



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA



**Efecto de la suplementación con afrechillo de arroz entero posterior al servicio
sobre la fertilidad en vaquillonas Hereford**

por

Felipe BECERRA

Álvaro FILIPPINI

Francisco LEIVA

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias.

ORIENTACIÓN: PRODUCCIÓN ANIMAL
MODALIDAD: ENSAYO EXPERIMENTAL

MONTEVIDEO
URUGUAY
2017

1. PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa: _____

Dr. Germán Antúnez

Segundo miembro (Tutor): _____

Dr. Jorge Gil

Tercer miembro: _____

Dr. Sebastián Brambillasca

Cuarto miembro: _____

Ing. Agr. Martín Claramunt

Fecha: 22/12/17

Autores: _____

Felipe Becerra

Álvaro Filippini

Francisco Leiva

2. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todo el personal de ganadería de la Estación Experimental San Antonio, y en especial a Sergio Casco por la buena voluntad y disposición a la hora de aportar datos.

A nuestro tutor Dr. Jorge Gil por darnos la oportunidad de trabajar a su lado.

A nuestro cotutor Ing. Agr. Martín Claramunt por estar siempre dispuesto a ayudar y trabajar para el bien de esta tesis.

A nuestra casa de estudios Facultad de Veterinaria UDELAR, por formarnos como profesionales y personas durante todos estos años.

A nuestras familias y amigos por estar siempre presentes y ser el andamiaje de este proceso.

A toda la generación y profesores de OPA Norte 2015 por el excelente año compartido en la EEMAC.

TABLA DE CONTENIDO

1. PÁGINA DE APROBACIÓN	2
2. AGRADECIMIENTOS	3
3. LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	5
4. RESUMEN	6
5. SUMMARY	7
6. INTRODUCCIÓN	8
7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
8. HIPÓTESIS	28
9. OBJETIVOS	28
10. MATERIALES Y MÉTODOS	28
11. RESULTADOS	31
12. DISCUSIÓN	33
13. CONCLUSIONES	35
14. BIBLIOGRAFÍA	36

3. LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Cuadros:

- **Cuadro 1:** Score de puntuación de síntomas de celo (Van Eerdenburg y col., 1996).
- **Cuadro 2:** Resultados de preñez a la IA sincronizada (doble PGF2 α 13 días) y preñez final de vaquillonas Hereford suplementadas (SUP) o no (NSUP) diez días luego de servidas.
- **Cuadro 3:** Análisis económico de continuar con la suplementación durante 10 días posteriores a la IA en un rodeo de vaquillonas Hereford de 20-24 meses de edad en base a los resultados de preñez a la IA y preñez final.

Figuras:

- **Figura 1:** Esquema del funcionamiento del eje H-H-O, vinculando los efectos entre las diferentes hormonas y órganos blanco
- **Figura 2:** Esquema de la suplementación y del manejo reproductivo aplicado a las vaquillonas durante el ensayo.
- **Figura 3:** Número de vaquillonas Hereford detectadas en celo, con previa sincronización (doble PGF2 α), en el grupo suplementado (SUP) y no suplementado (NSUP) durante y hasta diez días posteriores al comienzo de la IA.

4. RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto de continuar con la suplementación durante y hasta 10 días de terminada la IA sincronizada sobre los parámetros reproductivos en vaquillonas Hereford de 20-24 meses. Para realizar el experimento se utilizaron 87 vaquillonas Hereford de 20-24 meses reproductivamente aptas, las cuales fueron divididas homogéneamente según peso vivo (PV), condición corporal (CC) y score de tracto reproductivo. Los animales tuvieron un promedio de PV de 367 ± 28 kg, CC de 4.5 ± 0.4 puntos (1-8) y un score de tracto reproductivo de 4.4 ± 0.7 puntos (1-5). A efectos de concentrar los servicios se sincronizaron con dos inyecciones separadas 13 días de un análogo de la PGF2 α . Todas las vaquillonas recibieron afrechillo de arroz entero (AA, 2 Kg/animal/día en una sola toma diaria en la mañana) a partir de los 40 días previos a los servicios por IA sincronizada con doble PGF2 α . Posterior a la segunda dosis se detectó y controló la manifestación de celo. Fueron inseminadas siguiendo el protocolo AM/PM-PM/AM con semen congelado de calidad apta. Para el repaso se utilizaron toros reproductivamente aptos al 3%. Las vaquillonas del Tratamiento (SUP) continuaron recibiendo AA entero a la misma oferta hasta diez días después de comenzada la inseminación, mientras que el grupo Control (NSUP) no volvió a recibir suplementación a partir de la segunda dosis de prostaglandina. Se realizaron dos diagnósticos de gestación por ultrasonografía, uno a los 35 días de terminada la IA para obtener el porcentaje de preñez a la IA y otro a los 40 días de finalizado el repaso para obtener el porcentaje de preñez final. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el score de celo ($P=0,82$) y tampoco en la dispersión de celos durante los cuatro días de inseminación. No hubieron diferencias en el porcentaje de preñez a la IA ($P=0.10$). El porcentaje de preñez final fue significativamente mayor en el grupo SUP ($P=0.02$). Concluimos que continuar con la suplementación durante y hasta 10 días posterior al servicio por IA no mejoró la expresión de celo ni el porcentaje de preñez a la IA en vaquillonas Hereford de 20-24 meses. Sin embargo la preñez final del grupo SUP fue mayor.

5. SUMMARY

The aim of this thesis was to determine the effects of keep or not the supplementation until 10 days after the end of synchronized AI in Hereford heifers of 20-24 months of age, on estrus behavior, AI-pregnancy and final-pregnancy rates. For the experiment were used 87 Hereford heifers of about 20-24 months of age, reproductively approved, homogenously divided into two groups according to body weight (BW), body conditional score (BCS) and reproductive tract score (RTS). The animals had in average a BW of 367 ± 28 kg, a BCS of 4.5 ± 0.4 points (1-8) and a RTS of 4.4 ± 0.7 points (1-5). All the heifers received rice bran (RB, 2K/an./day in a single administration in the morning) since 40 days before second PGF2 α injection. In order to concentrate services, heifers were synchronized with two injections 13 days apart of aPGF2 α analog. After the second injection, estrus behavior were detected and scored, and heifers inseminated following the AM/PM-PM/AM rule with high quality frozen semen. Ten days after AI, reproductively approved bulls were introduced to the herd (3%) in order to serve repeat breeders. The treatment group (SUP) continued receiving RB at the same level during and after 10 days of the end of AI, while control group (NSUP) did not receive any supplementation after the second PGF2 α injection. Ultrasound diagnosis was made 35 days after the last AI to get the pregnancy rate at AI, and again 40 days after the bulls' removal to get the final pregnancy rate. No significant results were observed in heat score between groups ($P=0.82$), neither did the heat dispersion over the 4 days of AI. AI percentage was not statistically significant ($P=0.10$). Final pregnancy percentage was statistically higher in the SUP group ($P<0.02$). We conclude that the continuation of supplementation up to 10 days after the end of AI did not improve heat expression, nor the pregnancy at AI in Hereford heifers. However, final pregnancy rate of SUP group was better.

6. INTRODUCCIÓN

La ganadería es un sector que está firmemente arraigado a la cultura uruguaya ya que desde los comienzos del país tuvo un papel fundamental en el sector socioeconómico. La misma se desarrolla en más de 14 millones de hectáreas de las cuales los establecimientos criadores y de ciclo completo ocupan 11 millones aproximadamente, ocupadas por el 51% de los establecimientos rurales del país (DIEA, 2016).

En su mayoría, los sistemas de cría se desarrollan de manera extensiva y sobre campo natural (“campos criadores”), cuyos resultados están estrechamente ligados al potencial de producción de pasturas del campo en cuestión, al clima y otros fenómenos que afectan la producción primaria de pasto. Esto genera que en situaciones de déficit de pasturas, categorías como la recría (vaquillonas) se vean relegadas en la prioridad de asignación de recursos. Tal vez esto sea una de las posibles causas de que el porcentaje de procreo histórico del Uruguay siempre haya sido bajo, situándose los últimos dos años en el eje del 64% (OPYPA, 2016), poniendo de manifiesto la necesidad de aplicar tecnologías y manejos que ayuden a aumentar la eficiencia reproductiva de los sistemas impactando directamente en este índice.

Frecuentemente las vaquillonas salen del invierno en un estado corporal poco favorable para su servicio, por lo que destinar suplementos para suplir la carencia en la asignación de forraje es una alternativa cada vez más frecuente.

No implementar medidas para que las mismas lleguen con un peso vivo adecuado al primer servicio puede tener un efecto más negativo aún en términos productivos, que conlleva incrementos en la cola de parición, vaquillonas vacías por otro año más, etc., afectando de manera negativa la eficiencia reproductiva y productiva del rodeo.

Adelantar el servicio de las vaquillonas alrededor de los 20 meses de edad es una medida que ya ha sido probada y ha dado buenos resultados; para esto las hembras deben recibir un manejo que respalde el objetivo de obtener hembras aptas para la reproducción en un periodo de tiempo menor que lo que se acostumbra en el país.

Lo mencionado anteriormente implica adelantar la pubertad de la hembra. “La pubertad es el momento en que se manifiesta el primer estro o estro acompañado de la ovulación correspondiente” (Rovira, 1996), hoy en día se sabe que la aparición de la misma está estrechamente vinculada a diversos factores, entre los cuales la alimentación, peso vivo y CC toman un papel preponderante (Quintans y col., 2008).

Entonces, en teoría, una hembra manifestará su primer estro siempre y cuando alcance un desarrollo corporal que le permita mantener una gestación y criar a su ternero (Quintans y col., 2008). También se debe tener en cuenta que para poder servir una vaquillona la misma debe haber alcanzado un peso crítico, que en razas de origen británico se sitúa en el 60-65 % de su peso vivo adulto.

La práctica de suplementar vaquillonas previo al servicio es común cuando el rodeo ha perdido peso durante el invierno y no se recuperan bien una vez entrada la primavera previo a ser expuestas a servicio. Cuando se instrumenta el servicio por inseminación artificial, las tareas de suplementación pueden superponerse recargando las tareas o

interferir con las actividades de detección de celos e IA; en estos casos frecuentemente se interrumpe la suplementación, con el riesgo potencial de generar señales metabólicas negativas, pudiendo afectar los resultados reproductivos en términos de manifestación de celos, concepción (tasa de no retorno al servicio 26 días) y preñez (ecografía 35 días). Con este problema en vista, la propuesta para esta tesis implica el estudio de continuar la suplementación durante los servicios (IA), además de los beneficios que tiene ofrecer un suplemento con alto contenido de grasas en lo que refiere a la reproducción.

Suplementar con alimentos ricos en lípidos es una práctica ampliamente utilizada con el fin de aumentar la energía de la dieta, pero también se ha demostrado que tiene efectos positivos sobre la reproducción. Ejerciendo su efecto sobre importantes tejidos como hipotálamo, hipófisis anterior, ovario y útero (Funston, 2004). Estos efectos han sido atribuidos a una serie de eventos que cambian los patrones de la fermentación ruminal, aumentando la síntesis de lipoproteínas-colesterol, aumentando la secreción de esteroides ováricos, modificando las concentraciones circulantes de insulina y GH y mejorando la síntesis o acumulación de IGF-I en las células ováricas (Williams y Stanko, 1999). Sabiendo que el colesterol circulante es el sustrato primario para la síntesis de progesterona luteal, Williams y Stanko (1999) comprobaron que la hiperlipidemia-hipercolesterolemia aumenta la síntesis de progesterona por el cuerpo lúteo o bien modifica su metabolismo o *clearance*. Lo mencionado anteriormente sería la justificación de por qué este manejo podría impactar en la eficiencia productiva y reproductiva de un rodeo.

7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Pubertad

Existen varias definiciones de pubertad. Por ejemplo Rovira (1996) la define como el momento en que se manifiesta el primer estro o estro acompañado de la ovulación correspondiente. Perry (2016) la define como el momento en el que una ovulación es acompañada de signos visuales de estro y la subsecuente función normal del cuerpo lúteo. También se la puede definir como el proceso por el cual los animales se vuelven capaces de reproducirse (Robinson 1977, citado por Quintans y col., 2008), lo que además de la actividad cíclica implica capacidad de gestar y llevar a término dicha gestación.

Fisiología de la pubertad

Al acercarse la pubertad, el feedback negativo de las bajas concentraciones de estradiol sobre la liberación de GnRH comienzan a decrecer de manera progresiva, permitiendo que incremente la frecuencia de los pulsos de GnRH y consecuentemente de LH que van a ejercer su efecto directamente sobre el ovario y sus estructuras (folículos), que a su vez van a producir niveles crecientes de estradiol en el torrente sanguíneo. Éste a su vez va a ejercer su efecto sobre el hipotálamo y la hipófisis, generando que poco a poco el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios (eje H-H-O) alcance su completo y normal funcionamiento (Perry, 2016), que culminará con una ovulación y la formación de un cuerpo lúteo. Hasta que no haya una maduración completa del aparato reproductor y el eje H-H-O este proceso se va a repetir pero una vez terminado el animal va a volver a un estado acíclico (Perry, 2016).

La maduración del eje H-H-O va interactuando con señales metabólicas como glucosa, leptina, ghrelina, IGF-1, insulina y otras proteínas de transporte a medida que la vaquilla se va desarrollando. Esto en su conjunto va a finalizar en la normalización de los pulsos de GnRH y LH desencadenando un estro, la ovulación, un cuerpo lúteo funcional y su repetibilidad en el tiempo, comenzando así la ciclicidad de la vaquilla (Whittier y col., 2005). Por otro lado es necesario una sensibilización previa por la progesterona sobre hipotálamo, hipófisis y ovarios para que se dé la conducta de estro característica, por lo que es fundamental que previo al primer estro se forme un cuerpo lúteo (Moran y col., 1989) o un folículo luteinizado que genere progesterona que sensibilice el eje H-H-O.

Factores que afectan la aparición de la pubertad en la recría

Los fenómenos sociales, ambientales, nutricionales, genéticos y de cualquier otra índole que puedan afectar a las terneras en su etapa de crecimiento o recría, momento de sus vidas comprendido entre el destete y su primer servicio, va a afectar indefectiblemente la aparición de la pubertad en esas hembras (Moran y col., 1989, Quintans y col., 2008). Aunque se acepta que va a estar comprendida entre los 7 y los 18 meses, con una media de 10 meses (Arthur y col., 1991). Factores extrínsecos (nutrición, clima, manejo, sanidad) e intrínsecos (edad, peso, genotipo) del animal se relacionan para determinar el inicio de la pubertad (Faure y Morales, 2003). El plano nutricional en el cual se hace la recría de la ternera es fundamental. Las vaquillonas de razas británicas como la utilizada en ésta tesis alcanzarían normalmente la pubertad al 60-65% de su peso vivo adulto (280 kg de peso vivo). Para llegar a dicho peso las ganancias diarias se deberían situar entre los 0,5-0,8 Kg/día (Engelken, 2008). Para Rochinotti y Balbuena (2003), la principal causa que afecta la velocidad de la recría para alcanzar el peso de entore es nutricional, dónde se conjugan la disponibilidad de alimento y su calidad nutritiva.

Quintans y col. (2008) aseveran que en nuestras condiciones pastoriles es común observar animales que llegan a la pubertad en el otoño temprano y luego caen en anestro durante el invierno, principalmente por bajos niveles nutricionales que pueden atrasar la edad a la pubertad (Perry, 2016). El peso es más importante que la edad en ésta categoría, ya que determina el momento de arribo de la pubertad, aunque siempre es necesaria una edad mínima (Arije y Wiltbank, 1974). La condición corporal (CC) y el score de tracto reproductivo (RTS) son indicadores subjetivos estrechamente relacionados con el peso y que permiten estimar el potencial reproductivo en el corto plazo (Faure y Morales, 2003; Holm y col., 2015).

El genotipo también es importante, ya que el ganado *Bos taurus* es caracterizado por ser más precoz que el ganado *Bos Indicus* (Gregory y col., 1979; Faure y Morales, 2003), apareciendo la pubertad en el ganado *Bos Indicus* 6 a 12 meses más tarde (Holy y Martinez, 1970, citado por Faure y Morales 2003). Por otra parte, la heterosis puede hacer que la cruce de razas *Bos taurus* de aptitud carnífera alcancen a menor edad y mayor peso la pubertad que las líneas puras (Gregory y col., 1978).

Estos son sólo algunos de los factores que influyen en la aparición de la pubertad. Factores como manejo sanitario, clima, interacciones sociales, fotoperiodo también van a influir de diferente manera sobre la pubertad, aunque en algunos casos en menor medida.

Ciclo estral bovino

La ciclicidad se inicia en la pubertad y se prolonga durante toda la vida, pudiéndose observar interrupciones de los ciclos (anestros) por causas fisiológicas o patológicas (desbalance nutricional) (Ungerfeld, 2002). Este ciclo se define como estral y abarca al periodo de tiempo entre dos estros. Según Ungerfeld (2002) es un conjunto de eventos que se repiten sucesivamente, con una duración de 21 días en promedio con un rango entre 17 y 24 días. Al inicio de un ciclo estral ocurre el evento denominado como estro o celo, que es el periodo en el cual la hembra es receptiva al macho y en la vaca tiene una media de 18 horas con un rango de 6 a 24 horas.

A diferencia de otros animales domésticos, la vaca es considerada como poliéstrica no estacional, por lo que la estación del año no la afecta reproductivamente y cicla durante todo el año (Arthur y col., 1991).

Para que ocurra el ciclo estral deben estar en coordinación diferentes órganos pero fundamentalmente el cerebro, hipófisis, ovarios y útero. La comunicación entre estos órganos se da principalmente a través de hormonas. Las principales hormonas involucradas son:

- Hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH), secretada por el hipotálamo.
- Hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH), secretadas por la hipófisis.
- Estradiol, progesterona e inhibina, secretadas por estructuras del ovario.
- Prostaglandina-F2 α (PGF2 α), secretada por el endometrio uterino.

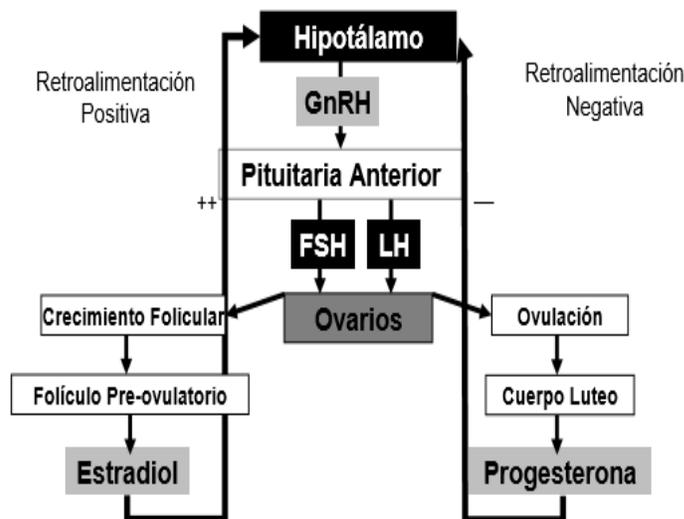


Figura 1: Esquema del funcionamiento del eje H-H-O, vinculando los efectos entre las diferentes hormonas y órganos blanco (tomado de: Rippe, 2009).

Dinámica folicular

La dinámica folicular es el proceso mediante el cual se da el crecimiento y regresión de folículos antrales hasta que deriva en la formación de un folículo pre ovulatorio (Driancourt, 2001). Durante el ciclo estral generalmente se dan 2 o 3 ondas de desarrollo folicular y cada onda comienza con el reclutamiento de una cohorte de folículos antrales (Lamb y col., 2010). De ese cohorte de folículos reclutados solamente uno será el dominante y continuara su crecimiento hasta ser ovulado, el resto se volverán atrésicos, y en las ondas no ovulatorias el folículo dominante también se atresia (Lamb y col., 2010). El folículo pre ovulatorio deriva de la última onda (Driancourt, 2001). Cabe destacar que en los animales en los cuales se generan 3 ondas el ciclo estral dura entre 23-24 días y en los de dos ondas el ciclo es más corto, entre 18-20 días (Lamb y col., 2010)

La dinámica folicular se divide en tres fases que son: reclutamiento, selección y dominancia (Rippe, 2009).

Reclutamiento: Para que se dé el reclutamiento de una cohorte de folículos antrales tiene que haber previamente un pico de FSH. Luego del pico de FSH folículos antrales de 3 mm aproximadamente comenzarán a desarrollarse (Rippe, 2009).

Selección: Es el proceso por el cual uno de los folículos reclutados es “elegido” para completar su desarrollo y posteriormente ovular, mientras el resto de los folículos se vuelven atrésicos (Lamb y col., 2010).

Dominancia: Esta fase comienza cuando un folículo se vuelve dominante y continúa desarrollándose inhibiendo la emergencia de otra onda folicular (Ginther y col., 1996). Una vez que el folículo dominante continúa su desarrollo, dominaa los otros folículos, y el reclutamiento se ve inhibido hasta que se pierda la dominancia o se produzca la ovulación del folículo dominante (Lamb y col., 2010).

Fases del ciclo estral:

Teniendo en cuenta que el ciclo dura 21 días, se toma como día 0 el día del estro o celo. El ciclo se puede dividir en dos fases, una fase luteal que se extiende desde el día 2-3 hasta el día 13, y una fase folicular en la cual se produce la luteólisis que se da el día 13-14 y se extiende hasta el día 2. Se puede afirmar que de las cuatro etapas del ciclo, dos ocurren en la fase folicular (proestro y el estro), y dos en la fase luteal (metaestro y diestro) (Arthur y col., 1991; Ungerfeld, 2002).

La fase folicular se extiende desde que comienza la regresión del CL hasta la ovulación. Es aquí que el folículo dominante realiza su crecimiento final y ovula, comenzando la generación de un nuevo CL en las estructuras remanentes del folículo

ovulado. El CL es lisado por la $PGF2\alpha$ secretada por el útero, lo que genera una caída en los niveles plasmáticos de P4 liberando así al eje H-H-O del feedback negativo que estaba ejerciendo esta hormona. Paulatinamente comienza un aumento en la frecuencia de los pulsos de LH a los cuales el folículo dominante responde generando estrógenos (proestro), teniendo un feedback positivo en la liberación de GnRH por parte del hipotálamo y LH por parte de la hipófisis, lo que deriva en un pico de LH y consecuente ovulación, que en los bovinos al igual que en la mayoría de las especies doméstica es espontánea. La secreción de FSH (Ungerfeld, 2002) parecería estar controlada por los mismos mecanismos que determinan el pico de LH, aunque el incremento en los niveles de FSH antecede al de LH. El comportamiento de estro comienza cuando los niveles de estrógenos en sangre son lo suficientemente altos y prolongados en el tiempo (Wiltbank y col., 2002, citado por Rippe, 2009). El pico de LH ocurre alrededor de las 8 horas de comenzado el celo, dándose la ovulación unas 24 horas (aproximadamente) posteriores al pico de LH. La ovulación ocurre unas 30-36 horas de iniciado el celo, y una vez ocurrida comienza la fase luteal. La fase luteal, es caracterizada por la presencia de un CL y niveles plasmáticos de P4 altos. La LH que generó la ovulación del folículo dominante es también responsable de la luteinización de la estructura folicular remanente. La producción de P4 por parte del CL aumenta a medida que el mismo se desarrolla, alcanzando un máximo alrededor del día 10. Si no hay gestación las concentraciones de P4 comienza a decrecer alrededor del día 16. Durante esta fase la progesterona inhibe la frecuencia de liberación de GnRH por lo que el eje H-H-O permanece inhibido. Por otro lado también inhibe durante los primeros días la secreción de $PGF2\alpha$ por parte del útero, siendo la que determina el momento en que se producirá la luteólisis. La luteólisis se da alrededor del día 16 del ciclo y dependerá del balance entre factores luteotróficos y factores luteolíticos (Ungerfeld, 2002). Las altas concentraciones de P4 secretadas por el CL inhiben la principal hormona luteotrófica que es la LH, facilitando la acción de la $PGF2\alpha$. La $PGF2\alpha$ es secretada por el endometrio del útero que previamente fue sensibilizado por la P4, y a partir de los estrógenos que paralelamente están siendo secretados por algún folículo en crecimiento. Además el propio CL también va a responder a los pulsos de $PGF2\alpha$ secretando oxitocina, hormona que también genera un feedback positivo con el útero estimulándolo a secretar $PGF2\alpha$. El disparador de este sistema de feedback positivo es oxitocina de origen hipofisaria. A partir de la luteólisis se genera un aumento en los pulsos de GnRH y LH que estimulan a la secreción de estrógenos por parte del ovario y la posterior ovulación de un folículo dominante, comenzando así un nuevo ciclo.

Inseminación artificial

Se define como “el método de reproducción en el cual el hombre ha sustituido el apareamiento natural entre el macho y la hembra. Para poder ejecutar correctamente dicha técnica se debe extraer semen al macho, diluirlo y conservarlo, para luego, mediante una técnica e instrumental adecuado depositarlo en el lugar y momento preciso del aparato reproductor de la hembra con el fin de fecundarla” (Jaime, 2004).

Hoy en día esta técnica es ampliamente utilizada en el mundo tanto en rodeos lecheros como en ganado de carne, y aunque en ganado de razas carniceras su uso es menor, ha crecido notablemente en los últimos tiempos gracias a la implementación de protocolos que permiten la sincronización de ovulaciones (Bó y col., 2016).

La inseminación artificial (IA) puede ejercer importantes efectos sobre los parámetros productivos y el factor beneficioso más reconocido e importante de la IA es la capacidad de mejorar genéticamente un rodeo si es utilizada concienzudamente (Giraldo, 2007).

Para implementar la IA se hace imprescindible la sincronización de celos y/o ovulaciones, esto quiere decir que los celos u ovulaciones (dependiendo el caso) se concentrarán en el tiempo y por ende los partos (Rodríguez, 2015).

Las ventajas de la implementación de esta tecnología son más que el mejoramiento genético y la concentración de partos como se mencionó anteriormente. Se incluyen elementos positivos como una mejor eficiencia en la utilización de reproductores, control de enfermedades venéreas que tienen al toro como principal difusor, mejor manejo de los vientres, en los casos en que se elimina el toro de la hacienda se facilita el manejo del rodeo de cría, y además se puede utilizar el semen preservado de un toro que ya no exista (Jaime, 2004).

Detección de celo:

En los protocolos de inseminación con detección de celo, la detección pasa a jugar un papel preponderante ya que de no realizarse correctamente puede afectar seriamente los resultados del programa. Es uno de los principales factores que afectan los índices reproductivos (Van Eerdenburg y col., 1996). Para una buena detección de celo se deben conjugar dos factores: personal capacitado y observar el rodeo por un tiempo suficiente (Van Eerdenburg y col., 1996).

Tradicionalmente la detección de celo se basa en la observación de conductas o signos que son relacionados a la aparición del celo. Algunos son: la vaca se deja montar por otro animal que puede o no estar en celo, inquietud, vulva edematosa, descarga vulvar

de mucus de aspecto claro y filante, pérdida del apetito, reducción de la producción de leche (Dulcic, 1984).

En este trabajo además de la detección de celo tradicional se utilizó un criterio de score de celo validado por Van Eerdenburg y col. (1996), en el cual se va puntuando a la vaca según las actitudes que exprese, considerando a una vaca en celo cuando llega a 100 puntos (de acuerdo a esta escala) en 24 horas.

Van Eerdemburg y col. (1996) demostraron que la manera tradicional de detección de celo (vaca que se deja montar) no fue suficiente en rodeos lecheros manejados en un sistema *loosehousing*. Aunque en este ensayo se contaba con personal exclusivo para esta tarea y se detectaba celo 12 veces por día, los resultados fueron notables (100% de detección de celo) gracias a la escala anteriormente mencionada. Esta herramienta toma especial trascendencia ya que estos autores demostraron que el 50% de las vacas lecheras no demuestran comportamientos de celo. Por lo tanto hay vacas que aunque no exhiban comportamiento clásico de celo pueden ser efectivamente inseminadas y fecundadas (Van Eerdemburg y col., 1996). No existe reporte de una adaptación de este score en ganado de carne, y podría ser importante considerarla ya que el comportamiento de las vaquillonas puede ser más errático aún por su inexperiencia.

Suplementación y nutrición

Suplementar es “el suministro de alimentos adicionales al forraje pastoreado cuando éste es escaso o está inadecuadamente balanceado, con el objetivo de aumentar el consumo de nutrientes y alcanzar determinados objetivos de producción” (Pigurina, 1991, citado por Quintans, 2016).

La variedad de suplementos disponibles es amplia. Se puede ofrecer por ejemplo verdes, praderas, mejoramientos, granos, reservas forrajeras, subproductos, etc. Se pueden clasificar en energéticos, proteicos, energético/proteicos, balanceados y bloques minerales. Se debe tener en cuenta el animal, las pasturas con las que se cuenta (calidad y cantidad), y obviamente la viabilidad económica de poder adquirir el suplemento (Quintans y col., 1994).

Los suplementos energéticos son aquellos que presentan más de 2,5 Mcal/Kg de materia seca (ej.: granos de cereales). Los suplementos proteicos son los que tienen más de 18% de PB/Kg de materia seca (ej.: harina de soja). Los que presentan niveles intermedios de EM y PB son clasificados como energético/proteicos (ej.: afrechillo de arroz entero) (Velazco, 2009a).

Las características del marco en el cual se desarrolla la cría vacuna en el país determinan que los animales sean expuestos a periodos de carencia alimentaria

cíclicos que redundan en consecuencias negativas para el sistema y para el animal. La edad a la pubertad condiciona la edad al primer servicio y al primer parto, afectando los costos de mantenimiento del rodeo con animales que aún son improductivos (recría). Lo expresado anteriormente lleva a que disminuya la performance productiva y reproductiva del animal y del sistema, provocando un aumento del intervalo generacional enlenteciendo el progreso genético del rodeo (Simeone y Beretta, 1998).

Suplementación estratégica

Para suplir esos momentos de carencia de forraje en cantidad, calidad o ambas, la suplementación estratégica es una herramienta fundamental (Velazco, 2009b). La suplementación estratégica toma un rol preponderante en sistemas en los cuales se pretenda servir a las vaquillonas precozmente o en torno de los 20 meses de edad aproximadamente. La opción de servir las vaquillonas a los 15 meses de edad requiere de una alimentación controlada para asegurar que la vaquillona alcance la pubertad antes del inicio del periodo de entore, y continúe su desarrollo una vez preñada (Beretta y col., 2015). Esto determina que en el caso de condiciones nutricionales o de manejo limitantes, el entore de 24-27 meses sea una medida económica y productivamente más eficiente (Simeone y Beretta, 1998).

La idea de suplementar a los animales de forma estratégica, en momentos considerados de mayor exigencia por el animal y en los cuales hay menor disponibilidad cualitativa y/o cuantitativa de recursos, es una herramienta que en los sistemas de producción tradicionales sobre campo natural puede traer beneficios importantes (Quintans, 2016).

Diversos ensayos demuestran que a pesar del suplemento utilizado los resultados son siempre positivos para el animal. Adelantando la edad a la que aparece la pubertad, logrando ganancias de peso vivo en los periodos en los cuales es común que haya pérdidas (invierno), y mejorando la performance reproductiva.

Cabe aclarar que la bibliografía es vasta en este tema y los resultados son consistentes. A modo de resumen se presentan los siguientes ensayos.

Quintans y col. (1994) con terneras Hereford pastoreando campo natural, manejaron la suplementación de su primer invierno y combinaron factorialmente la suplementación del segundo invierno con afrechillo de arroz crudo al 0,7-1,0% del peso vivo. Las terneras que fueron suplementadas los dos inviernos terminaron pesando 285 Kg en promedio, las que fueron suplementadas sólo durante el segundo invierno 262 Kg, las suplementadas en el primer invierno pero no en el segundo 240 Kg (perdieron 253 g/día durante el segundo invierno), y el grupo testigo sin suplementación terminó con 220 Kg. Éste trabajo demuestra que las ganancias de peso se deben manipular principalmente durante los inviernos cuando la oferta y calidad de la pastura no son suficientes para

sostener una pubertad temprana y mantenimiento de la ciclicidad reproductiva en vaquillonas destinadas a inseminación al final de la primavera.

Pigurina y col. (1997; citado por Simeone y Beretta, 1998) experimentó con terneras pos destete de 132 kilos, suplementadas con afrechillo de arroz y trigo en diferentes niveles (1, 1,5 y 2% de su peso vivo). El grupo testigo sufrió pérdidas de 150 g/día en promedio durante el invierno, mientras que los grupos suplementados ganaron entre 80 y 130 g/día (1 vs 1,5 y 2%, respectivamente).

Ciccioli y col. (2005) experimentaron con diferentes programas de suplementación sobre la edad a la pubertad, con vaquillonas cruza (HxAA), difiriendo los tratamientos en contenido de almidón en la dieta, régimen (autoconsumo o acceso restringido) y extensión del período de alimentación. En el primer experimento, los tratamientos eran: 1) alimentación con acceso restringido a una dieta alta en almidón durante 60 días previos al servicio (HS60), 2) ídem durante 30 días previos al servicio (HS30), 3) alimentadas con una dieta baja en almidón ofrecida en autoconsumo durante 30 días previos al servicio (LS30) y 4) un tratamiento control basado en pastoreo sobre campo natural con suplemento (42% de PC) a razón de 0.9 kg/día. Las vaquillonas llegaron a la pubertad a diferentes edades, siendo de 446, 437, 422 y 444 días a la pubertad para los tratamientos LS30, HS30, HS60 y control respectivamente. En cuanto al peso solo las vaquillonas LS30 fueron significativamente más livianas a la pubertad. Este estudio deja de manifiesto la importancia de la energía sobre la proteína en el desarrollo de la pubertad, y lo confirman con otro experimento que fue repetido 2 años.

Dicho experimento consistía en 3 tratamientos con dietas que diferían el contenido de almidón suministrado durante 60 días pre servicio: 1) vaquillonas control pastoreando campo natural con 0.9 kg/día de suplemento proteico (42% de PC), 2) alimentadas con altos niveles de almidón con acceso restringido (80% del consumo estimado del tratamiento (HS60) y 3) alimentadas con una dieta con bajo contenido de almidón ofrecida en autoconsumo (LS60). Estos últimos dos eran isocalóricos e isonitrogénicos por lo que las ganancias eran similares. La conclusión a la que llegan Ciccioli y col. (2005) es que alimentar vaquillonas con una dieta alta o baja en almidón 30 días previos al servicio puede ser inadecuada para estimular la pubertad en vaquillonas. Sin embargo, una dieta alta en almidón administrada 60 días pre servicio puede incrementar la incidencia de la pubertad durante el servicio en vaquillonas que al año de edad tenían un peso inadecuado. Además, en ambos experimentos los grupos difirieron en los porcentajes de preñez. En el primer experimento el grupo HS-60 fue el que presentó mayor porcentaje de preñez con 93%, seguido por el grupo control con 88%, el grupo LS-30 con 82% y por último el grupo HS-30 con 80%. En el segundo experimento los porcentajes para el primer año fueron de 65%, 53% y 13% para el grupo HS, LS y Control respectivamente. En el segundo año fueron de 95%, 96% y 87% para HS, LS y

Control respectivamente. Estos experimentos demuestran los beneficios de implementar la suplementación de esta categoría.

En lo que refiere a la suplementación durante y pos servicio en vaquillonas a nivel nacional se ha generado poca información. Sí se ha trabajado en la suplementación de la recría temprana (como se hacía referencia en los tres trabajos citados anteriormente) y cada vez se hace más énfasis en la alimentación de la ternera pre destete y pos destete.

Quintans (2014), hace referencia a los efectos de la suplementación de vaquillonas de sobreño o casi llegando a los 24-26 meses cuando son servidas. En el experimento mencionado se utilizaron 22 vaquillonas de raza carnicera en anestro (HH y AAxHH), las mismas fueron asignadas a dos tratamientos: 1) Pastoreo en campo natural (CN) (n=11), 2) Pastoreo en CN y suplementadas (n=11). A las vaquillonas suplementadas se les asignó una ración proteica (16% PC) al 1% del peso vivo durante 21 días en primavera, previo al servicio. Los animales pastorearon juntos sobre campo natural a una asignación de 7 kg MS/100 kg de peso vivo durante el experimento. Considerando el día 0 como el inicio de la suplementación, la IA comenzó el día 44. Se registró peso vivo, concentración de insulina en sangre y actividad ovárica. En cuanto a los resultados no se observaron diferencias significativas en el peso vivo entre los animales de ambos grupos. El peso vivo aumentó a lo largo del experimento, de 286 a 334 kg. Al finalizar el experimento los niveles de insulina de las vaquillonas suplementadas tendieron a ser mayores que el del control. La proporción de vaquillonas con cuerpo lúteo fue similar entre grupos durante el experimento. El porcentaje de preñez a la IA tendió a ser mayor en el grupo de vaquillonas suplementadas que en el grupo control 7/11 (64%) y 3/11 (27%) respectivamente. El periodo desde el inicio de la IA a la concepción fue menor en vaquillonas suplementadas que en el control (12,7 y 27,1 respectivamente). La conclusión a la que llegan en este experimento es que la suplementación durante 3 semanas en vaquillonas de 24 meses acertó los días desde el inicio de la IA a la concepción y tendió a mejorar el porcentaje de preñez. Estos resultados alientan a seguir trabajando en esta línea de investigación.

Afrechillo de arroz entero

El afrechillo de arroz entero fue el suplemento utilizado en esta tesis. El mismo es un subproducto del procesamiento del arroz a nivel industrial. Su uso por parte de los productores ganaderos se popularizó durante la sequía de 1988/89 (Quintans y col., 1993). Desde entonces se ha comenzado a utilizar en diversos ensayos experimentales con variados objetivos.

Es considerado un suplemento muy completo ya que presenta buenas cantidades de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC). Aunque sus valores pueden variar un

poco por diversos motivos, se asume que en general presente un 90% de MS, 15% de PC, 62% de digestibilidad, 19% de grasas que equivalen a 2.30 Mcal/ Kg de MS (aproximadamente), 11% de fibra y un 12% de cenizas (Quintans y col., 1994). Los lípidos que componen la materia grasa del afrechillo de arroz son principalmente el oleico y linoleico. En lo relacionado a minerales tiene una buena concentración de fósforo (1.7 a 2%) pero presenta bajos niveles de calcio (0.1%), no cumpliendo con lo recomendado para vacunos que sería una relación 2:1 (Sampedro, 2015).

Es un suplemento que resulta muy atractivo para los productores ya que es económicamente accesible. Presenta la desventaja de que no se puede almacenar por un periodo de tiempo prolongado bajo condiciones de humedad y calor ya que presenta un elevado porcentaje de grasas insaturadas que a temperatura elevada se enrancian con facilidad, dejándolo prácticamente inutilizable.

Hay que tener en cuenta que un alto nivel de lípidos en la dieta reduce la digestibilidad de la fibra a nivel ruminal. La fibra entra al rumen y se mezcla con el afrechillo, se embebe en lípidos y es menos atacada por los microorganismos del rumen. Según García (2007) debe darse en niveles de hasta un 1% del peso vivo, para no afectar la digestibilidad de la fibra. Por ejemplo, para terneros de 150 kilos el consumo no debería ser superior de 1.5 kilos/día (Gayo, 2007).

Grasas y reproducción

La palabra “grasa” se utilizará en este trabajo como término general para hacer referencia a los lípidos.

Consideraciones generales

Desde hace un tiempo, investigadores en nutrición y reproducción de ganado de carne han estado estudiando los efectos de este tipo de suplementación sobre los aspectos reproductivos del ganado de carne (Burns y Cooke, 2016). La investigación reciente ha demostrado que la suplementación con lípidos puede ser una buena herramienta de manejo para mejorar la performance reproductiva en ganado de carne (Burns y Cooke, 2016). Debido a su alta densidad energética (2.25 veces más energía que algunos carbohidratos como el almidón; Burns y Cooke, 2016) permiten una mayor ingesta de energía por volumen (esto tiene especial valor en vacas lecheras; Coppock y Wilks, 1991).

Un consumo deficiente de energía y una CC inadecuada afectan negativamente la función reproductora (Funston, 2004), y por lo tanto la eficiencia de los sistemas productivos. Lo mismo es afirmado por Williams y Stanko (1999) agregando que son los factores más comunes y de mayor importancia que afectan a los sistemas productivos en lo relacionado a la reproducción.

Suplementar con grasas ha resultado a nivel de investigación en resultados variados e inconsistentes sobre la reproducción (Funston, 2004). La evidencia sugiere que el consumo de grasa en la dieta, y particularmente grasas poli-insaturadas puede influir de manera positiva en el crecimiento folicular a nivel ovárico, función luteal, y la performance reproductiva postparto independientemente de sus efectos calóricos (Williams y Stanko, 1999).

El uso de suplementos ricos en grasas como el usado en ésta tesis, es por tanto otro punto de interés para el manejo reproductivo.

Respuestas esperadas:

La respuesta por parte del animal pareciera depender de la CC, edad, paridad, nutrientes ofrecidos en la dieta y el tipo de grasa suplementada (Funston, 2004).

- Desarrollo de vaquillonas:

Las vaquillonas jóvenes y en crecimiento son aparentemente las que mejor responden y más beneficios obtienen de la suplementación mencionada (Burns y Cooke, 2016).

Hess y col. (2002) realizaron un resumen de 9 ensayos y observaron que la suplementación energética con alimentos ricos en grasas aumentaron los porcentajes de preñez de 63.8 a 73.6%. Estos autores recomiendan este tipo de suplementación en vaquillonas de reposición de 60 a 90 días previos a la estación de servicios y al igual que Funston (2004), sostienen que los beneficios de suplementar vaquillonas con un buen estado nutricional tienen efectos limitados y a veces negativos. Vaquillonas gordas a las cuales se les suplemento con grasas tendieron a alcanzar la pubertad a una edad mayor (Garcia y col., 2003). Por lo tanto hay que prever que las vaquillonas no excedan la CC ideal debido a la suplementación (Hess y col., 2008).

- Preparto:

Hess y col. (2005) luego de analizar varios experimentos reportan que este tipo de suplementación preparto aumenta por lo menos un 10.5% la preñez en la siguiente estación reproductiva.

- Posparto:

Hess y col. (2005) concluyen que los resultados son inconsistentes, pero en ninguno de los casos se encontró efectos negativos debidos a la suplementación. Sin embargo, Hess y col. (2008), sostienen que la suplementación durante el postparto no debería de ser recomendada como una estrategia nutricional para aumentar los porcentajes de preñez en vacas de carne. Esto parecería ser debido a que menos vacas presentan un cuerpo lúteo funcional (Grant y col., 2003), lo que puede estar relacionado con un

aumento de PGF2 α (Grant y col., 2005) o con posibles perturbaciones en el sistema IGF-I (Scholljegerdes y col., 2004). Contrario a esto De Fries y col.(2014) afirman que la suplementación resultó en un aumento en los porcentajes de preñez, concordando con Williams y Stanko (1999) los cuales afirman que la suplementación energética en el postparto temprano mejora la función luteal reduciendo la incidencia de ciclos irregulares y la prevención de que baje la concentración sérica de GH.

Por otro lado, en rodeos lecheros, la densidad energética de las grasas es mayor que la de los ingredientes que pueda llegar a reemplazar. Esto permite un mayor consumo de energía en el postparto temprano, momento en el cual el consumo voluntario de MS se encuentra disminuido y no alcanza a cubrir los requerimientos. Ácidos grasos de cadena larga (16C a 18C) son utilizados con una alta eficiencia para la lactación porque pueden ser transportados directamente a la grasa de la leche. Otros beneficios observados son la mantención del consumo de fibra mientras aumenta la densidad energética de la dieta, mejoramientos en la performance reproductiva, y menor incidencia de cetosis entre otros (Coppock y Wilks, 1991).

Tipo de grasas y nivel de suplementación

Cambios en la producción de AGV ocurren debido a la suplementación con grasas, y la proporción del cambio es dependiente del nivel de saturación de las grasas (poli insaturados>saturados>altamente insaturados), y del nivel de suplementación (Jenkins, 1993).

Cabe destacar que se han observado efectos negativos en los microorganismos con algunos ácidos grasos, especialmente aquellos que son parcialmente solubles en el medio ruminal y ácidos grasos insaturados de cadena larga (Coppock y Wilks, 1991).

La literatura consultada concuerda en que la suplementación con alimentos ricos en lípidos puede traer importantes beneficios al margen del aporte de energía. Aunque un alto nivel de ácidos grasos insaturados puede generar disturbios en la fermentación ruminal, reduce la digestibilidad de la fibra, cambia las relaciones de ácidos grasos en rumen y reduce la grasa en leche (en el caso de ganado lechero), pudiendo disminuir el consumo total (Coppock y Wilks, 1991). Esto ocurre debido a la selección contra microorganismos celulolíticos a nivel ruminal (Williams y Stanko, 1999). Estos efectos limitan el uso del uso de lípidos en suplementación.

A pesar de que las grasas son altamente digestibles (80% aproximadamente; Burns y Cooke, 2016), los niveles de suplementación recomendados oscilan entre 2 y 5% del total de materia seca ofrecido. Según Hess y col. (2008) el nivel óptimo de suplementación grasa es menos del 3% en aquellos sistemas en los cuales la base nutricional es forrajera y se busca optimizar el uso del forraje natural. Palmquist (1975) sugiere que la dieta de un rumiante no debería exceder el 5% en materia grasa no

protegida, y en el caso de ser grasas protegidas se puede elevar al 10%. Hess y col. (2008) señalan que animales que consuman dietas altas en concentrados se puede extender el uso de grasas hasta un 6%, también expresan que la densidad energética de dietas con base forrajera no incrementara si el nivel de suplementación excede el 4%. A modo de prevención, limitar el nivel de suplementación a un 2% del consumo de materia seca ayudará a prevenir asociaciones negativas en ganado cuya base nutricional es forrajera (Hess y col., 2008).

En sistemas pastoriles como los nuestros es común que los niveles de suplementación del ganado se manejen en relación al peso vivo y no al porcentaje de MS, debido a que no es sencillo conocer el consumo verdadero de MS/animal. Rutinariamente, se manejan niveles de entre 0.7 y 1.2% del peso vivo (Sampedro, 2015).

Metabolismo lipídico

El proceso de síntesis de grasas a nivel ruminal va a depender de la cantidad de ácidos grasos consumidos. Cuatro procesos ocurren a nivel ruminal con los lípidos: hidrólisis, biohidrogenación, síntesis y saponificación de ácidos grasos. De estos cuatro procesos, la hidrólisis, luego la biohidrogenación y por último la saponificación, se realizan siempre y en forma sucesiva. El primer paso es la hidrólisis, la cual da como resultado principal ácidos grasos y glicerol los cuales son transformados en AGV y absorbidos por la pared ruminal. A continuación, los ácidos grasos insaturados sufren un proceso de biohidrogenación. Esta hidrogenación no es completa, afecta entre el 70 y 90 % de los ácidos grasos y queda un remanente que en parte es incorporado al propio soma bacteriano, pasando a ser una fuente de ácidos grasos esenciales e insaturados para el rumiante al ser absorbidos en el intestino. El porcentaje de hidrogenación está en relación con la cantidad de ácidos grasos poli-insaturados que lleguen al rumen y del pH ruminal. A mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, menor va a ser la proporción de biohidrogenación. Cuanto más bajo es el pH ruminal, mayor es la inhibición del crecimiento de las bacterias encargadas de la biohidrogenación. Por último, y debido al pH del rumen los lípidos se saponifican formando jabones insolubles de calcio y de magnesio, y esta es la forma como el 70 a 80 % de los lípidos abandonan el rumen (Relling y Mattioli, 2003)

Después de la acción de los jugos biliares y pancreáticos, las micelas lipídicas son absorbidas por los enterocitos en intestino delgado, y reconstituidos a triacilglicéridos. Después de ese paso, y en conjunción con otros componentes lipídicos son empacados con apoproteínas para formar partículas de lipoproteínas las cuales son liberadas al sistema linfático (Moore y Christie, 1984; citado por Coppock y Wilks, 1991).

Los cambios generados en la fermentación ruminal debido a los lípidos suplementados, se debe principalmente a que hay una mayor disponibilidad de glicerol que genera una mayor producción de ácido propiónico (precursor directo de la glucosa), derivando en que se vea alterada la relación acetato:propionato acortando la diferencia entre ambos (Williams y Stanko, 1999; Hess y col., 2008). La mayor producción de glucosa consecuente a lo mencionado anteriormente, va a repercutir sobre el metabolismo del animal, generando efectos tales como aumento en la síntesis de lipoproteínas y colesterol, modificación de la concentración sérica de insulina entre otros (Williams y Stanko, 1999).

Esteroidogénesis

El colesterol es el precursor de la esteroidogénesis en todos los tejidos capaces de secretar esteroides, siendo la progesterona sintetizada por células luteales uno de los más importantes (Grummer y Carroll, 1988; Hawkins y col., 1995; Williams y Stanko, 1999; Funston, 2004).

El colesterol en el ovario puede derivar de dos fuentes: la síntesis *De Novo* a partir del acetato o de la captación de lipoproteínas que transportan colesterol (Grummer y Carroll, 1988). Aunque las lipoproteínas *High Density Lipoprotein* (HDL) y *Low Density Lipoprotein* (LDL) llegan a las células luteales por vía vascular, la HDL es la única lipoproteína encontrada en el líquido folicular (debido a su masa molecular) aportando precursores para la esteroidogénesis en células de la granulosa. Igualmente el colesterol aportado por LDL es el principal sustrato para la síntesis de esteroides ováricos, a pesar de que la HDL sea la lipoproteína que está en mayor proporción en la sangre de bovinos (Grummer y Carroll, 1988).

La síntesis *De Novo* a partir del acetato en el tejido luteal parecería ser insuficiente para mantener una función normal del CL. Es por esto que Williams y Stanko (1999) se plantearon la hipótesis de que un aumento en los niveles del colesterol sanguíneo a través de la alimentación podría potencialmente modular la función luteal. La síntesis *De Novo* contribuye solamente en un 25 a 36% a la producción de progesterona en células cultivadas en un medio conteniendo lipoproteínas. La captación de lipoproteínas del plasma por células ováricas es altamente dependiente del reconocimiento a través de receptores de apolipoproteínas. Por lo tanto la cantidad y afinidad de receptores para apolipoproteínas son los principales factores que gobiernan el nivel de captación de lipoproteínas celular (Grummer y Carroll, 1988).

Por otro lado, en tejidos esteroidogénicos, las hormonas tróficas ejercen un efecto regulatorio en la captación de lipoproteínas plasmáticas por parte de las células, independientemente de las reservas de colesterol celular, mejorando la captación de lipoproteínas (Golos y Strauss, 1985; citados por Grummer y Carroll, 1988).

En respaldo a lo expresado anteriormente, estos autores concluyen que un alto nivel de progesterona plasmático periférico (>4ng/ml) en el pico de la fase luteal anterior al servicio esta correlacionado positivamente a aumentos en la tasa de concepción (Grummer y Carroll, 1988). Por lo tanto, el desarrollo de estrategias para aumentar la captación de lipoproteínas puede aumentar la producción de progesterona y los porcentajes de concepción (Grummer y Carroll, 1988).

Mecanismos de acción

Sangre:

A pesar de que los ensayos que se han realizado han sido sustancialmente diferentes los resultados observados han sido bastante similares.

Al suplementar con lípidos se han observado los siguientes efectos:

- A nivel sanguíneo se han encontrado aumentos en la cantidad de propionato disponible, generando una mayor neoglucogénesis lo que deriva en aumentos sanguíneos de glucosa (Thomas y Williams, 1996; Lammoglia y col., 1997). Esto parecería ser el punto de partida para todas las demás observaciones.
- Paralelamente se han constatado aumentos en colesterol (Talavera y col., 1985; Hawkins y col., 1995; Lammoglia y col., 1997; Staples y col., 1998), progesterona (Grummer y Carroll, 1988; Hawkins y col., 1995; Lammoglia y col., 1997; Williams y Stanko, 1999), insulina (Thomas y Williams, 1996; Lammoglia y col., 1997; Williams y Stanko, 1999), IGF-I (Thomas y Williams, 1996; Williams y Stanko, 1999), GH (Thomas y Williams, 1996) y HDL (Hawkins y col., 1995). También (Funston, 2004) se afirma que en animales con déficit energético la suplementación aumenta la secreción de LH.

El hecho de que la progesterona se vea aumentada es de especial importancia, ya que niveles elevados de progesterona en sangre han sido asociados a mayores porcentajes de concepción (Grummer y Carroll, 1988; Funston, 2004).

Hawkins y col. (1995) observaron que la suplementación resultó en aumentos en el área ocupada por lípidos dentro de las células luteales bajo la forma de gotas lipídicas, esto se espera que provea un aumento en el precursor de la progesterona y podría explicar parcialmente el aumento plasmático de progesterona. Las gotas lipídicas mencionadas se piensa que son ésteres del colesterol, y representan así un exceso almacenado del precursor de la esteroidogénesis. Por lo tanto estaría indicando que la síntesis de progesterona es máxima en esos tejidos. Por otro lado las concentraciones en suero de progesterona estaban correlacionadas con el área ocupada por lípidos en células luteales, y con las concentraciones séricas de colesterol, HDL y LDL. El tiempo

promedio para bajar al 50% las concentraciones de progesterona fue mayor en el grupo tratamiento. Respaldaron esa afirmación al comparar las concentraciones de progesterona luteal (al igual que Lammoglia y col. (1997)) y pesos de los CL entre los grupos, no encontrando diferencias entre el grupo suplementado y el control. Por lo tanto, parecería ser que la disminución del *clearance* de progesterona de la sangre sería el principal factor por el cual las concentraciones de progesterona sérica fueron mayores en el grupo tratamiento. A la misma conclusión llegaron Williams y Stanko (1999), acusando que la hiperlipidemia/hipercolesterolemia altera la síntesis de progesterona por el CL o altera su metabolismo o nivel de *clearance*, además de aumentar la vida media del CL.

También se observó que los tratamientos con hormonas tróficas resultaron en aumentos séricos de progesterona debido a que ese tipo de hormonas aumentan la unión de lipoproteínas, internalización de las lipoproteínas y mayor suministro del precursor de esteroides al CL (Grummer y Carroll, 1988).

Ovarios

Aumentos en el crecimiento de folículos de mediano tamaño en respuesta a este tipo de suplementación (predominantemente ácidos grasos poli insaturados) son acompañados paralelamente por aumentos séricos de insulina, glucosa, GH, IGF-I en líquido folicular, siendo estos últimos los de mayor importancia en la regulación de la foliculogénesis (Thomas yWilliams, 1996). La suplementación en base a ácidos grasos poli insaturados (aceite de soja) resultó en un aumento en el número de folículos de tamaño medio 1.5 a 4 veces dependiendo del nivel de suplementación (Thomas yWilliams, 1996).

También, se constató mayor número de folículos durante la ovulación y emergencia de la onda (Lammoglia y col., 1997), pero no se ha observado mayor número de ovulaciones (Thomas y Williams, 1996).

La suplementación grasa aumenta el crecimiento programado del folículo dominante, aumenta el nivel total de folículos por onda, y aumenta el tamaño del folículo preovulatorio (Mattos y col., 2000). El aumento del tamaño del folículo preovulatorio, podría deberse a el aumento de LH a nivel sanguíneo, lo que estimula el crecimiento de los folículos en la última etapa. La ovulación de folículos más grandes puede resultar en la formación de CL más grande, con mayor nivel de esteroidogénesis, traduciéndose en una mayor producción de progesterona, la cual ha sido asociada a mayores porcentajes de concepción (Funston, 2004). El efecto de la suplementación sobre la dinámica folicular es independiente de la energía metabolizable o ganancia diaria en ganado de CC media a buena (Williams y Stanko, 1999). El aumento de insulina mencionado previamente juega un papel importante aumentando el crecimiento

folicular, ya sea por un efecto directo a través de su receptor o aumentando la producción de IGF-I en células de la granulosa (Yoshimura y col., 1994; citado por Williams y Stanko, 1999).

8. HIPÓTESIS

- Mantener la suplementación posterior al servicio sincronizado por IA durante 15 días, favorece los resultados reproductivos en vaquillonas Hereford.

9. OBJETIVOS

Comparar el efecto de suspender o continuar con la suplementación después de la IA sincronizada de vaquillonas Hereford de 20-24 meses durante 15 días, sobre:

- la expresión del celo en vaquillonas.
- la tasa de preñez a la IA.
- la preñez final del entore.

Analizar los resultados a nivel económico/financiero para estimar el margen bruto de ganancia obtenido de continuar con la suplementación de vaquillonas Hereford de 20-24 meses durante 15 días más.

10. MATERIALES Y MÉTODOS

- Animales y manejo:

El ensayo experimental se realizó en el departamento de Salto, Uruguay, en la Estación Experimental “San Antonio”, Facultad de Agronomía (EEFAS). La misma está ubicada sobre el Km. 21 de la ruta 31, paraje San Antonio (latitud 31° 24´ S, longitud 54° 19´ O).

Durante el ensayo los animales pastorearon campo natural en dos potreros de 30 hectáreas de similares características edafológicas (formación geológica Basalto, Coneat Itapebí-Tres Arboles) con una carga de 1,2 UG por hectárea. Tuvieron una oferta de forraje de 10-12 kg de MS/100 kg de PV, con acceso ad-libitum al agua y sombra.

Para el ensayo se utilizaron 88 vaquillonas Hereford de 20-24 meses reproductivamente aptas. Antes de comenzar el ensayo las mismas fueron divididas en dos grupos homogéneos según peso vivo, condición corporal (Rovira, 1996) y score reproductivo (Hall, 2005). Así el grupo suplementado (SUP) obtuvo un promedio de peso vivo de 371 ± 29 kg, condición corporal de $4,5 \pm 0,4$ puntos y un score reproductivo de $4,4 \pm 0,7$ puntos. El grupo no suplementado (NSUP) tuvo un promedio de peso vivo de 364 ± 27 kg, promedio de condición corporal de $4,4 \pm 0,3$ puntos y promedio de score reproductivo de $4,2 \pm 0,7$ puntos.

Las vaquillonas fueron identificadas con números pintados en el flanco a efectos de facilitar el registro del comportamiento de celo. Al momento de comenzar el ensayo, una vaquillona del grupo NSUP recibió tratamiento médico y salió del ensayo,

quedando con 43 animales el grupo NSUP y con 44 SUP. Todas recibieron afrechillo de arroz (AA, 2 Kg/animal/día en una sola vez al día en la mañana) a partir de los 40 días previos a la segunda inyección de PGF2 α .

- Manejo reproductivo: A efectos de concentrar los servicios, se sincronizaron con dos dosis de PGF2 α (i/m) separadas 13 días de un análogo de la prostaglandina F2 α (125 mg de DL-cloprostenol, Ciclase DL, Syntex, Uruguay). Posterior a la segunda dosis se controlaron la manifestación de celo durante 4 días y se inseminaron siguiendo el protocolo AM/PM-PM/AM con semen congelado de calidad apta. Para la inseminación se utilizó semen de dos toros, utilizándose durante la inseminación de forma homogénea en los dos grupos. Antes del ingreso de los toros para repaso, se colocaron parches para determinar el porcentaje de repetición de celo. Para el repaso, se usaron toros reproductivamente aptos, al 3% durante 45 días.
- Tratamientos: Las vaquillonas del Grupo Tratamiento (SUP) continuaron recibiendo afrechillo de arroz (AA) entero a la misma oferta hasta diez días después de comenzada la inseminación. El Grupo Control (NSUP) no volvió a recibir suplementación a partir de la segunda dosis de prostaglandina. La secuencia de manejo se muestra en la Figura N°2.
- Variables determinadas:
 - Score de celo: Además de utilizar el sistema tradicional de detección de celo, que solamente se basa en detectar aquellos animales que se dejan montar por otros, se utilizó un sistema de puntuación desarrollado por Van Eerdenburg y col. (1996). En dicho sistema las actitudes que expresa un animal tienen puntos preestablecidos, los cuales se van sumando y si en 24 horas el animal llega a 100 o más puntos se considera que está en celo (ver Cuadro 1). Si se detecta celo 2-3 veces al día durante 30-45 minutos, el umbral de consideración para una vaca en celo es de 50 puntos. En este experimento se detectó celo 2 veces por día (por la mañana y por la tarde) durante 45 minutos por 4 días.

Cuadro 1: Score de puntuación de celo (Van Eerdenburg y col., 1996).

COMPORTAMIENTO	PUNTOS
Descarga vaginal mucosa	3
Flehmen	3
Fatiga	5
Ser montada pero no quedarse quieta	10
Olfateo de la vulva de otra vaca	10
Descansar la barbilla sobre otra vaca	15
Monta (o intento) a otras vacas	35
Montar del lado de la cabeza a otras vacas	45
Celo con quietud	100

- Dispersión de celos: Se registró la cantidad de animales en celo, observados en cada grupo por día durante 4 días.
- Diagnóstico de gestación: El resultado de la IA se verificó a los 35 días de finalizada la inseminación mediante ecografía (5 MHz, VET3000, Insavet, Uruguay). La preñez final se determinó por palpación rectal y ecografía, a los 45 días de retirados los toros por ecografía y palpación rectal.
- Análisis económico/financiero: Se calculó cuánto come de suplemento cada animal y el precio del suplemento necesario para la cantidad de animales (44 en este caso), posteriormente teniendo en cuenta la diferencia de los porcentajes de preñez se obtiene el número de terneros extra para la preñez final. Este número es multiplicado por los kilos de ternero obteniendo así kilos extra de ternero obtenidos. Ese valor se lo multiplicó por el valor del ternero en el mercado. De la resta entre el total del dinero extra y el costo del suplemento obtenemos el margen bruto de ganancia obtenido al continuar la suplementación por 10 días más después de los servicios (Cuadro 3).
- Análisis estadístico: Para el análisis estadístico se utilizó el software InfoStat/L (Di Rienzo y col., 2015). Para comparar el score de signos de celo entre tratamientos se usó la prueba de medianas (no paramétrico) (Irwin-Fisher). Para comparar los resultados de preñez a la IA y preñez final se usó el test de inferencia basada en dos muestras y diferencia de proporciones. Se consideró

un valor de $P < 0,05$ para considerar significativas las diferencias analizadas, y como tendencia estadística hasta $P = 0,15$.

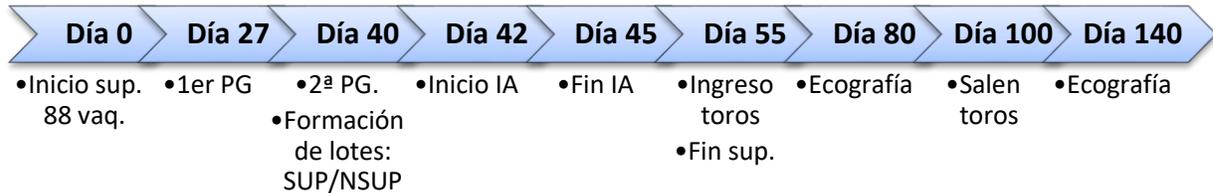


Figura 2: Esquema de la suplementación y del manejo reproductivo aplicado a las vaquillonas durante el ensayo.

11. RESULTADOS

Con respecto al score de celo se eliminaron datos de tres animales del grupo SUP y cuatro del NSUP por pérdida de registros. La mediana del score de celo en el grupo SUP fue de 140 puntos, mientras que la del grupo NSUP fue de 128 puntos. Esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($P < 0,82$; Cuadro 2).

La dispersión de celos se observó como forma de controlar la respuesta a la sincronización. Durante los cuatro días de inseminación, el 89% (31/44) de los animales del grupo SUP fue detectado en celo e inseminado en los días 2 y 3 de la inseminación, mientras en el grupo NSUP fue el 77% (24/43), aunque esta diferencia no fue significativa (Figura 3).

En cuanto al porcentaje de preñez a la IA (Cuadro 2), el grupo SUP obtuvo 61% (27/44) y el NSUP 44% (19/43), aunque esta diferencia no fue significativa ($P < 0,10$). En cambio, sí hubo un efecto del tratamiento sobre el porcentaje de preñez final ($P < 0,02$), siendo de 84% (37/44) para el grupo SUP y de 63% (27/43) para el grupo NSUP (Cuadro 2).

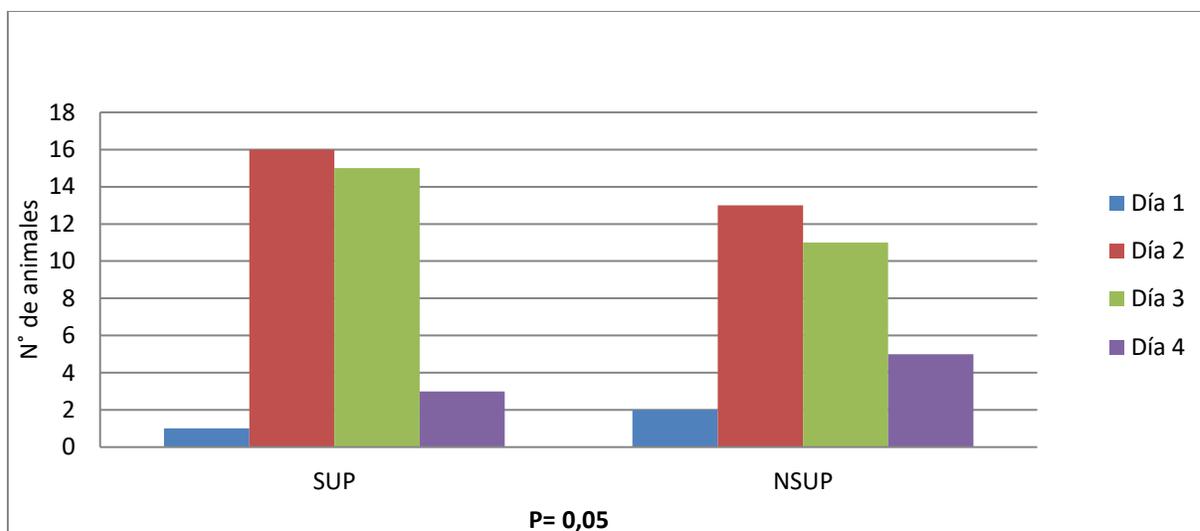


Figura 3: Número de vaquillonas detectadas en celo por día, con previa sincronización (doble PGF2 α), en el grupo suplementado (SUP) y no suplementado (NSUP) durante 4 días de detección de celo.

Cuadro 2: Resultados de preñez a la IA sincronizada (doble PGF2 α 13 días) y preñez final de vaquillonas Hereford suplementadas (SUP) o no (NSUP) diez días luego de servidas.

	SUP	NSUP	P
Preñez I/A	27/35	19/31	0,10
Preñez final	37/44	27/43	0,02
Medianas de score de celo*	140	128	0,82

*Score de intensidad los síntomas de celos según Van Eerdenburg y col., (1996).

El análisis económico/financiero demuestran el beneficio extra obtenido por no suspender la suplementación durante y hasta 10 días después de terminados los servicios. Se toma en cuenta los datos de preñez final ya que es el principal interés de los productores. Se obtienen 9 terneros extra y el rédito económico se traduce en U\$S 2935. La información del análisis económico/financiero se resume en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Análisis económico/financiero de continuar con la suplementación durante 10 días posteriores a la IA en un rodeo de vaquillonas Hereford de 20-24 meses de edad en base a los resultados de preñez a la IA y preñez final.

	Kg/cab.	Días extra de sup.	U\$\$/ton.	PR. FINAL	Terneros	Kg de terneros	U\$\$/Kg (promedio ternero y ternera)	MB
	2	15	170	84 vs. 63	Dif. SUP/NSUP	180	1.95	
44 (n)	88	1,32 ton.	224	37-28	9	1620	3159	2935

12. DISCUSIÓN

Posiblemente debido a los reducidos grupos experimentales, los efectos de la suplementación con AA entero sobre la expresión de celo y preñez a la IA no fueron significativos. Aunque no significativo, el valor de $P=0,10$ resultante del análisis estadístico de la preñez a la IA podría considerarse como una tendencia alentando a repetir estudios con mayor cantidad de animales.

Por otro lado, la concentración de celos en una ventana de tiempo reducida a 4 días pudo haber limitado el estudio de la dispersión de celos; con más días de detección como en estros naturales o por 7 días en celos concentrados el resultado podría ser diferente.

La hipótesis de que mantener la suplementación por 10 días luego de la IA sincronizada favorece los resultados reproductivos en vaquillonas Hereford es confirmada con los datos de preñez final ($P<0,02$).

Este estudio involucró vaquillonas de 20 a 24 meses de edad (bien desarrolladas y con una buena condición corporal), siendo una categoría que a nivel de un rodeo criador típico es difícil ver que esté expuesta a servicio sin la ayuda de tecnologías apropiadas. A pesar de que la edad al primer servicio en Uruguay ha venido bajando, aún es alto el número de vaquillonas de primer servicio con una edad entre los 24 a 36 meses (50% de las vaquillonas del país, (DIEA, 2016). Esto nos lleva a pensar que, si reproducimos el ensayo en condiciones de un rodeo criador típico, en el cual las vaquillonas no tengan el estado general conveniente para su primer servicio, los resultados podrían llegar a ser contundentes. En respaldo a lo anterior, se ha sugerido que suplementar

con alimentos ricos en lípidos resulta efectivo en vaquillonas en el límite del desarrollo, pero escasos beneficios cuando están bien desarrolladas y con buena condición corporal (Hess y col., 2002; Funston, 2004). Sin embargo, el invierno sigue siendo un desafío para las vaquillonas en pastoreo en Uruguay (tal como las utilizadas en este experimento), justificando el estudio desarrollado en ésta tesis.

Comparando nuestros resultados con un trabajo similar a nivel nacional (Quintans, 2014), en el que los resultados de preñez a la IA tendieron a ser mejores ($P=0,08$) en el grupo suplementado (64 vs 27%), nuestro trabajo también muestra dicha tendencia además que el grupo suplementado obtuvo mayor preñez final. Una de las diferencias es que en el ensayo mencionado se trabajó con un suplemento proteico (16% PC) y en el nuestro se utilizó uno con características intermedias entre energético y proteico, igualmente podemos decir que los resultados se alinean y respaldan nuestras hipótesis.

Ciccioli y col. (2005) encontraron que la suplementación energética 10 días pos servicio favorece los resultados reproductivos finales al aumentar hormonas y metabolitos en sangre y aparato reproductor con impacto en la reproducción. En nuestro trabajo, podemos concluir también que la suplementación luego del servicio favoreció los resultados reproductivos, impactando a través de mejores señales hormonales y metabólicas.

Una posible explicación de este resultado es que no se generaría en el animal una señal metabólica negativa en el momento del reconocimiento materno. También es evidente que algunos animales que no concibieron en la IA se beneficiaron de la suplementación facilitando las condiciones para concebir en el repaso con los toros, posiblemente por mejorar la capacidad esteroidogénica y una mejor impregnación con la progesterona del ciclo previo a la monta natural recibida.

En este trabajo no se evaluaron parámetros sanguíneos tales como insulina, colesterol y progesterona que sugieran que los resultados obtenidos son debido a un efecto nutracéutico del AA, pero la bibliografía consultada nos hacen pensar que ese efecto tuvo incidencia en los resultados obtenidos (Grummer y Carroll, 1988; Hawkins y col., 1995; Williams y Stanko, 1999; Funston, 2004).

Esto deja un camino abierto para otro ensayo en el cual se pueda trabajar con un número mayor vaquillonas de un rodeo criador típico, comparando con otro suplemento isoenergético al AA y midiendo parámetros sanguíneos necesarios para confirmar que el AA favoreció los resultados reproductivos debido a su efecto nutracéutico.

En un rodeo de cría la cantidad de kilos de terneros destetados tiene un importante impacto en la economía del sistema productivo. En base a los resultados de esta tesis es posible realizar una estimación económica para conocer la rentabilidad de continuar

con la suplementación durante 10 días más (Cuadro 3). En éste cálculo quedó demostrado el beneficio de no suspender la suplementación durante y posteriormente a los servicios.

13. CONCLUSIONES

Continuar con la suplementación durante 10 días posteriores a los servicios mediante IA sincronizada con doble dosis de PGF2 α no mejoró la expresión de celo ni aumentó el porcentaje de preñez a la IA en vaquillonas Hereford de 20-24 meses.

Continuar con la suplementación durante 10 días posteriores a los servicios mediante IA sincronizada con doble dosis de PGF2 α demostró aumentar la preñez final de vaquillonas Hereford de 20-24 meses hasta casi 20 puntos porcentuales en comparación al grupo testigo.

14. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Arije, G. F., Wiltbank, J. N. (1974). Prediction of age and weight at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 38: 803–810.
- 2) Arthur G. H., Noakes D. E., Pearson H. (1991). Función reproductora normal. En: *Reproducción y obstetricia en veterinaria*, Sexta edición. España, Interamericana McGraw-Hill, p: 1-46.
- 3) Beretta, V., Simeone, Á., Marques, S., Risi, D., Reissig, M. N., Blanc E., Gil, J. (2015). Avances en tecnología UPIC para la recría: Combinando recursos para el entore a los 15 meses. 17 Jornada anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne, p: 36–43. Disponible en: <http://www.upic.com.uy/pdf/upic-2015.pdf>. Fecha de consulta: 8/10/2017.
- 4) Bó, G. A., de la Mata, J. J., Baruselli, P. S., Menchaca, A. (2016). Alternative programs for synchronizing and resynchronizing ovulation in beef cattle. *Theriogenology*, 86(1): 388–396.
- 5) Burns S.F., Cooke R. (2016). Supplemental Fat in Heifer and Cow Rations. En: *Western Beef Resource Committee. Cattle Producer's Handbook*. 4 edición; p: (325)1–(325)4.
- 6) Ciccio, N. H., Charles-Edwards, S. L., Floyd, C., Wettemann, R. P., Purvis, H. T., Lusby, K. S., Lalman, D. L. (2005). Incidence of puberty in beef heifers fed high- or low-starch diets for different periods before breeding. *Journal of Animal Science*, 83(11): 2653–2662.
- 7) Coppock, C. E., Wilks, D. L. (1991). Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *Journal of Animal Science*, 69: 3826–3837.
- 8) De Fries, C. A., Neuendorff, D. A., Randel, R. D. (2014). Fat Supplementation Influences Postpartum Reproductive Performance in Brahman Cows. *Journal of Animal Science*, 76: 864–870.
- 9) Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>. Fecha de consulta 20/11/17.
- 10) DIEA. (2016). Anuario estadístico agropecuario. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario2016>. Fecha de consulta: 23/8/17.
- 11) Driancourt M.A. (2001). Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology* 55 (2001), 1211-1239.

- 12) Dulcic, C. A. (1984). Detección de celo en vacas lecheras. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR01500.pdf>. Fecha de consulta: 15/11/17.
- 13) Engelken, T. J. (2008). Developing replacement beef heifers. *Theriogenology*, 70: 569–572.
- 14) Faure, R., Morales, C. (2003). La Pubertad de la Hembra Bovina: I. Aspectos Fisiológicos. *Revista Salud Animal*, 25(1): 13–19.
- 15) Funston, R. N. (2004). Fat supplementation and reproduction in beef females. *Journal of Animal Science*, 82: 154–161.
- 16) Garcia, M. R., Amstalden, M., Morrison, C. D., Keisler, D. H., Williams, G. L. (2003). Age at puberty, total fat and conjugated linoleic acid content of carcass, and circulating metabolic hormones in beef heifers fed a diet high in linoleic acid beginning at four months of age. *Journal of Animal Science*, 81(1): 261–268.
- 17) Gayo, J. (2007). Los subproductos del arroz en la alimentación del ganado. Disponible en: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R123/R123_30.pdf. Fecha de consulta: 25/9/17.
- 18) Ginther O.J., Wiltbank M.C., Fricke P.M., Gibbons J.R., Kot K. (1996). Selection of the dominant follicle in cattle. *Biology of Reproduction*, 55: 1187-1194.
- 19) Giraldo, J. J. (2007). Una mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4: 51-57.
- 20) Grant, M. H., Hess, B. W., Hixon, D. L., Van Kirk, E. A., Alexander, B. M., Nett, T. M., Moss, G. E. (2003). Effect of feeding high-linoleate safflower seeds on reproductive endocrine dynamics in postpartum beef females. *American Society of Animal Science*, 54: 1–4.
- 21) Grant, M., Alexander, B., Hess, B., Bottger, J., Hixon, D., Van Kirk, E., Moss, G. (2005). Dietary supplementation with safflower seeds differing in fatty acid composition differentially influences serum concentrations of prostaglandin F metabolite in postpartum beef cows. *Reproduction Nutrition Development*, 44(6): 721–727.
- 22) Gregory, K.E., Laster, D.B., Cundiff, L.V., Koch, R.M., Smith, G.M. (1978). Heterosis and breed maternal and transmitted effects in beef cattle. II. Growth and puberty in females. *Journal of Animal Science*, 47: 1042-1053.
- 23) Gregory, K.E., Laster, D.B., Cundiff, L.V., Smith, G.M., Koch, R.M. (1979). Characterization of biological types of cattle-cycles III: II. Growth rate and puberty in females. *Journal of Animal Science*, 49: 461-471.
- 24) Grummer, R. R., Carroll, D. J. (1988). A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. *Journal of Animal Science*, 66(12): 3160–3173.

- 25) Hall, J. B. (2005). Reproductive evaluation of heifers. Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle. Lexington, p: 279–283.
- 26) Hawkins, D. E., Niswender, K. D., Oss, G. M., Moeller, C. L., Odde, K. G., Sawyer, H. R., Niswender, G. D. (1995). An increase in serum lipids alters the disappearance increases luteal lipid content in rate of progesterone and cows. *Journal of Animal Science*, 73: 541–545.
- 27) Hess, B. W., Rule, D. C., Moss, G. E. (2002). High fat supplements for reproducing beef cows: have we discovered the magic bullet? Proceedings of Pacific Northwest Animal Nutrition Conference. Vancouver, p: 59-83.
- 28) Hess, B. W., Lake, S. L., Scholljegerdes, E. J., Weston, T. R., Nayigihugu, V., Molle, J. D. C., Moss, G. E. (2005). Nutritional controls of beef cow reproduction. *Journal of Animal Science*, 83: 90–106.
- 29) Hess, B. W., Moss, G. E., Rule, D. C. (2008). A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*, 86(14): 188–204.
- 30) Holm, D. E., Nielen, M., Jorritsma, R., Irons, P. C., Thompson, P. N. (2015). Evaluation of pre-breeding reproductive tract scoring as a predictor of long term reproductive performance in beef heifers. *Preventive Veterinary Medicine*, 118(1): 56-53.
- 31) Jaime, D. (2004). Inseminación artificial en vacunos. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/prado/2004/inseminacionartificial.htm>. Fecha de consulta: 15/11/17.
- 32) Jenkins, T. C. (1993). Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76: 3851–3863.
- 33) Lamb, G.C., Smith, M.F., Perry, G.A., Atkins, J.A., Risley, M.E., Busch, D.C., Patterson, D.J. (2010). Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous Cycle. *Bovine Practitioner*, 44: 18-26
- 34) Lammoglia, M. A., Willard, S. T., Hallford, D. M., Randel, R. D. (1997). Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17b, 1. *Journal of Animal Science*, 75: 1591–1600.
- 35) Mattos, R., Staples, C. R., Thatcher, W. W. (2000). Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Journals of Reproduction & Fertility*, 5: 38–45.
- 36) Moran, C., Quirke, J. F., Roche, J. F. (1989). Puberty in Heifers: a Review. *Animal Reproduction Science*, 18: 167–182.
- 37) OPYPA. (2016). Anuario 2016. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/anuario_opypa_2016_en_baja.pdf. Fecha de consulta: 23/8/17.
- 38) Palmquist, D. L. (1975). A kinetic concept of lipid transport in ruminants. A review. *Journal of Dairy Science*, 59(3): 355–363.

- 39) Perry, G. A. (2016). Factors affecting puberty in replacement beef heifers. *Theriogenology*, 86: 373–378.
- 40) Quintans, G., Vaz Martíns, D., Carriquiry, E. (1994). Alimentación invernal de la recria. En: Quintans, G.; Pigurina, G. *Bovinos para carne: Avances en la suplementación de la recria e internada intensiva*, INIA, p. 1-32.
- 41) Quintans, G.; Velazco, J.I.; Roig, G. (2008). Servicio de vaquillonas en otoño a los 20 meses de edad (resultados preliminares). En: QUINTANS, G.; VELAZCO, J.I.; ROIG, G. (Eds.). *Seminario de actualización técnica: cría vacuna*. Montevideo (Uruguay): INIA, 90-98.
- 42) Quintans, G. 2014. La suplementación como herramienta nutricional en el manejo de un rodeo de cría. *Seminario de actualización técnica: Estrategias de intensificación ganadera*, INIA. Serie Actividades de Difusión N° 743, p. 1-5.
- 43) Quintans, G. (2016). La suplementación como herramienta de manejo en un rodeo de cría. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/suplementacion-como-herramienta-nutricional-t39834.htm>. Fecha de consulta: 25/9/17.
- 44) Relling A. E., Mattioli G. A. (2003). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Disponible en: http://www.aprocal.com.ar/descargas/64/Guillermo_Mattioli_-_fisiologia_digestiva_y_metabolica_de_los_rumiantes.pdf. pp.: 40-43. Fecha de consulta: 27/10/17.
- 45) Rippe C. A. (2009). El ciclo estral. *Dairy Cattle Reproduction Conference*. Minneapolis, USA, p: 111-116.
- 46) Rochinotti, D., Balbuena, O. (2003). Efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva en rodeos de carne. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-pdf_efecto_de_la_nutricion_sobre_la_eficiencia_reprod.pdf. Fecha de consulta: 18/10/17.
- 47) Rodríguez, J. B. (2015). ¿Entore o inseminación artificial? Disponible en: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R154/R_154_38.pdf. Fecha de consulta: 15/11/17.
- 48) Rovira, J. (1996). Manejo nutritivo de los rodeos de cría; pubertad y primer entore. Montevideo, Hemisferio Sur. 336 p.
- 49) Sampedro, D. (2015). El afrecho de arroz, un subproducto regional de importancia para la alimentación en vacunos. Disponible en: <http://www.aapresid.org.ar/blog/el-afrecho-de-arroz-un-subproducto-regional-de-importancia-para-la-alimentacion-de-los-vacunos>. Fecha de consulta: 30/10/2017.
- 50) Scholljegerdes, E. J., Hess, B. W., Van Kirk, E. A., Moss, G. E. (2004). Effects of dietary high-linoleate safflower seeds on IGF1 in the hypothalamus, anterior

- pituitary gland, serum, liver, and follicular fluid of primiparous beef cattle. *Journal of Animal Science*, 82(2):48 (Abstract).
- 51) Simeone, Á., Beretta, V. (1998). Manejo de la alimentación para el entore de vaquillonas a los 15 y 27 meses de edad. Disponible en: http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_12/23-26.pdf. Fecha de consulta: 30/9/17.
 - 52) Staples, C. R., Burke, J. M., Thatcher, W. W. (1998). Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 81(3): 856–871.
 - 53) Talavera, F., Park, C. S., Williams, G. L. (1985). Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in Holstein heifers. *Journal of Animal Science*, 60(4): 1045–1051.
 - 54) Thomas M.G., Williams G. L. (1996). Metabolic hormone secretion and fsh-induced superovulatory responses of beef heifers fed dietary fat supplements containing predominantly saturated or polyunsaturated fatty acids. *Theriogenology*, 45: 451–458.
 - 55) Ungerfeld, R. (2002). Control endócrino del ciclo estral. En: Ungerfeld, R. *Reproducción en los animales domésticos*. Montevideo, Melibea, p.: 39-53.
 - 56) Van Eerdemburg, F., Loeffler, H., van Vliet, J. (1996). Detection of oestrus in dairy cows: A new approach to an old problem. *Journal of Animal Science*, 18: 52-54.
 - 57) Velazco, J. I. (2009a). Suplementación Estratégica de la Recría Bovina Sobre Campo Natural. *Revista INIA*, 18: 6–9.
 - 58) Velazco, J. I. (2009b). Suplementación en pastoreo para ganadería extensiva. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/Velazco.pdf>. Fecha de consulta: 14/11/17.
 - 59) Whittier, J. C., Lardy, G. P., Johnson, C. R. (2005). Pre-calving nutrition and management programs for two-year-old beef cows. *The Professional Animal Scientist*, 21: 145–150.
 - 60) Williams, G. L., Stanko, R. L. (1999). Dietary fats as reproductive nutraceuticals in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 77: 1–12.