementos los que están por encima.

Los microelementos son parte esencial del sistema enzimático y hormonal y forman parte de distintas proteínas, en cambio los macrominerales se distribuyen en mayor proporción en los tejidos de sostén, como ser los huesos formados en su gran mayoría por el Calcio, Magnesio y Fósforo (Mufarrege, 1999).

Cualquier trastorno en las concentraciones de minerales en incremento o en disminución de los mismos puede provocar la reducción de la producción o enfermedades.

Según Mufarrege (1999), que realizó una estimación de la composición mineral de un novillo de 420 kg de peso vivo, la cantidad de cobre sería de 0,0016 kg y de selenio 0,000002 kg.

## **Importancia del cobre en el organismo**

El cobre está relacionado a muchos procesos biológicos de vital importancia, en su gran mayoría estos procesos están relacionados a actividades enzimáticas. Forma parte las enzimas citocromooxidasa, superóxidodismutasa, ceruloplasmina entre otras (Quiroz-Rocha y Bouda, 2001). La ceruloplasmina es una de las enzimas dependientes del Cu más importante teniendo como principales funciones el transporte de Cu desde el hígado a los tejidos, acción antioxidante, modulación de la respuesta inflamatoria y formación de la hemoglobina (Quiroz-Rocha y Bouda, 2001 y Rosa y Mattioli, 2002).

Una vez absorbido el Cu a nivel del intestino delgado es transportado a la sangre y un 92,5 % del Cu en circulación es depositado en el hígado unido a la metalotioneína en los lisosomas para luego ser utilizado en la síntesis de ceruloplasmina (Quiroz-Rocha y Bouda, 2001; Rosa y Mattioli, 2002). Su principal antagonista es el Molibdeno (Mo), seguido por el Azufre (S) (Daugherty et al., 2002; Paterson et al., 1999). Las bacterias presentes en el rumen sintetizan a partir del Mo y del S compuestos denominados tiomolibdatos. Estos son complejos de enlaces irreversibles que inhiben la utilización del Cu libre (Quiroz-Rocha y Bouda, 2001). Para eliminar el efecto antagónico del Mo sobre el Cu, es recomendable que los animales ingieran en su dieta estos minerales en una relación Cu:Mo mayor de 4:1, dado que los signos clínicos de hipocuprosis serían evidentes con relaciones menores a 2,8 (Mufarregge, 1999).

El primer signo de hipocuprosis es la despigmentación (Mufarregge, 1999) debido a la participación de enzimas dependientes del Cu en el metabolismo de la melanina (Quiroz, 2001). Paterson et al. (1999) al igual que Daugherty et al. (2002) mencionan además otras alteraciones como anemia, trastornos óseos y articulares, menor desarrollo corporal, menor resistencia a infecciones, diarreas, ataxia neonatal y desordenes cardiovasculares. Autores como Brem et al. (2001), García et al. (2006) y Paterson et al. (1999) encontraron en sus trabajos datos que permitieron concluir que la hipocuprosis altera los parámetros reproductivos. Los mecanismos por los cuales se altera dichos parámetros no son hoy del todo claros. En el caso de Brem et al. (2001) al igual que Rosa y Mattioli, (2002) sugieren que las alteraciones son debidas principalmente a la hipocuprosis secundaria por excesos de

Mo en la dieta. Brem et al. (2001) realizaron un trabajo donde administraron dietas altas de Mo a un grupo y a otro grupo se le administró en forma inyectable Cu teniendo este último grupo mejores resultados reproductivos concluyendo que los altos niveles de Mo alteraron la actividad ovárica de las vaquillonas corrigiéndose con una dosis correctiva de Cu. Hay otros trabajos donde no se encontró influencia del Cu en los índices reproductivos, como en el porcentaje de preñez, intervalo inter parto, y concepción (Engel et al., 1964, citado por Brem et al., 2001 y Whitaker, 1982, citado por García et al., 2006). En la revisión realizada por Quiroz-Rocha y Bouda (2001), se señala que existen informes de que la hipocuprosis tiene efecto directo en problemas de infertilidad, alterando la duración del ciclo estral, presentación de quistes ováricos, ovulación alterada, retrasos en la pubertad y disminución de la concepción siendo necesarios profundizar los estudios con relación a fertilidad y Cu.

### **Importancia del selenio en el organismo**

El Se participa en el organismo formando parte de la enzima glutatiónperoxidasa (GPX) responsable de la protección de las membranas celulares por parte de los radicales libre provenientes del metabolismo celular (Oblitas et al., 2000; Witchel, 1998). Muchos radicales libre contienen oxígeno, intervienen en la transferencia de electrones, son altamente reactivos causando inestabilidad en las reacciones de oxidación-reducción de diversas estructuras celulares y sistemas enzimáticos (Jubb, 1990). Participa en conjunto con la vitamina E y otros antioxidantes (tocoferoles, ascorbato y los beta caroteno) para proteger a las membranas celulares, mientras que la GPX actúa mediante la reducción del peróxido de hidrógeno para prevenir el daño oxidativo (Oblitas et al., 2000) en el interior de la célula, la vitamina E actúa dentro y fuera de la célula (Jubb, 1990). Esta participación de la vitamina E en conjunto con la GPX en una misma función explica porque la carencia de GPX muchas veces no trae aparejado ningún tipo de trastornos dado que los aportes de vitamina E suplen esa carencia (Radostits, 2002; Witchel, 1998). Esta función del Se explica alguna de las patologías que causa su deficiencia como la miodegeneración nutricional debido a que los radicales libres alteran las membranas celulares disminuyendo o perdiendo por completo su capacidad de conservar un gradiente diferencial de uno o más iones. De esta manera se produce un agotamiento energético para sacar el Ca del citosol y de los miofilamentos que causan la hipercontracción de las miofibrillas (Jubb, 1990). La participación del Se en los problemas

reproductivos no se ha podido determinar de forma clara en su participación (Radostis, 2002; Witchel, 1998).

El Se proveniente de la ingesta es absorbido a nivel del duodeno y se asocia en el plasma a proteínas que lo transportan al hígado y de ahí se incorpora a selenoproteínas o selenoenzimas para ser distribuidas por el resto del organismo (Witchel, 1998). El metabolismo del Se se caracteriza por carecer de regulación en su absorción ni tampoco de órgano de reserva (Giuliodori, 2002).

Como antagonistas se encuentra el azufre que disminuye su absorción por parte de las plantas y el pH alcalino del suelo favorece su absorción (Radostis, 2002).

El Se también se encuentra unido a diferentes selenoproteínas que tienen importancia en la función inmune y en el metabolismo de las hormonas tiroideas catalizando la conversión de T4 a T3 que es la forma más activa de esta hormona (Radostis, 2002; Witchel, 1998). El Se participa como antioxidante con la GPX, en el crecimiento normal de los animales, en el sistema inmune y en la reproducción. En todas estas funciones el Se participa unido a diferentes selenoproteínas y selenoenzimas (Witchel, 1998).

Como principales consecuencias de la disminución del Se en el organismo se enuncian la miodistrofia nutricional, miopatía cardíaca, disminución del crecimiento, menor producción de leche, disminución de la fertilidad, muerte embrionaria, retención de membranas fetales, metritis, pobre involución uterina, quistes ováricos, mastitis subclínicas, inmunosupresión, partos prematuros, debilidad neonatal y abortos (Oblitas et al., 2000; Radostits, 2002; Witchel, 1998). En Nueva Zelandia se ha reportado disminución del crecimiento, baja de la fertilidad, baja producción de leche y enfermedad del músculo blanco (Witchel, 1998). Pittaluga (2009), citando a Barcello et al. (2003), afirma que rara vez la carencia de Se causa enfermedad del musculo blanco en Rio Grande del Sur pero que las deficiencias subclínicas afectan los parámetros productivos de los animales. Se ha observado que una incidencia elevada de retención de placenta en vacas con niveles plasmáticos marginales de selenio. En algunos estudios se ha logrado reducir la incidencia de la retención de placenta con una inyección de selenio y vitamina E tres semanas antes del parto, otros estudios similares no han logrado tal efecto. Una inyección de selenio tres semanas antes del parto puede reducir la

cantidad de días en que el útero tarde en alcanzar su mínimo tamaño, además de reducir la incidencia de metritis y quistes ováricos (Radostits, 2002).

Según Radostis (2002) al ser las alteraciones reproductivas y sus mecanismos complejos, es difícil de aislar un factor como el Se o la vitamina E como causante de la ineficiencia reproductiva.

### **Requerimientos y niveles normales de cobre y selenio para bovinos de leche**

Los requerimientos de cobre son de 8 ppm por kg de MS con un rango de 4 a 10 ppm (Mufarrage, 1999). Según Rosa y Mattioli (2002) se debería aumentar a 15 ppm en animales en crecimiento para evitar signos de hipocuprosis. En los adultos en gestación los requerimientos aumentan pero no durante la lactancia dado que la leche tiene baja concentración de Cu (Rosa y Mattioli, 2002). También estos requerimientos dependen de la concentración de sus antagonistas que disminuyen la absorción del Cu (Mo, S y Fe) (Mufarrage, 1999).

Los valores normales de cobre en sangre según Quiroz-Rocha y Bouda (2001) son de 70 a 120 µg/dL.

El cobre tiene como órgano de reserva al hígado, en el cual la concentración normal es de 100 a 400 ppm de materia seca. Sin embargo, se ha observado que el método de determinar el Cu en sangre es poco confiable, debido a que en muchas ocasiones animales con deficiencias de Cu pueden tener cupremias dentro de rango normal, ya que los tejidos en donde normalmente se acumula siguen enviando sus reservas de Cu a la circulación. En el mundo existen diferentes investigaciones sobre la presentación de hipocupremia en rumiantes. Sin embargo, no se han podido establecer métodos de diagnóstico sencillos y precisos para este problema (Quiroz-Rocha y Bouda, 2001).

Los requerimientos de Selenio dependen de la ingesta de vitamina E dado que ambos actúan como antioxidantes. En general los requerimientos sugeridos son de 0,05 ppm con un rango de 0,02 ppm a 2 ppm como máximo (Mufarrage, 1999). Oblitas (2000) en función de NRC (1983) sugiere valores entre 0,1 ppm y 0,3 ppm.

La metodología que tiene más consenso para determinar la concentración en sangre de Se es a partir de la medición de la enzima glutatióperoxidasa siendo el límite de 130 U/g Hb indicando una deficiencia marginal (Ceballos et al., 1999).

### **Antecedentes en Uruguay**

En Uruguay se han realizado distintos estudios para determinar las concentraciones de los distintos minerales que predominan en los diferentes tipos de suelos y en las diferentes pasturas así como ensayos de respuestas a la suplementación mineral relacionados con la performance productiva y reproductiva de los bovinos (Almirati y Peri, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Barrios et al., 1984; Berreta, 1998; Cuenca et al., 1981; Cuenca, 2000; Fernández et al., 1983; Fernández et al., 1985; Pigurina et al., 1998; Pittaluga, 2007; Quintans, 2005; Sosa y Guerrero, 1983; Sosa, 1986; Uriarte, 1998). La mayoría de los trabajos de suplementación con sales minerales fueron enfocados a la respuesta del P aunque también se evaluaron algunos microelementos. McDowell y Conrad (1977) colocaron a Uruguay dentro de los países donde ocurren deficiencia de P, Cu, Se y Zn (Ungerfeld, 1998).

Varios autores encontraron que varias muestras de pasturas obtenidas en Uruguay se encuentran niveles de Cu inferiores o en el límite de la deficiencia (Almirati y Peri, 1982; Arroyo y Mauer, 1982; Barrios et al., 1984; Cuenca et al., 1981; Fernández et al., 1983; Fernández et al., 1985; Sosa y Guerrero, 1983). Teniendo en cuenta los datos de Sosa y Guerrero (1983) en el que hallaron un contenido medio de 1,5 ppm de Mo en la MS (0,6 ppm a 8 ppm; CV= 129%) es posible que en determinadas circunstancias se produzcan deficiencias primarias o secundarias debido a la relación Cu:Mo (Pittaluga, 2009).

En cuanto a la respuesta a la suplementación, existen diferentes resultados. Por un lado hay ensayos en los que se encontraron aumentos en el porcentaje de preñez, siendo mayor su respuesta en vacas de segundo entore (Arroyo y Mauer 1982; Cuenca, 2000; Fernández et al., 1985; Sosa, 1986; Uriarte, 1998). Por otro lado existen ensayos en el que no se encontraron respuestas en la performance reproductiva a la suplementación de minerales (Arroyo y

Mauer, 1982; Jiménez de Aréchaga et al., 2007; Pittaluga, 2007; Quintans, 2005) siendo estos resultados obtenidos generalmente de vacas multíparas.

Según la bibliografía, las mayores respuestas se obtienen cuando existen signos clínicos de deficiencia. Además se debe tener en cuenta que en animales con buenos pesos y en buen estado corporal las respuestas son menores. Por otro lado las mayores respuestas se obtienen en animales en crecimiento y en vacas de cría lactando en campos no fertilizados (Pittaluga, 2009).

En cuanto al Se, Ungerfeld (1998) encontró la única referencia sobre el contenido de Se en pasturas que fue publicado por Podestá et al. (1976) sobre trébol blanco y trébol subterráneo siendo sus contenidos en invierno de 0,09 ppm y en primavera de 0,056 y 0,045 ppm no alcanzando a cubrir los requerimientos de 0,2 ppm de Se en vacunos. Ruksan et al. (1996) atribuyeron, en el departamento de Treinta y Tres, a una deficiencia de Se en el cual se encontraron abortos y retenciones de placenta en vacas lecheras. Las medias de los valores GPX se encontraban en el límite crítico (20 mm de NADPH oxidados/min/g de Hb) citado de Ungerfeld (1998). Arrospide et al. (2007) encontraron que la suplementación con Se a vaquillonas mejoró la fertilidad en términos de porcentaje de concepción y porcentaje de preñez no así la administración de Cu y de Se + Cu, sugiriendo no aplicarlo de forma conjunta.

Según Radostits (2002), una suplementación con 0,1 mg/kg de PV vía subcutánea de Selenito de sodio, aumenta la actividad máxima de la GPX a los 30 días en vacunos lecheros.

## **SINCRONIZACIÓN DE CELOS**

### **Ciclo estral bovino**

Las hembras bovinas son poliéstricas continuas, con un ciclo estral definido como el periodo que comienza con el celo y finaliza con el celo siguiente. La duración promedio es de 21 días en vacas multíparas y 20 días en vaquillonas. El rango de las vaquillonas es de 18 a 22 días, mientras que el rango para las vacas multíparas es de 18 a 24 días (Arthur, 1991). La

fisiología del ciclo estral está regulada por mecanismos endocrinos y neuroendocrinos, por hormonas hipotalámicas, gonadotrofinas hipofisarias, esteroides secretados por los ovarios y hormonas uterinas. La edad promedio de la pubertad varía entre los 10 y los 12 meses en razas lecheras y entre los 11 y los 15 meses en razas de carne (Hafez, 1989), siendo necesario un peso equivalente del 65% sobre el peso adulto (Fortín, 1989). En la especie bovina el inicio de la pubertad se asocia más al peso corporal que a la edad (McDonald, 1991). La actividad cíclica del ciclo se mantendrá ininterrumpidamente durante el resto de la vida del animal una vez alcanzada la pubertad excepto durante la preñez y de 3 a 6 semanas posparto (Arthur, 1991) o cuando el animal se encuentra en un balance nutricional negativo (Drion et al., 2000). El ciclo estral se divide en fase folicular, el cual comprende el proestro y el estro y en la fase luteal, que comprende el metaestro y el diestro (Arthur, 1991). El proestro comienza con la bajada en la concentración de progesterona debido a la luteolisis del cuerpo lúteo del ciclo anterior y se caracteriza por el crecimiento folicular rápido bajo estimulación de las hormonas gonadotrópicas. La conducta del animal es consecuencia del incremento progresivo de los niveles de estrógeno secretados por los folículos en desarrollo en el ovario (McDonald, 1991). El estro es la etapa de receptividad sexual durante el cual ocurre el apareamiento (McDonald, 1991) teniendo una duración de 15 horas con un rango de 2 a 30 horas. La ovulación se produce aproximadamente a las 30 horas de comenzado el estro o 12 horas de finalizado el estro (Arthur, 1991). Roelofs et al. (2005), encontraron que la ovulación se produjo en promedio  $26,4 \pm 5,2$  horas después de la primer monta aceptada y  $21,4 \pm 5,4$  horas después de la última monta aceptada. Estas dos etapas que corresponden con la fase folicular se caracterizan por la falta de cuerpo lúteo y la hormona predominante son los estrógenos, siendo esta etapa gonadotropa dependiente (Drion et al., 2000). En el metaestro, las células de la granulosa del folículo que contenía al ovocito que ovuló se transforman en células luteales a partir de las cuales se forma el cuerpo hemorrágico y luego el cuerpo lúteo. Este periodo tiene una duración de 3 a 4 días para luego pasar al diestro en el cual el cuerpo lúteo es funcional con altos niveles de progesterona circulando. Estos altos niveles de progesterona inhiben la maduración de nuevos folículos a través del efecto que ejercen estos sobre el hipotálamo y la hipófisis (Hafez, 1989). La duración del diestro depende de si se trata de animales con 2, 3 o 4 ondas de crecimiento folicular siendo la regresión luteal el día 17,5 para vaquillonas con dos ondas y el día 20,0 con tres ondas (Kastelic y Ginther, 1991). Estas dos últimas etapas que componen la fase luteal son gonadotropas independientes (Drion et al., 2000).

## **Dinámica Folicular**

Rajakoski (1960) citado por Lucy (2007), propuso el modelo de crecimiento de ondas foliculares en bovinos a partir del examen de los ovarios de vaquillonas, llegó a la conclusión de que folículos de mayor a 5 mm estaban expuestos al crecimiento de dos ondas. Estos folículos aparecían hacia el día 3 a 4 del ciclo estral y durante el crecimiento un folículo sigue creciendo hasta el día 11 del ciclo mientras que los otros se atresian. El folículo grande culmina su periodo atresándose a partir del día 11 y una segunda onda de crecimiento surge a partir del día 12 y otra vez el folículo grande emerge y se transforma en el destinado a ovular con sincronía con el estro. A igual modo, los folículos que comenzaron a crecer de este nuevo ciclo también regresan como los de la primera onda. Este ciclo se ha visto en los vaquillonas prepúberes (Adams et al., 1994; Evans et al., 1994), en vacas con anestro posparto (Murphy et al., 1990; Savio et al., 1990) y durante la preñez (Ginther et al., 1989; Taylor y Rajamahendran, 1991).

Generalmente se presentan 2 ó 3 ondas de crecimiento folicular por ciclo estral (Ginther et al., 1989; Kastelic y Ginther, 1991; Savio et al., 1988; Sirois y Fortune, 1988; Wolfenson et al., 2004), sin embargo se ha observado animales que presentan entre 1 y 4 ondas (Portillo, 2005). Para animales con 2 ondas foliculares por ciclo, la emergencia de las ondas ocurren en el día 0 (día de la ovulación) y en el día 10, y para los animales con 3 ondas, la emergencias ocurren los días 0, 9 y 16 (Ginther et al, 1989).

Los números de folículos primordiales en el ovario de la vaca fueron cuantificados por Erickson (1966) citado por Lucy (2007) siendo mayor a 100.000 folículos y a los 10 a 15 años se encuentran de 1000 a 5000 folículos. Estos folículos pertenecen al pool del cual se irán reclutando a lo largo de la vida del animal. Los mecanismos por el cual se inician el proceso de pasar de folículos primordiales a primarios se desconocen según Skinner (2005) pero se sabe que las gonadotrofinas no inician este crecimiento de una nueva onda folicular (Bao y Garverick, 1998). Lo que si se demostró es que en los folículos primarios y secundarios se encuentran receptores de FSH (Bao y Garverick, 1998) y coincide con la conclusión de Adams et al. (1992) que demostraron que un pico en la concentración sanguínea de FSH precede la emergencia de una onda folicular siendo esta señal la desencadenante del reclutamiento de folículos primarios y secundarios.

Los folículos primordiales se componen del ovocito I, el cual son células germinales que se encuentran detenidos en el estado de diploteno de la profase de la primera división meiótica. Estos ovocitos se encuentran rodeados por una monocapa de células epiteliales planas de la granulosa (Gigli et al., 2006). Los folículos primordiales se encuentran en constante crecimiento y se encuentran cientos de estos folículos creciendo en cualquier momento (Erickson, 1966). Jaiswal et al. (2004) sugiere que los folículos de 1 a 3 mm se desarrollan en una onda concomitantemente con el aumento de FSH en el plasma. Lucy (2007) menciona que existen otros factores locales que actúan en el crecimiento folicular como ser factores de crecimiento, como el TGF-beta, factor básico de crecimiento fibroblástico y factor de crecimiento epidermal. También el IGF I y el IGFBP, vascularización de la teca, factores angiogénicos etc. A medida que los folículos crecen y las células de la granulosa se transforman en cuboidales dejando de ser una monocapa que rodea al ovocito, se van expresando receptores de FSH (Bao y Garverick et al., 1998) y los receptores de LH en las células de la teca se van expresando a medida que se va formando la teca (Graverick et al., 2002). También éste último demostró que los folículos son capaces de crecer hasta los 4 mm independientemente de la FSH. Según Lucy (2007) los folículos de tamaño mayor a 4 mm son los que participan en la onda folicular. Los folículos a partir de los 4 mm comienzan a ser dependientes de FSH y comienzan a crecer en tamaño y a sintetizar estradiol. Las células de la teca son estimuladas a producir andrógenos a partir del colesterol por acción de la LH y éstos difunden a las células de la granulosa que previamente sensibilizadas por la FSH producen la aromataasa la cual sintetizara estrógenos a partir de los andrógenos (Gigli et al., 2006). Gigli et al. (2006) dicen, citando a Durlinger et al. (2002), que la activación de los folículos primordiales a folículos terciarios o antrales son gondotrófico-independientes. En contraste a esto, Jaiswal et al. (2004) concluyeron que los folículos de 1 a 3 mm responden a la FSH. Cuando un grupo de folículos primordiales son activados, comienza la diferenciación de los mismos pasando a ser folículos preantrales y pueden quedar detenidos en esta fase largos periodos hasta que comienza la activación dependiente de FSH para pasar a ser folículos antrales (Gigli et al., 2006).

De los folículos antrales que son reclutados en la onda, que son FSH dependientes, el folículo dominante es aquel que adquiere receptores de LH en las células de la granulosa y la teca y se vuelve LH dependiente (Lucy, 2007). Xu et al. (1995), concluyeron que la adquisición de receptores por parte de las células de la granulosa es crítico para el establecimiento y el

mantenimiento del folículo dominante. Evans y Fortune (1997), concluyeron que el folículo dominante es seleccionado antes que se inicie la expresión de receptores de LH en las células de la granulosa. Por otro lado, Fortune et al. (2004) propusieron que el incremento de FSH inicia el reclutamiento de una onda folicular y que en cada onda existe un folículo con la ventaja sobre los otros. La FSH causa un incremento de una proteasa que degrada el IGFBP 4 y 5 en el líquido folicular por lo que el IGF-1 queda libre para actuar en sinergia con la FSH para sintetizar el estradiol. Beg y Ginther (2006), concluyeron que el modelo posible sería que el incremento en la expresión de receptores de LH en las células de la granulosa y el incremento de IGF-I libre ocurre al mismo tiempo. Por lo tanto hay un folículo que tiene ventaja sobre los otros (Lucy, 2007) y esta ventaja puede ser por aspectos individuales del folículo en el comienzo de la onda, incluyendo el lecho vascular o el número y salud de las células de la granulosa o la teca. El folículo dominante es quien libera la mayor cantidad de estrógenos y se debe a que el mismo desarrolla más receptores de FSH y LH con lo cual los subordinados no son capaces de actuar a bajas concentraciones de FSH el cual disminuye por el feedback negativo que ejerce los estrógenos a nivel hipotalámico (Gigli et al., 2006). También la IGF 1 presente en el folículo dominante amplifica la acción de la FSH y existe un mecanismo por el cual el estradiol y la TGF beta interactúan con la FSH para aumentar el número de células de la granulosa y acrecentar la actividad de la aromatasas. El folículo dominante también secreta inhibina que actúa de forma paracrina para detener el crecimiento de los folículos subordinados y a nivel de la hipófisis para disminuir la secreción de FSH. También es más eficiente en la obtención de nutrientes por la vascularización obtenida por los factores angiogénicos (Gigli et al., 2006).

### **Luteolisis y funciones de la prostaglandina (PG)**

Los prostenoides son metabolitos derivados del ácido araquidónico a través de la vía metabólica de las ciclooxigenasas (Echeverría, 2006). Existen diferentes tipos de estas moléculas siendo todas ellas de acciones locales y de vida media muy corta. De todas las prostaglandinas, la  $F_{2\alpha}$  es la que tiene una acción importante desde el punto de vista reproductivo (Ungerfeld, 2002).

La capacidad de provocar la luteolisis por parte de las prostaglandinas fue demostrada por Gutknecht et al., (1969); Inskoop, (1973); Lauderdale, et al., (1974); Rowson et al., (1972) citados por Rusiñol, (2008) y a partir de ahí han sido ampliamente usadas en la sincronización de celos en bovinos, en la interrupción de la gestación, y como tratamiento en patologías uterinas (García et al., 1995). También es usada para la inducción de partos dado su efecto de constricción en el musculo liso junto con los glucocorticoides (Blanc et al., 2003). Esta hormona es secretada por varios tejidos y tiene varias funciones tanto en hembras como en macho, varios tipos celulares son capaces de sintetizar prostaglandinas a partir de ácidos grasos como respuesta a distintos estímulos (Ungerfeld, 2002). Asimismo se encuentran receptores para las prostaglandinas en distintos tejidos y en distintos momentos (Echeverría, 2006). Para el caso particular de la  $PGF_{2\alpha}$  se encuentran la mayor cantidad de receptores en el cuerpo lúteo y la cantidad de los mismos varía con el momento del ciclo (Echeverría, 2006).

Tomando como modelo a animales con un ciclo estral de 21 días, el proceso de luteolisis comienza naturalmente en el bovino a partir del día 15 o 16 del ciclo estral (Hafez, 1989). Ungerfeld (2002) propone que el mismo cuerpo lúteo sería responsable de su propia destrucción. Esto es debido a que la progesterona liberada por el cuerpo lúteo inhibe las pulsaciones de LH por parte de la hipófisis la cual es la que estimula la secreción de progesterona. Además la progesterona inhibe la síntesis para sus propios receptores, además de los de los estrógenos y de los de la oxitocina en el útero. Hacia el día 16 los niveles de progesterona bajan y por lo tanto también los efectos negativos sobre los receptores de estrógeno y oxitocina por lo que comienzan a tener efecto estas últimas hormonas en el útero.

McCracken (1999) propone un modelo para los ovinos en el cual se describen los siguientes eventos. Hacia el final de la fase luteal, baja la acción de la progesterona debido a la retroalimentación negativa sobre el hipotálamo la cual inhibe los pulsos de LH. Disminuyen la cantidad de receptores en el útero y los efectos negativos sobre la síntesis de receptores de estrógenos y oxitocina (McCracken, 1999; Ungerfeld, 2002). Se suma la acción de los estrógenos provenientes de los folículos que estimulan la secreción de bajos niveles de oxitocina pero con una alta frecuencia por parte de la hipófisis. Esta oxitocina actúa con sus receptores uterinos liberando niveles subluteolíticos de PG. La PG sale del útero por la vena uterina y pasa a la arteria ovárica dada la anastomosis arterio-venosa que existe en los

rumiantes, evitando de esta manera la rápida metabolización de la PG (Mapletoft et al., 1976 citado por Ungerfeld, 2002). Además, la progesterona actúa previamente en el útero estimulando el almacenamiento de fosfolípidos los cuales serán fuente de ácido araquidónico para la PG (Ungerfeld, 2002). Estos niveles subluteolíticos de PG activan a los receptores de alta sensibilidad a PG que se encuentran en las células luteales, los cuales inician la liberación suplementaria de oxitocina luteal. Esta última oxitocina liberada ahora amplificara la liberación de altas cantidades de PG la cual se dará en forma de pulsos los cuales activaran a los receptores de baja sensibilidad a la PG del cuerpo lúteo. Estos receptores son los que son capaces de inhibir la secreción de progesterona y liberar más oxitocina luteal reforzando el proceso ya iniciado. Niswender (2007) dice que también la PG intraluteal es necesaria para la luteolisis normal.

La PG actúa liberando distintos mediadores los cuales darán por un lado una luteolisis funcional, con la interrupción en la síntesis y liberación de progesterona y una luteolisis estructural en la cual el cuerpo lúteo es involucionado transformándose en el cuerpo albicans compuesto por tejido conectivo y colágeno a partir de la apoptosis y el recambio del tejido luteal. También tiene una acción antiesteroidegénica la cual interrumpe el proceso bioquímico de síntesis de progesterona, y un efecto de vasoconstricción que también incidiría en el proceso de luteolisis (Niswender, 2007). Por lo visto en el mecanismo de luteolisis participan varios mediadores teniendo un efecto de gatillo que una vez iniciado no se detendrá.

### **Sincronización de celos con prostaglandinas**

La sincronización/inducción de celos y/o ovulaciones son mecanismos por los cuales se controlan los distintos eventos fisiológicos que se suceden en el sistema reproductor de la hembra bovina. Los distintos protocolos desarrollados controlan la función luteal así como la folicular siendo útiles también para los programas de superovulación y sincronización de receptoras (Bó et al., 2002). Las ventajas que presentan estos protocolos son las de facilitar los programas de IA, la detección de celos, sincronización de ovulaciones para realizar IATF, inducción de animales en anestro, agrupar pariciones, utilizar semen de animales de alto valor genético, entre otras (Alberio, 2003).

La PG y sus análogos son usados en diferentes programas reproductivos, ya sean solos o combinados con otras drogas, para la sincronización o inducción de celos y/o ovulaciones realizándose inseminación a celo detectado (ICD) o inseminación a tiempo fijo (IATF).

Los protocolos propuestos para la sincronización de celos con PG se basan en su acción luteolítica. Por lo tanto es necesario la existencia de un cuerpo lúteo sensible a la acción de la PG exógena que se administra para esperar resultados. Todo esto es debido a que la acción de la PG, simula el proceso normal de la luteolisis (Cavestany, 2004).

### **Respuesta a la PG según el momento del ciclo estral**

Según King et al. (1982) el intervalo desde la administración de PG al celo depende de varios factores como ser la estación del año, la edad, la raza y la concentración de progesterona en sangre. Pero el mayor efecto que determina el intervalo al estro se debe al día del ciclo estral en que es tratado el animal.

Ha sido determinado que la inyección de PG a los animales antes del día 5 o 6 del ciclo estral, es inefectiva o tiene poca respuesta (Alberio, 2003; Bó et al., 2007; Callejas, 2004; Gigli et al., 2006; Lauderdale, 1972; Momont y Seguin 1984; Tanabe y Hann, 1984). También es inefectiva en el diestro tardío a partir del día 17; dado que ya ha comenzado la luteolisis de forma natural (Seguin, 1997 citado por Rusiñol, 2008, Fortin, 1989); durante el proestro y estro.

Se sabe que de un grupo de animales que se encuentran ciclando, los animales que responden a la PG exógena el intervalo entre la inyección y el comienzo de los estros es de aproximadamente 6 días (Macmillan y Henderson, 1984). Lauderdale (1972) y Hafs et al. (1975) citados por Tanabe y Han (1984), sugieren que si los animales manifestaban celo entre el segundo y el quinto día pos inyección se consideran sincronizados.

Existen varios trabajos en los cuales se inyectó PG en distintos momentos del ciclo estral y se evaluó la proporción de animales que responden, el tiempo en que demoran en manifestar el

celo y la fertilidad del mismo (Berardinelli y Adair, 1989; King et al., 1982; Macmillan y Henderson, 1984; Refsal y Seguin, 1980; Stevenson et al., 1984; Tanabe y Hann, 1984; Watts y Fuquay, 1985). No existe una uniformidad entre estos trabajos en definir los distintos momentos del diestro (temprano, medio y tardío) pero en términos generales se concluye que cuando los animales son tratados en el diestro temprano y tardío, responden al celo antes que los animales tratados en diestro medio. Cuando en los ensayos se incluye en el diestro temprano a animales en el día 5 y 6 del ciclo estral, se detecta una falta de respuesta a la PG (King et al., 1982 y Watts y Fuquay, 1985).

King et al. (1982) encontraron que la progesterona disminuye en forma lineal en animales tratados en diestro temprano (7) y medio (día 14) a menos de 1 ng/mL en un período de 36 horas. Berardinelli y Adair (1989) encontraron que los animales tratados en diestro temprano y tardío la progesterona disminuía a menos de 1 ng/mL en 24 horas y en diestro medio demoraba 12 horas más.

Kastelic et al. (1990) y Kastelic y Ginther (1991), utilizando ultrasonografía, determinaron que el intervalo entre el tratamiento con PG y la expresión del celo y la ovulación depende del estado de desarrollo del folículo dominante al momento del tratamiento. Si la PG es aplicada cuando el folículo dominante se encuentra en la última etapa de crecimiento o en la fase estática temprana, la ovulación ocurrirá dentro de los 3 a 4 días (4,2 media) posteriores. En cambio, cuando el folículo dominante se encuentra en la fase estática media o tardía, la ovulación ocurrirá por parte del folículo dominante de la siguiente onda folicular 5 a 7 días (6,3) posteriores. Esto es debido a que el folículo en etapa estática media y tardía ya no es más viable por lo que el aumento del intervalo se debe a que el folículo dominante de la nueva onda debe crecer hasta el tamaño preovulatorio. Por todo esto se explica la variabilidad en los intervalos entre la inyección de PG y la ovulación, por lo que es necesario realizar una correcta detección de celo para obtener altos porcentaje de preñez en los programas de IA sincronizados con PG (Bó et al., 2007; Kastelic y Ginther, 1991).

## **Protocolos de sincronización con PG**

Como se dijo anteriormente la PG es una hormona que actúa controlando la actividad del cuerpo lúteo. Puede ser utilizada en distintos protocolos de sincronización como única droga o combinada con otras drogas (estrógenos, progestágenos, GnRH). A continuación se describirán los distintos protocolos utilizados solamente con PG y la participación que tiene cuando se utiliza de forma combinada con otras drogas. La limitante al uso de esta droga es que se necesita la presencia de un cuerpo lúteo funcional y por lo tanto de hembras ciclando de forma normal cosa que no sucede en animales en anestro posparto o con cría al pie y/o con baja condición corporal.

Según Larson y Ball (1992) los protocolos con PG son los que mejores responden para la sincronización de vaquillonas y esa respuesta es con mayor consistencia que en vacas en lactación.

### **Doble dosis de PG**

Los esquemas de sincronización con doble dosis de PG se basan en que en un rodeo en el que se encuentran todos los animales ciclando, la distribución de los ciclos es al azar (Fortín, 1989). Por lo tanto cuando se inyecta por primera vez la PG se espera que las hembras que se encuentran en diestro 6 a 17 días respondan con celo de 1 a 5 días después; 11 días después se espera que los animales que respondieron a la primera dosis de PG y las que no respondieron se encuentren todas en diestro; sensibles a la segunda inyección de PG; respondiendo un alto porcentaje con celo y ovulación sincronizados. La IA puede ser realizada con detección de celos o se puede realizar IATF 72 horas posteriores a la inyección de PG. Existen variaciones del momento a inseminar como ser IA a las 72 y 96 horas (Callejas, 2004) o inseminar con celo detectado y realizar IATF a las 80 horas a las que no se detectó celo. Tenhagen et al. (2000) concluyeron que realizando IATF a las 66 y 90 horas posteriores a la segunda PG, se obtenía una reducción de días abiertos en comparación con los animales inseminados a celo visto. El porcentaje de concepción al primer servicio fue similar entre los grupos (33,2% vs 30%). Stevenson et al. (1984) encontraron que se obtenían

menores porcentajes de concepción realizando IATF a las 80 horas que realizando IA a celo visto.

Según de la Sota et al. (2002) la realización de IATF con este protocolo no sería el más conveniente dado que con la PG no sincroniza los celos de forma precisa debido a que no sincroniza el crecimiento folicular y la onda preovulatoria de LH.

El intervalo entre la PG puede ser variado entre los 11 días a 14 días. Folman et al. (1990) encontraron mejores resultados utilizando 14 días y Rosenberg et al. (1990), encontraron que los animales tratados con 14 días de intervalo prolongaban la fase luteal en comparación con los animales tratados con 11 días. En cambio Fortin, (1989) recomienda utilizar 11 días en vaquillonas dado que presentan ciclos estrales un poco más cortos

Dailey et al. (1986) encontraron que cuando se realizaba la IATF 80 horas después de la última PG, se obtienen mejores porcentajes de preñez cuando se administra 400 g de benzoato de estradiol a las 48 horas pos PG (52% vs 39%).

### **Detección de celos e inyección de PG a los animales que no manifiestan celo**

Este protocolo consiste en detección de celo e IA durante 5 a 8 días para luego inyectar con PG a los animales que no manifestaron celo en ese periodo. De esta forma se evalúa la tasa de detección de celo durante los primeros días y permite bajar los costos de la droga al no inyectar animales que no responderán por estar en metaestro temprano o en proestro (Fortiín, 1989; Alberio, 2003; Callejas, 2004). A medida que se aumenta los días de DC e IA (de 5 a 8 días) se obtienen mayor cantidad de animales con probabilidad de responder a la PG, dado que los primeros días del diestro (día 5 a 7) la respuesta a la PG es de un 43% (Watts y Fuquay, 1985). Como resultado se espera tener un pico de manifestación de celos entre el día 2 y 4 pos inyección (Butler y Balcarce, 1989; Callejas, 2004; Wahome et al., 1985) y se debe tener en cuenta que de tener tasas menores de 3% previo a la inyección de PG se obtendrán respuestas bajas (Torquatti et al., 1983 citado por Alberio, 2003). Dicho protocolo es útil en rodeos grandes en donde el número de animales en celo es alto y en donde se puede ir evaluando a partir de la tasa de detección de celo diario la ciclicidad del mismo. Además se reduce la dosis de PG que es aplicada. de Nava (2004), evaluando éste protocolo con

inyección de PG el día 6 de comenzado la IA y detección de celos por 4 días, en conjunto con el protocolo de 11 a 14 días entre inyecciones de PG, encontró un 80,6% (rango de 72,5% a 92,9 %) de respuesta al protocolo, 64,9% (55,5% a 73,6%) concepción y tasa preñez al primer servicio de 52,3% con detección de celos. Arrospide et al. (2007) utilizando éste protocolo con 7 días de detección de celos. previo a la inyección de PG en vaquillonas de carne, encontraron que en el porcentaje de detección de celos. acumulado en estos primeros días fue de 34,5% con un promedio diario de 4,5%. En cuanto al total de animales ofrecidos, se realizó IA a un 86,5% siendo la concepción de 63,7% y la preñez de 57,7%.

### **Palpación de cuerpo lúteo e inyección de PG**

Con esta metodología de palpar a todas las hembras en busca de un cuerpo lúteo para luego inyectar con PG a aquellas que presenten estas estructuras, se ahorra en dosis de droga y se tiene una noción del estado de actividad ovárica del rodeo. La precisión en la detección de un cuerpo lúteo funcional a la palpación transrectal en función de la concentración de progesterona en sangre es de 69% al 96% según diversos estudios (Fortin, 1989; Larson y Ball, 1992). En cuanto a la respuesta de los animales con cuerpo lúteo funcional detectados mediante palpación a la PG, se obtuvo entre un 64% y 72% (Fortín, 1989) y un 83% encontrado por Bonnevaux et al. (1982). Heuwieser et al. (1997) determinaron que la sensibilidad de esta técnica era de 85% y la especificidad de 50%. Existen variaciones a la respuesta con este protocolo debido a que existen cuerpos lúteos que no son funcionales y son difíciles de distinguir (Alberio, 2003; Callejas, 2004).

### **Fertilidad luego de la sincronización con PG y momento de la IA**

Existen resultados que indican que la fertilidad del celo luego de la inyección con PG es similar al celo natural (Odde, 1989; Stevenson y Pursley, 1994). Butler y Balcarce (1989) no encontraron diferencias significativas entre celos inducidos por PG (70%) y celos naturales (67%). Stevenson et al. (1987) determinaron que la tasa de concepción de animales sincronizados con PG separados 14 días e IA entre las 70 y 82 horas posteriores a la última PG era menor que en aquellas vacas inseminadas a celo visto. En contraposición a esto

Lauderdale (1979) obtuvieron tasas de concepción similares inseminando a celo visto e IATF a las 80 horas. Wahome et al. (1985) obtuvieron porcentajes de preñez similares al realizar la IA enseguida después de DC y 12 horas más tarde (63 y 62 %).

En cuanto a la fertilidad según el momento del ciclo estral, Watts y Fuquay (1985) encontraron porcentajes de concepción menores en los animales tratados en diestro temprano (5 a 7 días). En cambio King et al. (1982) no tienen diferencias entre diestro temprano y tardío así como tampoco Tanabe y Hann (1984).

Teniendo en cuenta los datos aportados por (Kastelic y Ginther, 1991) de la variabilidad de la manifestación de celo y de la ovulación dependen del momento del ciclo estral en que se encuentre la hembra, es necesario realizar una buena detección de celo para obtener altos resultados de animales preñados. Fogwell et al. (1986) afirma que es necesario tener en cuenta un intervalo predeterminado de observación de celos luego de la sincronización para obtener buenos resultados de fertilidad.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de la administración parenteral de vitaminas y minerales sobre el desempeño reproductivo de vaquillonas de leche sometidas a un programa de sincronización de celos en base a PG y evaluar dicho protocolo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se realizó en dos predios (“La Cruz” y “Goñi”), ambos del departamento de Florida, Uruguay. Los dos predios eran manejados por la Sociedad de Productores de Leche de Florida (SPLF), que los utiliza con el fin de desarrollar la cría de los animales de sus socios. En total la SPLF cuenta con 3.636 hectáreas para realizar tal función manejándose con una dotación de 0,7 UG/Ha.

En el establecimiento “La Cruz” se dividió el rodeo en dos grupos a los efectos de homogenizar los pesos por los que se obtuvo un lote 1 con animales diente de leche y dos dientes con peso menor a 310 kg, alimentadas con pradera de trébol blanco. El lote 2 lo integraban animales diente de leche, dos dientes y cuatro dientes (falladas del entore de invierno) con peso corporal mayor de 310 kg alimentados con ryegrass. Al comienzo de la inseminación los lotes se unificaron. Los animales del establecimiento “Goñi” se encontraban todos con peso y estado corporal requeridos siendo alimentados a campo natural al momento de comenzar el ensayo.

Con respecto a la sanidad del rodeo, en febrero del 2009 se administró levamisol, en mayo ivermectina y vacuna contra Aftosa y Clostridiosis anual.

Se seleccionaron 884 vaquillonas de raza Holando, 701 en “La Cruz” y 183 en “Goñi”. Los animales fueron identificados mediante el número de caravana que se les asignó al entrar al establecimiento. Del total de animales al comienzo del ensayo no se tomaron en cuenta 63 animales (7,1%) por no estar en condiciones para el mismo (baja condición corporal, falta del peso requerido, animales prepúberes, preñez, alteraciones del aparato reproductor, o presentar inconsistencias en la recolección de los datos). Por lo tanto el total de animales tomados en

cuenta para el ensayo fue de 821 distribuidos en 641 animales en “La Cruz” y 180 animales en “Goñi”.

El peso mínimo definido para ser aptas para la IA fueron de 330 kg para las vaquillonas de diente de leche y de 320 kg para las de dos dientes. El estado corporal de los animales era de 2,5 – 3,0 (Escala de 1 al 5).

El diseño experimental se diagramó en base a tres grupos, designando los animales de cada uno de ellos de forma aleatoria. Grupo testigo 279 animales, Grupos Cobre 271 animales a los cuales se les administró 10 mL de Vitamínico ADE (Calcificante Rio de Janeiro, Laboratorio Rio de Janeiro, Santa Fe, Argentina) conteniendo 100 mg de Gluconato de Cobre y Grupo Selenio 271 animales a los cuales se les administró 10 mL de Vitamínico ADE Selenio y Zinc Rio de Janeiro (Laboratorio Rio de Janeiro, Santa Fe, Argentina) conteniendo 0,035 g de Selenito de Sodio. La primera dosis se administró 18 días antes del comienzo de la inseminación artificial y la segunda dosis al comienzo de la IA.

El protocolo de IA utilizado fue detección de celo durante 8 días e IA a los animales en celo y el día 8 se administró de forma intramuscular 2 mL de un análogo de prostaglandina F<sub>2α</sub> (PG) (800 µg de delprostenate) a los animales que a la palpación transrectal de los ovarios presentaban cuerpo lúteo. Se continuó con la detección de celo y la IA y a los 11 días de la primera inyección de PG se administró una segunda dosis a los animales que no presentaron celo durante ese período. Se prosiguió con la IA hasta los 42 días luego de lo cual comenzó el repaso con toros durante un mes (Figura 1).

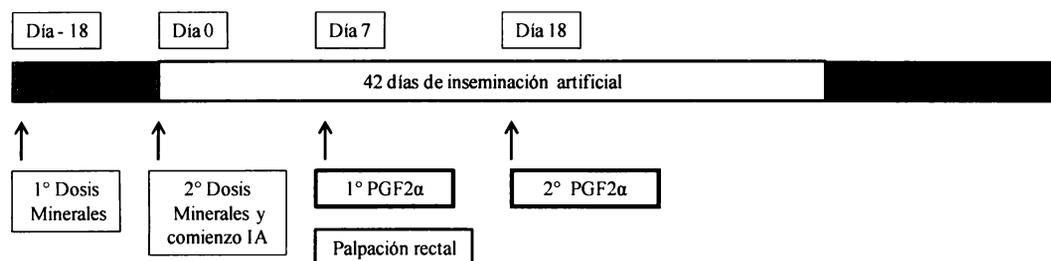


Figura 1: Esquema del protocolo de inseminación y del manejo reproductivo

El diagnóstico de gestación se realizó mediante ultrasonografía en dos momentos, el primero a los 30 días de finalizada la IA y el segundo a los 30 días de finalizado el repaso con toros para así poder determinar las preñeces por la IA y por monta natural.

Al comienzo del experimento se extrajo una muestra de sangre a 10 vaquillonas del grupo control de cada predio para realizar un perfil mineral (Anexo I).

### **Definición de parámetros de eficiencia reproductiva**

Porcentaje de detección de celos (PDC): Animales detectados en celo en los primeros 21 días dividido por total de animales ofrecidos y multiplicado por cien.

Porcentaje de concepción (PC): Animales preñados dividido animales servidos y multiplicado por cien.

Porcentaje de preñez (PP): Animales preñados dividido animales ofrecidos en 21 días y multiplicado por cien, o (PDC x PC).

Porcentaje de preñez final (PPF): Animales preñados dividido animales ofrecidos al final del período y multiplicado por cien.

### Análisis estadístico

La distribución de celos se analizó por análisis de frecuencias y prueba de chi cuadrado (Proc Freq, SAS). Los parámetros de eficiencia reproductiva se analizaron por regresión logística (Proc Logistic, SAS), con tratamiento y predio como efectos principales. Se definió el 5% como nivel de significancia.

## **RESULTADOS**

### **Resultados del perfil mineral**

Del perfil mineral realizado, las 10 vaquillonas muestreadas de “Goñi” tenían niveles normales de Cu pero un 80% tenían deficiencia de Se. En cuanto a las 10 vaquillonas muestreadas de “La Cruz”, los valores de Cu también dieron normales en un 100% pero el 67% tenía deficiencias de Se. De los animales muestreados todos resultaron preñados al final del ensayo (Anexo I).

### **Efecto de la suplementación mineral en la eficiencia reproductiva**

La concepción al primer servicio para los tratamientos control, cobre y selenio fue de 67,4%, 65,3% y 66,8% respectivamente, no habiendo diferencias significativas entre ellos. Para el porcentaje de preñez final tampoco hubo diferencias significativas para los distintos tratamientos siendo de 90,3 %, 90,4 % y 91,1% para los tratamientos control, cobre y selenio respectivamente.

### **Respuesta a la Sincronización con PG**

Dado que no se registraron diferencias en los tratamientos con suplementos minerales, la respuesta a la sincronización de celos se evaluó con el total de los animales (sin distinción de los grupos de tratamientos minerales).

El porcentaje de detección de celo en 21 días fue de 88,2%, el porcentaje de concepción fue de 66,5 %, el porcentaje de preñez fue de 59,0% y el porcentaje de preñez final obtenido con la IA más el repaso con toros fue del 90,6%.

En cuanto a las repeticiones de celos, el 77,5% tuvo ciclos normales de 17 a 24 días, un 8,7% tuvo ciclos cortos menores a 17 días y un 13,9% tuvo ciclos largos de más de 24 días.

Los primeros 8 días se detectó en celo a 311 vaquillonas (37,9% del total). Las vaquillonas que recibieron una sola dosis de PG fueron 417 siendo el 50,8% del total de animales. Un

total de 93 vaquillonas recibieron dos dosis de PG representando el 11,3% del total de animales. No hubo diferencias significativas en cuanto a la proporción de animales que no recibieron PG y los que recibieron una y dos PG entre los dos predios (P=0,75).

En la Figura 2 se muestra la distribución de celos de todos los animales en los dos predios. En los primeros 8 días se obtuvo un promedio de porcentaje de detección de celo de 4,8 % diario. El primer día luego de la inyección de PG se siguió detectando porcentajes similares a los días previos y el segundo día pos PG se registró un 9,5% de celos y al tercer día (72 h) 25,3%, para luego bajar al 6,2 % y al 2,9 % en el cuarto y quinto día respectivamente.

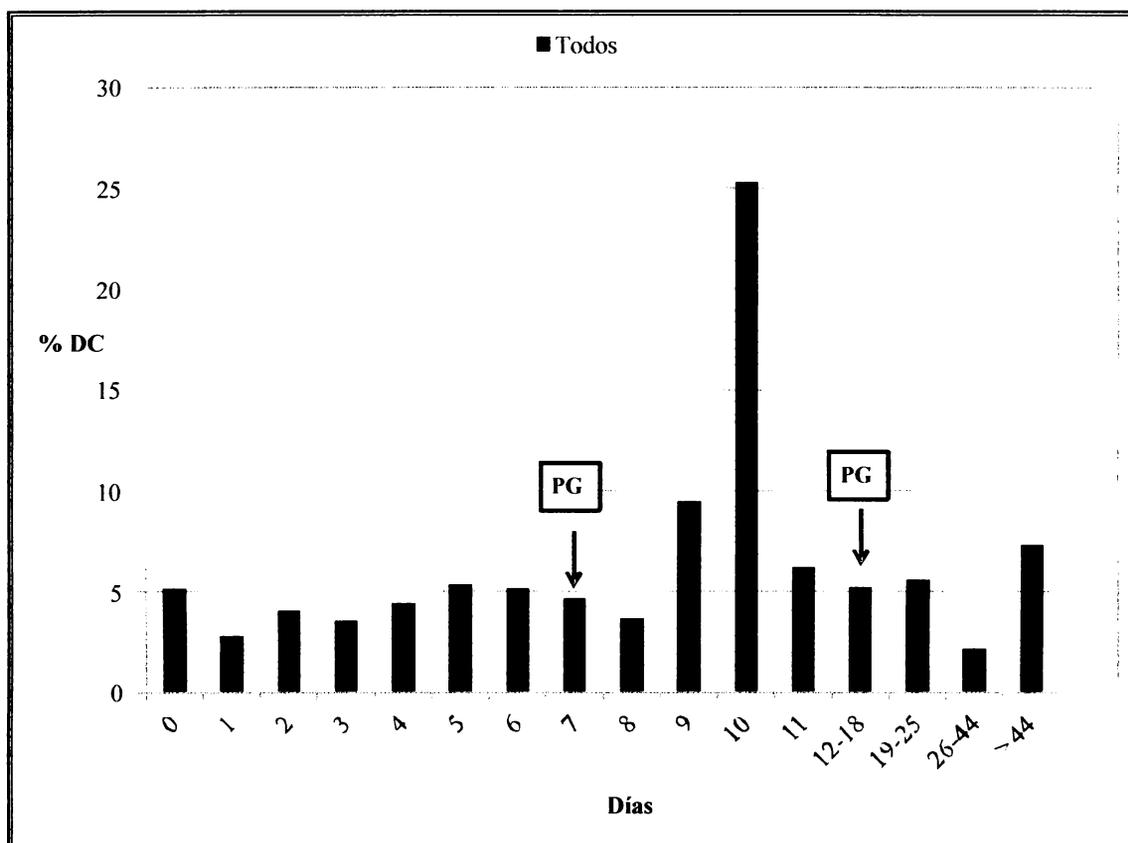


Figura 2: Distribución diaria de celos detectados en los dos predios

En el cuadro I se detallan la tasa de detección de celo en 21 días, la tasa concepción y la tasa de preñez en 21 días en relación al tratamiento con PG.

Cuadro I. Porcentaje de detección de celos (PDC), porcentaje de concepción (PC) y porcentaje de preñez (PP) de acuerdo al número de tratamientos con prostaglandina (PG)

PG <sup>1</sup>	n	PDC			PC			PP		
		%	OR <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>	%	OR <sup>2</sup>	CI <sup>2</sup>	%	OR <sup>2</sup>	CI <sup>2</sup>
0	290	93,3 <sup>a</sup>	42,03	22,07 – 80,23	65,9 <sup>d</sup>	1,22	0,76 – 1,97	60,1 <sup>e</sup>	6,28	3,58 – 11,02
1	411	98,6 <sup>b</sup>	208,38	81,94 – 529,91	68,1 <sup>d</sup>	1,35	0,85 – 1,97	66,9 <sup>f</sup>	8,42	4,84 – 14,65
2	23	24,7 <sup>c</sup>	1,0	Referente	61,3 <sup>d</sup>	1,0	Referente	19,4 <sup>g</sup>	1,0	Referente

<sup>1</sup>: Tratamiento con PG: 0 = celo natural (días 0 a 8 del servicio); 1 = 1 prostaglandina a los 8 días del servicio; 2 = segunda PG a los 11 días de la primera a vaquillonas que no mostraron celo

<sup>2</sup>: Odds Ratio, <sup>2</sup>: Intervalo de confianza 95%, <sup>a, b, c</sup>: P<0,0001; <sup>d</sup>: P=0,44; <sup>e, f, g</sup>: P<0,001

La detección de celo de las vaquillonas que no recibieron ninguna PG fue de 93,3%, las que recibieron una dosis de PG fue de 98,6% y las que recibieron dos dosis de PG fue de 24,7% difiriendo significativamente (P<0,0001). No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de concepción siendo 65,9%, 68,11 y 61,3% para las vaquillonas que no recibieron y que recibieron una y dos dosis de PG respectivamente (P=0,44). La preñez en 21 días para las vaquillonas que no recibieron ninguna PG fue de 60,1%, para las que recibieron una PG fue de 66,9% y para las que recibieron dos dosis de PG fue de 19,4% difiriendo significativamente (P<0,0001).

Cuando se analizó la detección de celo en 21 días, la concepción y el porcentaje de preñez en 21 días en las vaquillonas que no recibieron ninguna dosis de PG y las que recibieron una sola dosis de PG, se encuentran diferencias significativas en el porcentaje de detección de celo (P=0,0002) pero no así en el porcentaje de concepción (P=0,53), aunque el porcentaje de preñez tendió a ser diferente (P=0,0595) (Cuadro II).

Cuadro II. Porcentaje de detección de celos (PDC), porcentaje de concepción (PC) y porcentaje de preñez (PP) de acuerdo a animales sin PG vs animales con una PG

PG	n	PDC			PC			PP		
		%	OR <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>	%	OR <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>	%	OR <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>
No	290	93,3 <sup>a</sup>	4,95	1,97 – 12,5	65,9 <sup>c</sup>	1,10	0,81 – 1,51	60,1 <sup>d</sup>	1,34	0,99 – 1,82
Si	411	98,6 <sup>b</sup>	1,0	Referente	68,1 <sup>c</sup>	1,0	Referente	66,9 <sup>e</sup>	1,0	Referente

<sup>1</sup>: Odds Ratio, <sup>2</sup>: Intervalo de confianza 95%, <sup>a, b</sup>: P=0,00006; <sup>c</sup>: P=0,53; <sup>d, e</sup>: P=0,0597

Considerando los predios en forma separada (Figura 3), la distribución de celos fue diferente en cada predio, encontrándose diferencias el día 2, 4, 5 y 9 de la IA. También se ven diferencias entre los días 12-18 y 19-25.

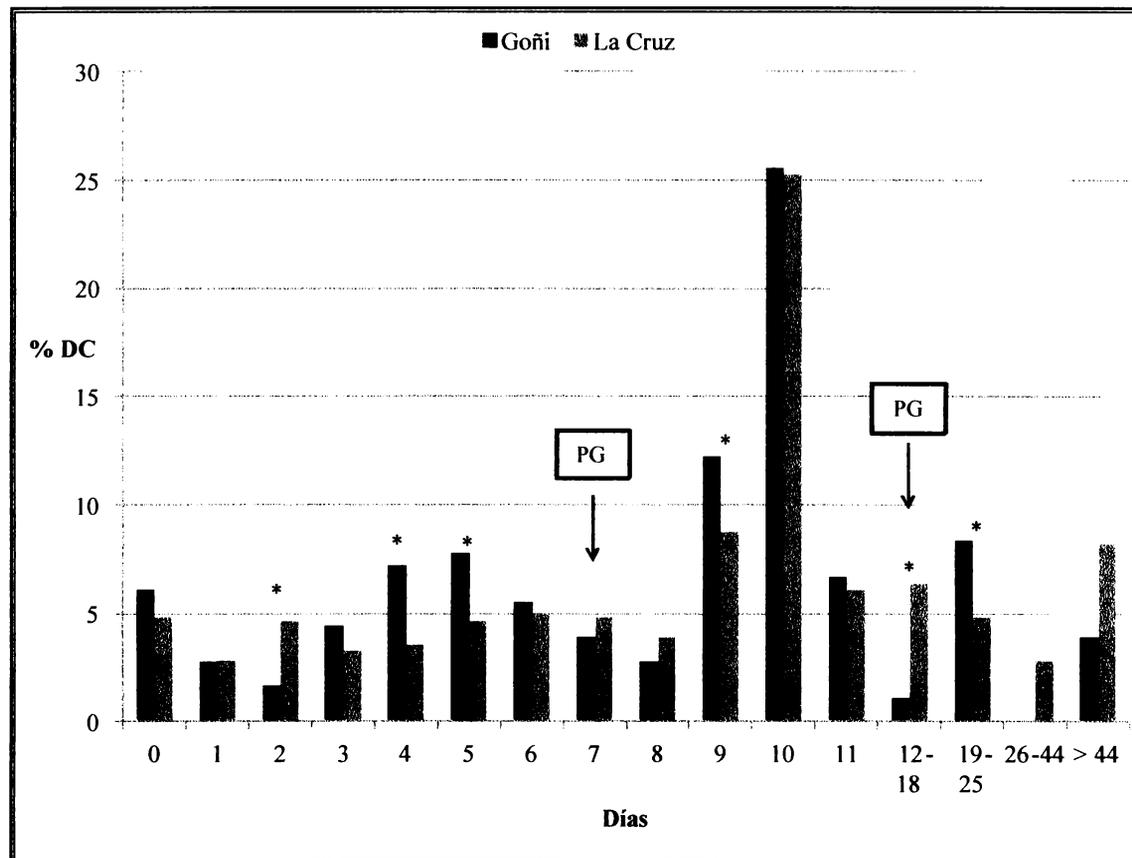


Figura 3: Distribución diaria de celos detectados en cada predio observado. Los asteriscos marcan diferencias entre predios en cada día ( $P < 0,05$ ).

Al analizar la eficiencia reproductiva por predio, se aprecian diferencias entre ellos, siendo el porcentaje de detección de celos en Goñi de 94,4% y en La Cruz de 86,3% ( $P < 0,05$ ). La concepción al primer servicio tendió a ser diferente en Goñi que en La Cruz ( $P = 0,0557$ ) y el porcentaje de preñez en 21 días fue similar en ambos predios ( $P = 0,5934$ ) (Cuadro III).

Cuadro III. Porcentaje de detección de celos (PDC), porcentaje de concepción (PC) y porcentaje de preñez (PP) de acuerdo a localidad

Grupo	n	PDC			PC			PP		
		%	OR <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>	%	OR <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>	%	OR <sup>1</sup>	CI <sup>2</sup>
La Cruz	641	86,4 <sup>a</sup>	0,37	0,20 – 0,74	68,2 <sup>c</sup>	1,39	0,99 – 1,70	59,4 <sup>d</sup>	1,1	0,78 – 1,53
Goñi	180	94,4 <sup>b</sup>	1,0	Referente	60,6 <sup>c</sup>	1,0	Referente	57,2 <sup>d</sup>	1,0	Referente

<sup>1</sup>: Odds Ratio, <sup>2</sup>: Intervalo de confianza 95%, <sup>a,b</sup>: P=0,0045; <sup>c</sup>: P=0,0562; <sup>d</sup>: P=0,5934

El porcentaje de preñez final fue de 93,3% en Goñi y de 89,86% en La Cruz, no difiriendo estadísticamente.

Evaluando la fertilidad de los sémenes y de los toros utilizados para la monta natural en el ensayo, se registraron diferencias en la concepción al primer servicio y la preñez final.

La concepción al primer servicio cuando se utilizó la monta natural (ya sea porque previamente se le había asignado el toro o porque nunca fue detectado en celo e inseminado) fue de 46,7% difiriendo estadísticamente con los demás sémenes utilizados (75,3%, 66,7% y 69,2%) (P < 0,0001).

Los porcentajes de preñez final fueron de 96,58%, 84,3%, 92,9% y 84,2% para los sémenes 1, 2, 3 y para el toro respectivamente siendo diferentes estadísticamente para P<0,005 el semen 2 y el toro.

## **DISCUSIÓN**

La suplementación con Cu o Se no tuvo consecuencias en la reproducción como lo demuestran los valores del porcentaje de concepción y el porcentaje de preñez final.

Para el caso de la suplementación con Cu, estos resultados coinciden con los encontrados por Arrospide et al. (2007) e Ingraham et al. (1987) los cuales no encontraron respuesta a la suplementación con Cu y difiriendo con lo encontrado por García et al. (2006) quienes obtuvieron aumentos en el porcentaje de concepción luego de la suplementación. En el caso de la suplementación con Selenio, nuestros resultados difieren a lo encontrado por Arrospide et al., (2007) y con Ruksan (1994) quienes encontraron incrementos en el porcentaje de concepción y de preñez. En cambio Kommisrud et al. (2005) y Paula-Lopes et al. (2003) no encontraron mejoras en los parámetros reproductivos a la suplementación con Selenio.

Los valores de Cobre de los animales muestreados estuvieron todos dentro de los parámetros normales (Paterson et al., 1999; Quiroz-Rocha y Bouda, 2001; Rosa y Mattioli, 2002). Se debe tener en cuenta la relación que tiene este mineral con el hígado como órgano de reserva y el método de medición del Cu en el organismo debido a que puede existir cupremias normales con depleción del mismo desde el hígado (Quiroz-Rocha y Bouda, 2001). En cuanto al Selenio, la actividad de la Glutatión Peroxidasa determinada en el perfil mineral se encontraba en un 75% de los animales por debajo de los valores de referencia ( $> 130$  U/g Hb) (Ceballos y Wittwer, 1996 de Oblitas et al., 2000). Asimismo, todos los animales determinados como deficientes en la actividad de la Glutatión Peroxidasa resultaron preñados al final del ensayo. Esto coincide con Jukola et al. (1996) coincidiendo con otros autores en que el Se por sí solo no afecta la fertilización del ovocito. Este efecto de bajos niveles de la actividad de la Glutatión Peroxidasa en sangre sin consecuencias clínicas en los animales puede deberse a que la ingesta de vitamina E por parte de la pastura actuaría como agonista, supliendo la falta de Se en su rol como antioxidante (Muffarage, 1999; Wichtel, 1998).

El porcentaje de detección de celos diario en los primeros días fue similar a los encontrados por Alberio (2003); Arrospide et al. (2007); Cavestany (2004). En cuanto al porcentaje de detección de celos acumulado en dicho periodo (37,9%), fue similar al encontrado por Arrospide et al. (2007).

La distribución de los celos sincronizados por la PG obtenidos fue similar a la encontrada por Gonzalez et al. (1985) y Wahome et al. (1985) en los cuales los animales respondieron a la PG en un 23% al 30% a las 48 h, el 45,6% al 47% lo hace a las 72 h y el 14,3% al 15,4% lo hace a las 96 h pos inyección. En cambio Arrospide et al. (2007) y Donaldson (1977) encontraron que la mayor respuesta a la PG se obtuvo entre el cuarto y sexto día post PG.

Con este protocolo, en 21 días de trabajo, se obtuvo una detección de celos del 88,2%, un porcentaje de concepción del 66,5% y porcentaje de preñez del 58,9% datos similares a los encontrados por Arrospide et al. (2007) y de Nava (2004) y de acuerdo a lo reportado por de la Sota et al. (2003) para cada ronda de sincronización e IA (porcentaje de detección de celo 80%, porcentaje de concepción de 60% y porcentaje de preñez 50%).

La diferencia en la detección de celos para los animales que no recibieron ninguna PG y los que recibieron una PG a favor de estos últimos puede deberse a un mayor énfasis por parte del personal encargado de detectar celo dado que los mismos se encontraban sincronizados y era probable encontrar un gran número de animales sincronizados. También puede deberse a que el incremento de animales en celo al mismo tiempo debido a la sincronización, aumenta la intensidad de la manifestación del celo y por ende la posibilidad de detectarlo (Fernández et al., 2006; Floyd et al., 2009).

En cuanto a los animales que recibieron dos dosis de PG, se aprecia una marcada disminución del porcentaje de detección de celos (24,7%). Esto puede deberse a que los animales que no fueron detectados su celo a lo largo de los primeros 12 días de IA, se deben a animales con problemas de fertilidad y que no responden al protocolo por estar en anestro o que responden pero con problemas en la manifestación del celo. Esto es debido posiblemente a que si bien los animales incluidos en el ensayo fueron determinados como aptos para la reproducción antes de comenzar el mismo, exista una falta de precisión de la técnica utilizada o que si bien eran aptos al comenzar el ensayo pero con el correr de los días, los animales modificaron tal condición.

El porcentaje de concepción de los animales detectados en celo de forma natural y los sincronizados con PG no difirió entre sí significativamente, sugiriendo que la fertilidad del

celo natural y del celo sincronizado con PG es igual (Butler y Balcarce, 1989; Odde, 1989; Stevenson y Pursley, 1994; Stevenson et al., 2008).

Si bien no existen diferencias significativas para el porcentaje de preñez se evidencia una tendencia mayor para los animales que recibieron una PG, que se explica por un mayor porcentaje de detección de celos. Para los animales que recibieron dos dosis de PG, la disminución del porcentaje de preñez se explica fundamentalmente por la disminución del porcentaje de detección de celo dado que el porcentaje de concepción no difirió con respecto a las que no recibieron PG y a las que recibieron PG.

Evalutando la diferencia de los datos de los dos predios, se aprecia un mayor porcentaje de detección de celos en “Goñi” que en “La Cruz”. Esta diferencia puede atribuirse a que en “LA Cruz”, al tener un rodeo más grande (641 vaquillonas) que en “Goñi” (180 vaquillonas) existieron mayores dificultades para la detección de celos debido al mayor número de animales. Fortín, (1989) mencionó que al manejar un elevado número de animales se hace difícil el reconocimiento, aparte e inseminación por lo que debe ser correctamente planificado.

Las diferencias en el porcentaje de detección de celo diario entre los predios que se muestran en la Figura 3, podrían explicarse por efecto humano en la detección de celo así como por el comportamiento propio de los animales y a lo explicado anteriormente.

Si bien no existieron diferencias significativas para el porcentaje de concepción entre los predios, existe una tendencia a favor “La Cruz” probablemente correlacionado a que el inseminador en este predio era más calificado y con mayor experiencia que el inseminador en “Goñi”.

El porcentaje de preñez no difirió entre los predios a pesar del menor porcentaje de detección de celo en “La Cruz”. Esta igualdad en este valor puede deberse a que el menor porcentaje de concepción en “Goñi” se compensó con un mayor porcentaje de detección de celos.

El porcentaje final de preñez no difirió entre los predios siendo el mismo aceptable para las expectativas previas al inicio de la inseminación artificial.

Evaluando la repetición de celo, se obtuvieron un 8,7% de los celos repetidos con ciclos menores a 17 días, un 13,9 % con ciclos más largos a 24 y un 77,5% de animales con un ciclo de 17 a 24 días. Este porcentaje de animales con ciclos normales se corresponde con los objetivos propuestos por de la Sota et al. (2003) de más de un 60% y coincide con lo encontrado por Cavestany (2000). Los ciclos cortos podrían deberse a errores en la detección de celos o reabsorciones embrionarias en cuanto a que los animales con ciclos largos son debido a fallas en la detección del celo anterior.

El bajo porcentaje de concepción de los toros utilizados puede atribuirse a que la misma es evaluada en su mayoría sobre animales que nunca fueron detectados su celo durante todo el ensayo, asignándose como el primer día de servicio al comienzo de la entrada de los toros para el repaso. Esto se debe posiblemente a que la eficiencia reproductiva de los toros se evalúa sobre vaquillonas que posiblemente se encuentren en anestro o que los toros tengan en definitiva su fertilidad disminuida.

Evaluando los porcentajes finales de preñez por cada semen utilizado y el uso de toros, se encontró una disminución para uno de los sémenes y para los toros.

Se puede concluir que aquellos animales a los que no se detectó celo por parte del personal, los toros no corregían la eficiencia reproductiva debido a que los porcentajes de preñez final son menores a los de los sémenes.

En cuanto a la baja fertilidad de uno de los sémenes utilizados, de Nava (2004) reportó diferencias en el porcentaje de concepción entre los toros utilizados en la inseminación artificial siendo mayores las diferencias cuando se realiza inseminación artificial a tiempo fijo. Se sugiere que los problemas pueden deberse a problemas intrínsecos de la fertilidad hasta menores cantidades de espermatozoides viables en las dosis de inseminación.

Las causas en la reducción de fertilidad del semen criopreservado pueden ser muy variadas Watson (2000), por lo que se justifica realizar exámenes de los sémenes previos y/o utilizar sémenes de probada calidad.

## **CONCLUSIONES**

La administración de Vitamínico ADE Calcificante Rio de Janeiro (Cobre) así como de Vitamínico ADE Selenio y Zinc Rio de Janeiro (Selenio) a vaquillonas no tuvo influencia sobre la fertilidad para los parámetros reproductivos estudiados (porcentaje de concepción y porcentaje de preñez).

El protocolo de IA permitió una buena eficiencia reproductiva teniendo un porcentaje de preñez a los 21 días de 58,9% teniendo un ahorro de PG del 37,9% y realizando una evaluación el rodeo.

Se debe tener en cuenta la variación de la fertilidad de los distintos sémenes que se utilizan.

Los animales que a los que no se les detectó celo durante todo el ensayo o a los que se les repitió varias inseminaciones, la utilización de toros para monta natural no mejoró la fertilidad, por lo que existen diferencia en cuanto a los animales considerados apto previo al ensayo y los que realmente lo son.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Adams G, Evans A, Rawlings N. (1994). Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers. *J. Reprod. Fertil.* 100:27–33.
2. Adams G, Matteri R, Ginther R. (1992). Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulating hormone in heifers. *J Reprod Fertil*; 95:627-640.
3. Alberio R. (2003). Nuevas biotecnologías reproductivas, aspectos biológicos y económicos. Dpto. Producción Animal. INTA Balcarce, Argentina. Disponible en: [www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/reproduccion/alberio.htm](http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/reproduccion/alberio.htm) Fecha de consulta 20/06/2011.
4. Almirati H, Peri M. (1982). Efecto de la suplementación mineral y completa sobre el crecimiento invernal de hembras de reemplazo en campos naturales sobre areniscas de Tacuarembó y basalto. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 88p.
5. Arrospide A, Delgado E, De Paula R. (2007). Efecto de la administración parenteral de vitaminas y minerales sobre la fertilidad de vaquillonas de carne inseminadas artificialmente. Tesis DMV. Montevideo. Uruguay. Facultad de Veterinaria. 73 p.
6. Arroyo G, Mauer E. (1982). Efecto de la suplementación mineral sobre el comportamiento reproductivo y evolución del peso en vacas de cría Hereford y su relación con la concentración mineral en el suelo y tejidos de reserva y estudio del aporte de minerales por las praderas naturales del noroeste uruguayo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 231p.
7. Arthur, G, Noakes, D, Pearson H. (1991). Reproducción y Obstetricia en Veterinaria. 6a. ed. Madrid. Interamericana, 702 p.
8. Bao B, Garverick H.A. (1998). Expression of steroidogenic enzyme and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: A review. *J. Anim. Sci.* 76:1903–1921.
9. Barrios J, Bertolotti C, Pollio J. (1984). Influencia de la suplementación mineral sobre el comportamiento reproductivo de vacas de cría Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 267p.

10. Baruselli PS, Bó G, Reis EL, Marques MO, Sa MF Filho. (2005). Introdução da IATF no manejo reproductivo de rebanhos bovinos de corte no Brasil. VI Simposio Internacional de Reproducción Animal- Córdoba. P. 151-176.
11. Bavera G. (2000). Métodos de suministro mineral al ganado en pastoreo, en: Bavera G. Suplementación mineral del bovino a pastoreo y referencias en engorde a corral Rio Cuarto, cap 6, pp 109-117.: Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/04-metodos\\_suministro.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/04-metodos_suministro.pdf) Fecha de consulta: 20/06/2011
12. Beg M.A, Ginther O.J. (2006). Follicle selection in cattle and horses: Role of intrafollicular factors. *Reproduction* 132:365–377.
13. Berardinelli JG, Adair R. (1989). Effect of prostaglandin F2 alpha dosage and stage of estrous cycle on the estrous response and corpus luteum function in beef heifers. *Theriogenology* 32(2):301-314.
14. Berra, G. (2006). Buenas prácticas en la crianza y recría de la vaquillona de reposición. 62 Jornadas de Lechería NOA 2006, Salta. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/patobiologia/pdf%20fisiologia/BUENAS%20PR%C3%81CTICAS%20EN%20LA%20CRIANZA%20Y%20RECR%C3%8DA.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
15. Berreta E. (1998). Contenido de minerales en pasturas naturales de basalto I. Especies nativas. En: Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Tacuarembó. INIA Serie Técnica N° 102.
16. Blanc JE, Ferraris A, Cavestany D. (2000). Sincronización de celos e inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas Holando en el litoral de Uruguay. XXI Congreso Mundial de Buiatría. 4-8 diciembre, 2000. Punta del Este, Uruguay; pp: 47.
17. Blanc JE, Ferraris A, Meikle A, Cavestany D. (2003). Inducción del parto y sincronización de celos en vacas primíparas Holando. XXXI. Jornadas uruguayas de buiatría. Paysandú. Uruguay.
18. Bó GA, Baruselli PS, Moreno D, Cutaia L, Caccia M, Tribulo R, Tribulo H, Mapletoft RJ. (2002). The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer program in cattle. *Therigenology*; 57:53-72.
19. Bó GA, Cutaia LE, Souza AH, PS Baruselli (2007). Systematic Reproductive Management in Dairy Herds. New Zealand Veterinary Association (NZVA) Conference 2007, Dairy Cattle Conference, Christchurch, New Zealand (disponible

- on line en SciQuest), 155-168. Disponible en [http://74.125.155.132/scholar?q=cache:lgUxEdzTZIUJ:scholar.google.com/+Systematic+Reproductive+Management+in+Dairy+Herds&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1](http://74.125.155.132/scholar?q=cache:lgUxEdzTZIUJ:scholar.google.com/+Systematic+Reproductive+Management+in+Dairy+Herds&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1) Fecha de consulta: 20/06/2011
20. Boland M. (2003). Trace minerals in production and reproduction in dairy cows. *Advances in dairy technology*. Disponible en: <http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/2003/PDFs/Manuscripts/Chapter%2025%20Boland%20.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
  21. Bonnevaux J, Echevarria P, Alvarez M, Repetto J. (1982). Evaluación a la respuesta de un análogo sintético de la PGF2 alfa en un trabajo a tiempo corto de inseminación artificial. *Veterinaria (Montevideo)* 18:13-17.
  22. Brem J, Mestre J, Pochon D, Trulls H. (2001). Alteraciones del ciclo estral provocadas por un alto ingreso de molibdeno en vaquillonas Brangus y respuesta a la suplementación con cobre. *Revista Veterinaria* 12/13: 1-2. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/suplementacion\\_mineral/08-alteraciones\\_por\\_molibdeno.pdf](http://www.produccionbovina.com/suplementacion_mineral/08-alteraciones_por_molibdeno.pdf) Fecha de consulta: 20/06/2011.
  23. Britt JH, Hafs HD, Stevenson JS. (1978). Estrus in relation to time of administration of prostaglandin F2a in Heifers. *I.J Dairy Sci.* 61:513-515.
  24. Butler H, Balcarce A. (1989). Evaluación de la distribución temporal y fertilidad de los celos en vaquillonas Hereford con una dosis reducida de delprostenate. *Rev Caba* 15: 40-44.
  25. Callejas S. (2004). Control farmacológico del ciclo estral del bovino: bases fisiológicas, protocolos y resultados. *Taurus* 6: 22-34. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/65-control\\_farmacologico\\_ciclo.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/65-control_farmacologico_ciclo.pdf) Fecha de consulta: 20/6/2011.
  26. Callejas S. (2004). Control farmacológico del ciclo estral del bovino: bases fisiológicas, protocolos y resultados. *Taurus* 6: 22-34. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/65-control\\_farmacologico\\_ciclo.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/65-control_farmacologico_ciclo.pdf) Fecha de consulta: 20/06/2011.
  27. Cavestany D, Fernández M, Pérez M, Tort G, Sánchez A, Sienna R. (2008). Oestrus behaviour in heifers and lactating dairy cows under a pasture-based production system. *Vet. Quarterly*; 30(Suppl. 1):10-36.

28. Cavestany D. (2000). Temas de lechería: Reproducción. INIA Serie Técnica N° 116. 58 p.
29. Cavestany D. (2004). Sincronización de celos y tratamientos hormonales. Curso a distancia: manejo de la reproducción en ganado lechero. Modulo 4. Facultad de Veterinaria. Montevideo. Uruguay. 59 p.
30. Ceballo A, Wittwer FG, Contreras PA, Quiroz W, Böhmwald HI. (1999). Actividad de Glutación Peroxidasa en bovinos lecheros a pastoreo correlacionada con la concentración sanguínea y plasmática de selenio. *Pesq. Agrop. Bras.* 34:2331-2338.
31. Cerniga R, Smith W, Parker B. (2004). Injectable trace elements. A very effective way to optimize trace element status in dairy cows. Disponible en: <http://www.multiminglobal.com/usa/ViewDocument.asp?DocID=36> Fecha de consulta: 20/6/2011.
32. Chew B. (2000). Micronutrients play role in stress, production in dairy cattle. *Feedstuffs* 72. 5p. Disponible en: <http://www.multiminglobal.com/usa/ViewDocument.asp?DocID=30> Fecha de consulta: 20/6/2011.
33. Colombatto D. (2007). Uso del cobre tribásico como fuente de cobre en dietas en ruminantes. *Veterinaria Argentina*, 24(238):574-583. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/42-cobre\\_tribasico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/42-cobre_tribasico.pdf) Fecha de consulta 20/06/2011.
34. Cuenca L, Fernández A, Alonso T, Decia C. (1981). Niveles de minerales en pasturas y tejidos de bovinos de carne en el Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 17:103-109.
35. Cuenca L. (2000). Estudio de los desbalances minerales como limitantes de la eficiencia reproductiva y productiva en bovinos de carne. INIA Serie Técnica N° 108 pp 59-60.
36. Dailey RA, James RE, Inskeep EK, Washburn SP. (1986). Synchronization of estrus in dairy heifers with prostaglandin F2~ with or without estradiol benzoate. *J. Dairy Sci.* 66:881-886.
37. Daugherty S, Carstens G, Herd D, Barling K, Randel R. (2002). Effects of prenatal and prebreeding trace mineral/vitamin e injections on calf health and reproductive performance of beef cows. Texas A & M University. Disponible en: <http://animalscience.tamu.edu/ansc/beef/bcrt/daugherty.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.

38. de la Sota RL, Lares S, Fernández G, Formia N. (2006). Sincronización y resincronización de celos y de ovulaciones en ganado de leche. 2 da. ed. En: Ungerfeld, R. Reproducción de los animales domésticos. Montevideo, 2ª. ed. Melibea, p. 467-473.
39. de Nava G. (2004). Resultados en programas de inseminación artificial de vacunos implementados durante la temporada 2003- 2004 en estancias ganaderas comerciales del Uruguay. XXXII. Jornadas uruguayas de buiatría. Paysandú. Uruguay. pp 61-66.
40. Donaldson LE. (1977). Synchronisation of oestrus in beef cattle artificial breeding programs using prostaglandin F2alpha. Aust Vet J. 53:72-77.
41. Drion PV, Beckers JF, Derkenne F, Hanzen Ch. (2000). Le développement folliculaire chez la vache. Mécanismes hormonaux au cours du cycle et du post-partum. Ann. Méd. Vét; 144:385-402.
42. Durlinger AL, Gruijters MJ, Kramer P, Karels B, Ingraham HA, Nachtigal MW, Uilenbroek JT, Grootegoed JA, Themmen AP. (2002). Anti-Mullerian hormone inhibits initiation of primordial follicle growth in the mouse ovary. Endocrinology 143: 1076-1084.
43. Durlinger AL, Visser JA, Themmen AP. (2002). Regulation of ovarian function: the role of anti-Mullerian hormone. Reproduction; 124:601-609.
44. Echeverría J. (2006). Endocrinología reproductiva: prostaglandina F2α en vacas. Revisión bibliográfica. Rev Redvet. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010106/010603.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
45. Engel RW, Hardinson WA, Miller RF, Price NO, Huber JT. (1964). Effect of copper intake on concentration in body tissue and on growth, reproduction and production in dairy cattle. J. Anim. Sci. 23:1160-1163.
46. Erickson BH. (1966). Development and senescence of the postnatal bovine ovary. J. Anim. Sci. 25:800-805.
47. Evans AC, Adams GP, Rawlings NC. (1994). Follicular and hormonal development in prepubertal heifers from 2 to 36 weeks of age. J. Reprod. Fertil. 102:463-470.
48. Evans AC, Fortune JE. (1997). Selection of the dominant follicle in cattle occurs in the absence of differences in the expression of messenger ribonucleic acid for gonadotropin receptors. Endocrinology 138:2963-2971.

49. Ferguson SD, Galligan DT. (1993). Reproductive programs in dairy herds. Proc. Central Veterinary Conference, Kansas, USA, p. 161-178.
50. Fernández A, Alonso T, Decia J. (1983). Contenido de minerales en forraje de campo natural en Uruguay. MGAP- Centro de Investigaciones Veterinarias "Miguel C Rubino" y Shell Uruguay. 4 p.
51. Fernández D, Lussich D, Marízcurrena P. (1985). Influencia de la suplementación mineral sobre el comportamiento reproductivo y evolución de peso en vacas de cría Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 185p.
52. Fernández M, Pérez M, Sánchez A. (2006). Determinación de la duración, intensidad y conducta de celo en vacas en ordeño y vaquillonas holando. Tesis DMV. Montevideo Uruguay. Facultad de Veterinaria. 49p.
53. Floyd L, Lents C, White F, Wettemann R. (2009). Effect of number of cows in estrus and confinement area on estrus behavior of beef cows. *J Anim Sci.* 87:1998-2004.
54. Fogwell R, Reid W, Thompson D, Thome M, Morrow D. (1986). Synchronization of estrus in dairy heifers: a field demonstration. *J Dairy Sci.* 69:1665-1672.
55. Folman Y, Kaim M, Herz Z, Rosenberg M. (1990). Comparison of methods for the synchronization of estrous cycles in dairy cows. 2. Effects of progesterone and parity on conception. *J Dairy Sci.* 73:2817-25.
56. Foote RH. (1975). Estrus detection and estrus detection aids. *J Dairy Sci;* 58, 248-256.
57. Fortín M. (1989). Sincronización de celos en bovinos con prostaglandinas. Aspectos prácticos. *Rev Cabia* 15: 29-39.
58. Fortune JE, Rivera GM, Yang MY. (2004). Follicular development: The role of the follicular microenvironment in selection of the dominant follicle. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83:109–126.
59. García A, Castejón F, de la Cruz, L, Gonzales J, Murillo M, Salido G. (1995). *Fisiología Veterinaria*. Madrid, Interamericana, 1074 p.
60. García J, Cuesta M, Pedroso R, Gutiérrez M, Mollineda A, Figueredo J. (2006). Efecto del cobre sobre la reproducción en novillas lecheras de Cuba. *Rev MVZ Córdoba* 11: 790-798. Disponible en: <http://apps.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/mvz-112/112-3.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
61. Garverick H, Baxter G, Gong J, Armstrong D, Campbell B, Gutierrez C, Webb R. (2002). Regulation of expression of ovarian mRNA encoding steroidogenic enzymes

- and gonadotrophin receptors by FSH and GH in hypogonadotrophic cattle. *Reproduction* 123:651–661.
62. Gigli I, Russo A, Agüero A. (2006). Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino, y camélidos sudamericanos. *Rev Inv Vet* 8:1:22. Disponible en: <http://www.fvet.uba.ar/invet/gili8.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
  63. Gill W, Lane C, Neel J, Fisher A, Joines D. (2004). Mineral nutrition of beef cattle. University of Tennessee Extension. Disponible en: <http://union.tennessee.edu/pubs/Union/PB1749.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
  64. Ginther OJ, Bergfelt DR, Kulick LJ, Kot K.(1998). Pulsatility of systemic FSH and LH concentrations during follicular wave development in cattle. *Theriogenology* 50: 507-519.
  65. Ginther OJ, Bergfelt DR, Kulick LJ, Kot K.(1999). Selection of the dominant follicle in cattle: establishment of follicle deviation in less than 8 hours through depression of FSH concentrations. *Theriogenology* 52: 1079-1093.
  66. Ginther OJ, Wiltbank MC, Fricke PM, Gibbons JR, Kot K. (1996). Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol Reprod*; 55:1187-1194.
  67. Ginther, O. J., L. Knopf, and J. P. Kastelic. (1989). Ovarian follicular dynamics in heifers during early pregnancy. *Biol. Reprod*; 41:247–254.
  68. Giuliodori M. (2002). Aspectos farmacológicos en la nutrición, En: Botana L, Landoni F, Martín- Jiménez T. *Farmacología y terapéutica veterinaria*. Madrid. Mc Graw-Hill, p. 664-667.
  69. Gonzalez LV, Fuquay JW, Bearden HJ. (1985).Insemination management for a one-injection prostaglandin F(2)alpha synchronization regimen. I. One daily insemination period versus use of the a.m./p.m. rule. *Theriogenology*; 24; 495-500.
  70. Gooneratne SR, Buckley WT, Christensen DA. (1989). Review of copper deficiency and metabolism in ruminants. *Can J Anim Sci*; 69:819-845.
  71. Gutknecht GD, Cornette JC, Pharriss BB. (1969). Antifertility properties of prostaglandin F2 $\alpha$  . *Biol Reprod*; 1:367-371.
  72. Hafez E. (1989). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. 5a.ed. Mexico. Interamericana, 677 p.
  73. Heuwieser W, Oltenacu PA, Lednor AJ, Foote RH. (1997). Evaluation of different protocols for prostaglandin synchronization to improve reproductive performance in dairy herds with low estrus detection efficiency. *J Dairy Sci*. 80:2766-2774.

74. Ingraham RH, Kappel LC, Morgan EB, Srikandakumar A. (1987). Correction of subnormal fertility with copper and magnesium supplementation. *J. Dairy Sci.*, 70: 167-180.
75. Inskeep EK. (1973). Potential uses of prostaglandins in control of reproductive cycles of domestic animals. *J Anim Sci*; 36:1149-1157.
76. Jackson PS, Johnson CT, Furr BJ, Beattie JF, (1979). Influence of stage of oestrus cycle on time of oestrus following cloprostenol treatment in the bovine. *Theriogenology* 12:153-167.
77. Jaiswal RS, Singh J, Adams GP. (2004). Developmental pattern of small antral follicles in the bovine ovary. *Biol Reprod.* 71:1244-1251
78. Johnson CT. (1978). Time to onset of estrus after injection of heifers with cloprostenol. *Vet Rec* 103(10): 204-206.
79. Jubb K, Kennedy P, Palmer N. (1990). *Patología de los animales domesticos*. 3a ed. Vol 1. Montevideo, Hemisferio Sur, 203 p.
80. Jukola E, Hakkarainen J, Saloniemi H, Sankari S. (1996). Blood selenium, vitamin E, vitamin A,  $\beta$  carotene concentrations and udder health, fertility treatments and fertility. *J Dairy Sci* 79: 838-845.
81. Kastelic JP, Ginther OJ. (1991). Factors affecting the origin of the ovulatory follicle in heifers with induced luteolysis. *Anim Reprod Sci*; 26: 13-24
82. Kastelic JP, Knopf L, Ginther OJ. (1990). Effect of day of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  treatment on selection and development of the ovulatory follicle in heifers. *Anim Reprod Sci*; 23:169-180.
83. Keen CL, Graham TW. (1989). Trace elements. En: Kaneko JJ, (ed). *Clinical biochemistry of domestic animals*. 4a. ed. New York: Academic Press, p. 753-795.
84. King M, Kiracofe G, Stevenson J, Schalles R. (1982). Effect of stage of the estrous cycle on interval to estrus after PGF(2 $\alpha$ ) in beef cattle. *Theriogenology* 18: 191-200.
85. Koh T, Judson G. (1986). Copper and selenium deficiency in cattle: an evaluation of methods of oral therapy and an observation of a copper- selenium interaction. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/n72x32346w715u11/> Fecha de consulta: 20/06/2011.

86. Kommisrud E, Osterås O, Vatn T. (2005). Blood selenium associated with health and fertility in Norwegian dairy herds. *Acta Vet Scand*; 46:229-240.
87. Larson LL, Ball PJH. (1992). Regulation of estrus cycles in dairy cattle: a review. *Theriogenology*; 38:255-267.
88. Lauderdale JW, (1972). Effects of PGF<sub>2</sub> $\alpha$  on pregnancy and estrus cycle of cattle. *J Anim Sci*; 35:246 (abst).
89. Lauderdale JW, Seguin BE, Sterflung NJ, Chenault JR, Thatcher WW, Vicent KJ, Loyancano AF. (1974). Fertility of cattle following PGF<sub>2</sub> $\alpha$  injection- *J Anim Sci*; 38:964-967.
90. Lauderdale JW. (1979). Efficacy of Lutalyse sterile solution. Proceedings of the Lutalyse Symposium, Brook Lodge, Augusta, MI, August 6-8, p.17-32.
91. Lucy MC. (2007). The bovine dominant ovarian follicle. *J Anim Sci (Suppl.)* 85:E89-E99.
92. Maas J, Peuroi J, Tonjes T, Karlonas J, Galey F, Han B. (1993). Intramuscular selenium administration in selenium-deficient cattle. *J Intern Med* 7: 342-348.
93. Macmillan KL, Henderson HV. (1984). Analyses of the variation in the interval from an injection of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  to estrus as a method of studying patterns of follicle development during diestrus in dairy cows. *Anim Reprod Sci* 6: 245-254.
94. Macmillan KL. (1983). Prostaglandin responses in dairy herd breeding programmes. *N Z Vet J.* 1983; 31:110-113.
95. Macmillan KL. (1983). Prostaglandin responses in dairy herd breeding programmes. *NZ Vet JN Z Vet J.*;31:110-113.
96. Macmillan KL. (2010). Recent advances in the synchronization of estrus and ovulation in dairy cows. *J Reprod Dev*; 56: 42-47
97. Macmillan KL. (2010). Recent advances in the synchronization of estrus and ovulation in dairy cows. *J Reprod Dev.*; 56 Suppl:S42-47.
98. Macmillan, K. L. and H. V. Henderson. (1984). Analyses of the variation in the interval from an injection of prostaglandin F<sub>2</sub> $\alpha$  to estrus as a method of studying patterns of follicle development during diestrus in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 6:245-254
99. Malecki J, Malinowski E, Supera K, Balicka-Ramisz A. (2002). Influence of selenium with vitamin e and cobalt heavy pellets on reproduction and metabolic profiles of

- ewes. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Animal Husbandry*, Volume 5, Issue 2. Disponible en: <http://www.ejpau.media.pl/volume5/issue2/animal/art-05.html> Fecha de consulta: 20/06/2011.
100. Mc Donald LE. (1991). *Endocrinología Veterinaria y Reproducción*. 4a. Ed. Madrid, Interamericana, 541 p.
  101. McClure T, Eamens G, Healy P. (1986). Improved fertility in dairy cows after treatment with selenium pellets. *Aust Vet J*; 63: 144-146.
  102. McCracken J, Custer E, Lamsa J. (1999). Luteolysis: a neuroendocrine-mediated event. *Physiol Rev*; 79: 263-323.
  103. McDowell LR, Conrad JH. (1977). La importancia nutricional de los oligoelementos en América Latina. *Rev. Mund. Zoot.* 24:24-33.
  104. Millar K.R. (1983). Selenium (Se). En: N.D. Grace "The mineral requirements of grazing ruminants". New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 9: 38-47.
  105. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. DIEA. (2010). *Anuario Estadísticas Agropecuarias*, p. 240.
  106. Momont HW, Seguin BE. (1984). Influence of the day of estrous cycle on response to PGF<sub>2</sub> $\alpha$  products: Implications for AI programs for dairy cattle. 10th International Congress on Animal Reproduction. Illinois, EEUU. 3, p. 336.
  107. Moreira F, de la Sota RL, Diaz T, Thatcher WW. (2000). Effect of day of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocol on reproductive responses in dairy heifers. *J Anim Sci*; 78: 1568-1576.
  108. Mufarrege D. (1999). Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina. INTA Mercedes. Argentina. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/mercedes/info/Pubdiversas/Minerales99.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
  109. Murphy MG, Boland MP, Roche JF. (1990). Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in postpartum beef suckler cows. *J. Reprod. Fertil.* 90:523-533.
  110. Niswender GD, Davis TL, Griffith RJ, Bogan RL, Monser K, Bott RC, Bruemmer JE, Nett TM. (2007). Judge, jury and executioner: the auto-regulation of luteal function. *Soc Reprod Fertil Suppl*; 64:191-206.

111. NRC (National Research Council). (1991). Tablas de requerimientos de bovinos de carne (1976) y ovinos (1975). Recopilación de tablas de requerimientos de animales domésticos. Cátedra de Nutrición Animal, Facultad de Agronomía, Montevideo.
112. Oblitas F, Contreras P, Bohmwald H, Wittwer F. (2000). Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa (GSH-Px) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. Arch Med Vet; 32: 55-62.
113. Oblitas F, Contreras P, Bohmwald H, Wittwer F. (2000). Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa (GSH-Px) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. Arch Med Vet; 32: 55-62.
114. Odde K. (1990). A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. J. Anim Sci 68: 817-830.
115. Orcasberro R, Alonso T. (1990). Mineral nutrition and reproductive performance of beef cattle in Uruguay. Research Project. First Research Coordination Meeting on "Development of Feed Supplementation Strategies for Improving Ruminant Productivity on Small-Holder Farms in Latin America through the Use of Radioimmunoassay Techniques". Santiago, Chile, May 14-18 1990., 8 p.
116. Orcasberro R. (1997). Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. INIA. Serie técnica 13:225-233.
117. Paterson J, Swenson C, Johnson B, Ansoteguy R. (1999). Assessing the role of copper and zinc in the cow- calf production cycle. Montana State University and Zimpro Corporation. Disponible en: <http://www.txanc.org/proceedings/1999/copperzinc.pdf>  
Fecha de consulta: 20/06/2011.
118. Paula-Lopes F, Al- Katanani Y, Majewski A, Mc Dowell L, Hansen P. (2003). Manipulation of antioxidant status fails to improve fertility of lactating cows or survival of heat-shocked embryos. J Dairy Sci 86:2343–2351.
119. Petersen M. (1996). Considerations in trace mineral supplementation. Beef Cattle Handbook BCH-5455. Department of Animal and Range Science, New State University. USA. Disponible en [http://www.iowabeefcenter.org/Beef%20Cattle%20Handbook/Considerations\\_Trace\\_Mineral\\_Supplementation.pdf](http://www.iowabeefcenter.org/Beef%20Cattle%20Handbook/Considerations_Trace_Mineral_Supplementation.pdf) Fecha de consulta: 20/06/2011.

120. Pigurina G, Soares de Lima JM, Berretta E. (1998). Contenido de minerales en pasturas naturales de basalto II. Pasturas naturales. En: Seminario de actualización en tecnologías para basalto, Tacuarembó, Uruguay. P 113-122.
121. Pigurina GI, Methol M. (1994). Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. En: Guía para la alimentación de rumiantes. Serie Técnica N° 44. p. 37 - 39.
122. Pittaluga O. (2007). Efecto de la suplementación con fósforo sobre el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Hereford y Braford, en Basalto y Areniscas. INIA Tacuarembó, Serie Actividades de Difusión N° 486: 18-20.
123. Pittaluga O. (2009). Rol de los minerales en la producción de bovinos para carne en Uruguay. Montevideo, Uruguay. 25 p.
124. Portillo G. (2005). Fisiología reproductiva y diferencias reproductivas entre el ganado europeo y cebú. Manual de ganadería doble propósito. Facultad de ciencias veterinarias. Venezuela. Disponible en: [http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/manual-anaderia/seccion6/articulo2-s6.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-anaderia/seccion6/articulo2-s6.pdf) Fecha de consulta: 20/06/2011.
125. Quintans G, Barreto S, Jiménez de Aréchaga C. (2005). Manejo del anestro posparto. Suministro de sales minerales durante el posparto en vacas multíparas. INIA Treinta y tres, Serie Actividades de Difusión N° 429: 8-14.
126. Quiroz-Rocha G, Bouda J. (2001). Fisiopatología de las deficiencias de cobre en rumiantes y su diagnóstico. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2001/vm014g.pdf> Fecha de consulta: 20/06/2011.
127. Radostits OM, Blood DC, Gay CC, Hinchcliff KW. (2002). Medicina Veterinaria. 9a ed. Madrid, Mc Graw, 1806 p.
128. Rajakoski E. 1960. The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal, cyclical, end left-right variations. Acta Endocrinol. Suppl. (Copenh.) 34(Suppl. 52):1-68.
129. Refsal KR, Seguin BE. (1980). Effect of stage of diestrus and number of cloprostenol (ICI 80, 996) injections on intervals to estrus, LH peak and ovulation in heifers. Theriogenology; 14 (1): 37-48.
130. Roche JF. (1974). Synchronization of oestrus and fertility following artificial insemination in heifers given prostaglandin F2 $\alpha$ . J Reprod Fertil; 37:135-138.

131. Roelofs JB, Van Eedenburg FJCM, Soede NM, Kemp B. (2005). Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*; 63:1366-1377.
132. Rosa D, Mattioli G. (2002). Metabolismo y deficiencia de cobre los bovinos. *Analecta Veterinaria* 22: 7-16. Disponible en: [http://www.fcv.unlp.edu.ar/analecta/vol22n1/051\\_VE22n1\\_rosa\\_metabolismo\\_cobre.pdf](http://www.fcv.unlp.edu.ar/analecta/vol22n1/051_VE22n1_rosa_metabolismo_cobre.pdf) Fecha de consulta: 16/06/2011.
133. Rosenberg M, Kaim M, Herz Z, Folman Y. (1990). Comparison of methods for the synchronization of estrous cycles in dairy cows. 1. Effects on plasma progesterone and manifestation of estrus. *J Dairy Sci*; 73:2807-2816.
134. Rowson L, Tervit R, Brand A. (1972). The use of prostaglandins for synchronization of oestrus in cattle. *J Reprod. Fertil*; 29:145-148.
135. Ruksan E. (1994). Deficiencia de selenio. Congreso Argentino de Ciencias Veterinarias. VII. Buenos Aires Argentina. 115 p.
136. Rusiñol C. (2008). Comparación de tres métodos de sincronización de celos y ovulaciones con y sin inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vaquillonas para carne. Tesis de maestría. Montevideo. Uruguay. Facultad de Veterinaria. 43p.
137. Savio JD, Boland MP, Hynes N, Roche JF. (1990). Resumption of follicular activity in the early postpartum period of dairy cows. *J Reprod Fertil*; 88:569-579.
138. Savio JD, Keenan L, Boland M, Roche JF. (1988). Pattern of growth of dominant follicles during the estrous cycle of heifers. *J Reprod Fertil*; 83:663-671.
139. Seguin B. (1997). Ovsynch: a method for breeding dairy cows without doing heat detection. *Bovine Practitioner*; 31:11-14.
140. Sirois J, Fortune JE. (1988). Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol Reprod*; 39:308-317.
141. Skinner MK. (2005). Regulation of primordial follicle assembly and development. *Hum. Reprod. Update* 11:461-471.
142. Sosa J, Guerrero J. (1983). Composición mineral de forrajes de algunos establecimientos al norte del Río Negro. I Jornadas técnicas de la Facultad de Veterinaria. Montevideo. Uruguay. pp 119-124.
143. Sosa JC, Texeira E, Nuñez A. (1996). Suplementación mineral y energética en bovinos. En: 6° Congreso Nacional de Veterinaria y 1er Congreso de Veterinarios

- Especialistas en Pequeños Animales. Montevideo, 1996. J.A.P.D. Publicaciones Electrónicas.
144. Sosa JC. (1990). Ensayos de campo con sales minerales Cobalfosal. Período 1985/89. Publicado por Barraca Deambrosi S.A. 1990. 33 pp
  145. Sosa JC. Suplementación mineral en bovinos. MGAP informa. 3ra época, Año 2, N° 5. 1989. p. 6 -7.
  146. Sosa, J.C. (1986). Ensayos de campo con Sales Minerales Cobalfosal. Período 1985-86 (Repartido, 18 p.)
  147. Stevenson JL, Rodriguez JA, Braga FA, Bitente S, Dalton JC, Santos JE, Chebel RC. (2008). Effect of breeding protocols and reproductive tract score on reproductive performance of dairy heifers and economic outcome of breeding programs. *J Dairy Sci*; 91(9):3424-3438.
  148. Stevenson JS, Lamb GC, Kobayashi Y, Hoffman DP. (1998). Luteolysis during two stages of the estrous cycle: subsequent endocrine profiles associated with radiotelemetrically detected estrus in heifers. *J Dairy Sci*; 81:2897-903.
  149. Stevenson JS, Lucy MC, Call EP. (1987). Failure of timed insemination and associated luteal function in dairy cattle after two injections of prostaglandin F2 $\alpha$ . *Theriogenology* 28:397.
  150. Stevenson JS, Pursley JR. (1994). Use of milk progesterone and prostaglandin F2 alpha in a scheduled artificial insemination program. *J Dairy Sci*; 77:1755-1760.
  151. Stevenson JS, Schmidt Mk, Call Ep. (1984). Stage of estrous cycle, time of insemination, and seasonal effects on estrus and fertility of Holstein heifers after prostaglandin F2 alpha. *J Dairy Sci*; 67:1798-1805.
  152. Suttle Nf. (1986). Copper deficiency in ruminants; recent developments. *Vet Rec*; 119:519-522
  153. Tanabe TY, Hann RC. (1984). Synchronized estrus and subsequent conception in dairy heifers treated with prostaglandin F2 $\alpha$  and influence of stage of the cycle at treatment. *J Anim Sci*; 58:80-85.
  154. Taylor C, Rajamahendran R. (1991). Follicular dynamics and corpus luteum growth and function in pregnant versus nonpregnant cows. *J. Dairy Sci.* 74:115-123.

155. Tenhagen BA, Drillich M, Heuwieser W. (2000). Synchronization of lacting dairy cows with prostaglandin F2 alpha: insemination on observed oestrus versus timed artificial insemination. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med*; 47:577-584.
156. Underwood EJ, Suttle NF. (1999). *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3a Ed. CABI Publishing CAB International.
157. Underwood EJ. (1971). *Trace elements in human and animal nutrition*. Third Ed., En: Institute of Agriculture, University of Western Australia. Netherlands, Western Australia, 543 p.
158. Ungerfeld R. (2002). Control endócrino del ciclo estral. En: Ungerfeld, R. *Reproducción de los animales domésticos*. Montevideo, editor: Rodolfo Ungerfeld, 41-55 p.
159. Ungerfeld R. (2002). Hormonas gonadales. Otras hormonas vinculadas a la reproducción. En: Ungerfeld, R. *Reproducción de los animales domésticos*. Montevideo, editor: Rodolfo Ungerfeld, 31-37 p.
160. Ungerfeld, E. (1998). Factores que afectan el contenido de minerales en pasturas naturales y el estado nutricional de vacunos y ovinos en Uruguay. *Revisión Bibliográfica*. Edición preliminar. INIA Tacuarembó, 230 p.
161. Uriarte G, Bonino J, Gaggero CY, Oficialdegui R. (1988). Algunos parámetros bioquímicos sanguíneos en ovejas, y sus relaciones con la nutrición e índices productivos. *Prod. Ov*. 1(1):47-58 p.
162. Uriarte G. (1998). Situación de los minerales en la ganadería de carne en el Uruguay. *INIA Tacuarembó, Serie Actividades de Difusión* 166: 10-13 p.
163. Wahome JN, Stuart MJ, Smith AE, Hearne WR, Fuquay JW. (1985). Insemination management for a one-injection prostaglandin F(2)alpha synchronization system. II. One versus two inseminations following detection of estrus. *Theriogenology*; 24(5):501-507.
164. Watson PF. (2000). The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Anim Reprod Sci*; 60-61:481-92.
165. Watts TL, Fuquay JW. (1985). Response and fertility of dairy heifers following injection with prostaglandin F(2 alpha) during early, middle or late diestrus. *Theriogenology*; 23:55-61.
166. Whitaker DA. A field to asses the effect of copper glycinate injections on fertility in dairy cows *Br Vet J* 1982; 138: 40-44.

167. Wichtel J. (1998). A review of selenium deficiency in grazing ruminants. Part 1: New roles for selenium in ruminant metabolism. *New Zealand Vet J* 46: 47-52.
168. Wikse SE, Herd D, Field R, Holland P. (1992). Diagnosis of copper deficiency in cattle. *J Am Vet Med Assoc*; 200:1625-1629.
169. Wolfenson D, Inbara G, Rotha Z, Kaimb M, Blocha A, Raw-Tal R. (2004). Follicular dynamics and concentrations of steroids and gonadotropins in lactating cows and nulliparous heifers. *Theriogenology*; 62:1042-1055.
170. Xu, Z, Garverick H, Smith G, Smith M, Hamilton S, Youngquist R. (1995). Expression of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone receptor messenger ribonucleic acids in bovine follicles during the first follicular wave. *Biol. Reprod*; 53:951–957.

Ficha Nº 5258	Fecha remisión: 16/11/09	Fecha recepción: 17/11/09
Vetenario: Gustavo Sacco	Teléfono: 099629876	
Productor: Joaquín Barboza	Localidad:	
Departamento: Florida	Sec. Policial:	
Especie Bovina	Raza: Holando	
Categoría: Vacas	Edad:	

**Análisis solicitado: PERFIL MINERAL**

**Grupo GONI**

Animal Nº	Ca	P	Mg	GPX	Cu	Zn
2565 HH	2.44	2.32	0.96	90	0.97	1.18
2566	2.51	2.32	1.03	200	0.87	1.15
3123	2.42	2.25	1.05	82	0.79	1.13
3115	2.31	2.54	0.80	31	0.75	0.98
3587 HH	2.41	2.13	1.00	38	0.72	1.02
1375 HH	2.38	1.82	0.81	162	0.74	1.01
4385 HII	2.45	2.30	1.01	75	0.88	1.15
3586	2.37	2.32	1.00	34	0.81	1.04
3584	2.33	2.08	0.96	97	0.91	0.97
2872	2.32	1.84	0.99	84	0.65	0.94
% A.L.T	0	0	0	80	0	0

**Grupo La CRUZ**

Animal N°	Ca	P	Mg	GFX	Cu	Zn
2498 HHH	2.33	1.36	0.85	105	1.12	1.16
1823	2.49	1.87	0.96	73	0.90	1.55
2037 HH	2.49	1.97	0.99	218	1.07	1.18
2077	2.47	2.35	0.96	87	0.88	1.20
2401	2.45	2.19	0.90	92	0.94	0.94
3715 HH	2.39	1.58	0.96	27	0.90	0.91
2469 H	2.32	2.62	0.87	170	0.81	0.94
2356 HH	2.30	1.71	1.32	168	0.95	1.14
2289	2.43	1.91	1.05	118	1.04	0.84
1801 HHH	2.32	1.51	1.03		0.81	1.27
% ALT	0	0	0	67	0	0

% ALT Porcentaje de valores alterados dentro del grupo

+ - : valores por encima y por debajo de los intervalos de referencia

H, HH, HHH. grados de hemólisis presente en las muestras (puede afectar negativamente los valores de fosfatemia)

**VALORES DE REFERENCIA**

Calcio (Ca) (mmol/L)	2.25-3.00
Fósforo inorg (P) (mmol/L)	1.45-2.52
Magnesio (Mg) (en plasma)(mmol/L)	0.82-1.44
Cobre (Cu) (µg/mL)	>0.65
Zinc (Zn) (µg/mL)	>0.80
Glutación Peroxidasa (GPX) (U/g Hb)	60-130

INFORME FINAL.

Los valores bajos de CPX muestran deficiencia de selenio

Referencia 5258  
Fecha: 19/11/09

Dr. Gonzalo Uriarte  
Patología Clínica