

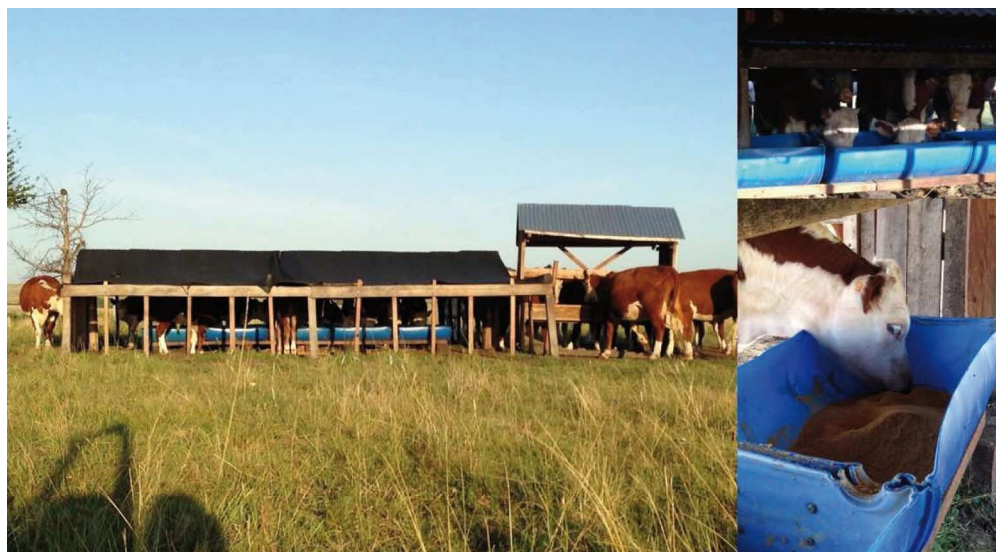
# 1. Introducción. Recría de vaquillonas: período determinante de su productividad futura

Carolina Viñoles<sup>1,3</sup> y Rodrigo Santa Cruz<sup>2,3</sup>

La recría de las vaquillonas, período que va desde el destete hasta su primer entore, es determinante en la productividad de la futura vaca en el rodeo de cría. Por éste motivo, la recría tiene objetivos de corto, mediano y largo plazo. El objetivo de corto plazo es entorar a la vaquillona con la menor edad posible, los objetivos de mediano plazo son lograr que un 70% se preñe en los primeros 21 días de servicio, obtener un alto porcentaje de preñez global en un servicio de corta duración (45-60 días), un primer parto sin dificultad y un alto porcentaje de preñez al segundo servicio, y el objetivo de largo plazo es que la vaca se mantenga productiva en el rodeo el mayor tiempo posible (longevidad).

El objetivo de corto plazo es altamente dependiente del genotipo y del ambiente (Schillo *et al.*, 1992). La recría es un período improductivo, durante el cual la ternera crece

y se desarrolla hasta alcanzar su madurez sexual (pubertad). Este período genera gastos, por lo tanto, cuanto más corto sea mayor será el retorno económico (Soares de Lima y Montossi, 2012). El peso de entore objetivo (e.g. 300-320 kg) va a depender del tamaño adulto de cada rodeo en particular. Lo importante es que la vaquillona logre un 55-60% del peso adulto, que es lo necesario para que alcance la pubertad (Freetly *et al.*, 2011). La duración de éste período depende del peso al destete, que a su vez depende del plano nutricional al que fueron sometidos el par vaca-ternera. Las estrategias como alta asignación de forraje y la suplementación preferencial de la ternera (creep feeding, Figura 1), permiten aumentar en 20-40 kg el peso al destete, y acelerar la recría de esas vaquillonas (Guggeri *et al.*, 2014; Viñoles *et al.*, 2013, 2012). Otro período clave es el post-destete, donde el plano nutricional determina



**Figura 1.** Alimentación preferencial de los terneros (creep feeding), con acceso exclusivo a una ración de mayor calidad (Atención R. Santa Cruz).

<sup>1</sup> DMTV, MSc., PhD., Programa Nacional de Investigación Producción Carne y Lana, INIA Tacuarembó

<sup>2</sup> DCV, Pasante INIA Tacuarembó, Programa Nacional de Investigación Producción Carne y Lana

<sup>3</sup> Polo Agroforestal, UdelaR, EEER, km 408, Ruta 26, Cerro Largo

si las vaquillonas se entoran con 14, 18, 24 o 36 meses de edad (Figura 2)(Costa *et al.*, 2008; Schillo *et al.*, 1992). Este período es clave debido a que la base de la alimentación de las terneras es el campo natural, y su cantidad y calidad son inferiores en invierno y verano (dependiendo de la pluviosidad), por lo que los animales no cubren sus requerimientos de energía y proteína (Berretta *et al.*, 2000). Existe información nacional que confirma que la suplementación en el primer y segundo invierno de vida de las terneras, es clave para reducir la edad de entore de 36 a 24 meses (Quintans *et al.*, 1993). La suplementación invernal (100 días) con afrechillo de arroz, permite ganancias de peso leves (0,200 kg/d), y determina que se exprese el fenómeno de crecimiento compensatorio que se da en primavera, cuando la disponibilidad de forraje es mayor. Cuando se realiza un adecuado manejo del campo natural, con asignaciones de forraje de 6-8 cm en otoño, suplementación invernal y asignaciones de 8-10 cm en primavera, las terneras ganan 0,200 kg/d en otoño, 0,250 kg/d en invierno, y 0,700 kg/d en primavera, y alcanzan pesos de 300 kg en el segundo otoño de vida. Con una estrategia de éste tipo, se pueden permi-

tir leves pérdidas en el segundo invierno de vida, que se recuperarán en primavera, para lograr los pesos de entore objetivo, y un 80-85% de los kgs ganados se hacen en base al campo natural (Scarlato, 2014 com. pers.). La duración y el costo del período de recría, también depende del porcentaje de reemplazos que se realice anualmente al rodeo. Por éste motivo, es recomendable manejar un bajo porcentaje anual de reemplazos (12-14%), para seleccionar a las terneras cabeza de parición, que por tener mayores pesos al destete es menos costoso llevarlas al peso de entore (Bagley, 1993; Huges, 2013), particularmente si el mismo se realiza con 13-15 meses.

Dentro de los objetivos de mediano plazo, el de alcanzar un 70% de preñez en los primeros 21 días de un servicio corto y alto porcentaje de preñez global (>90%) se logra con vaquillonas que llegan ciclando regularmente al primer servicio (Figura 3), ya que cuantos más ciclos estrales hayan tenido mayor será la preñez (Byerley *et al.*, 1987; Snelling *et al.*, 2012; Wiltbank *et al.*, 1985). Vaquillonas más viejas y pesadas en adecuada condición corporal tienen mayor probabilidad de

2



**Figura 2.** Terneras en el período pos-destete pastoreando raigrás y recibiendo suplementación con granos de destilería secos con solubles (DDGS) en preparación para el entore de 13-15 meses (Atención W. Madeira).



**Figura 3.** Actividad de celo en vaquillonas de 13-15 meses que alcanzan pesos > 300 kg pre-servicio.

alcanzar la pubertad y concebir más temprano en su primera estación de servicios; por lo tanto, la edad, peso al destete y condición corporal son indicadores que permiten seleccionar vaquillonas que parirán más temprano (Engelken, 2008). Otros parámetros de crecimiento y desarrollo de las vaquillonas como la altura de anca y composición corporal, han sido utilizados con éxito por su alta asociación con el peso vivo (Guggeri *et al.*, 2014). A su vez, el uso de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es otra alternativa que nos permitiría alcanzar los objetivos de mediano plazo, ya que el 60% de las vaquillonas se preñan en el primer día de servicio (De Nava, 2011). Se ha postulado que el uso de hormonas puede adelantar la preñez en animales que naturalmente se preñarían más tarde, por lo que la selección de su progenie podría llevar a que el progreso genético por fertilidad sea más lento. Sin embargo, se ha descrito que la respuesta a la IATF en vaquillonas tiene una heredabilidad de 0,18 (Porto-Neto *et al.*, 2015), por lo que sería esperable que vaquillonas hijas de vacas que conciben a la IATF respondan también mejor que sus contemporáneas nacidas de monta natural (de Nava, comunicación personal).

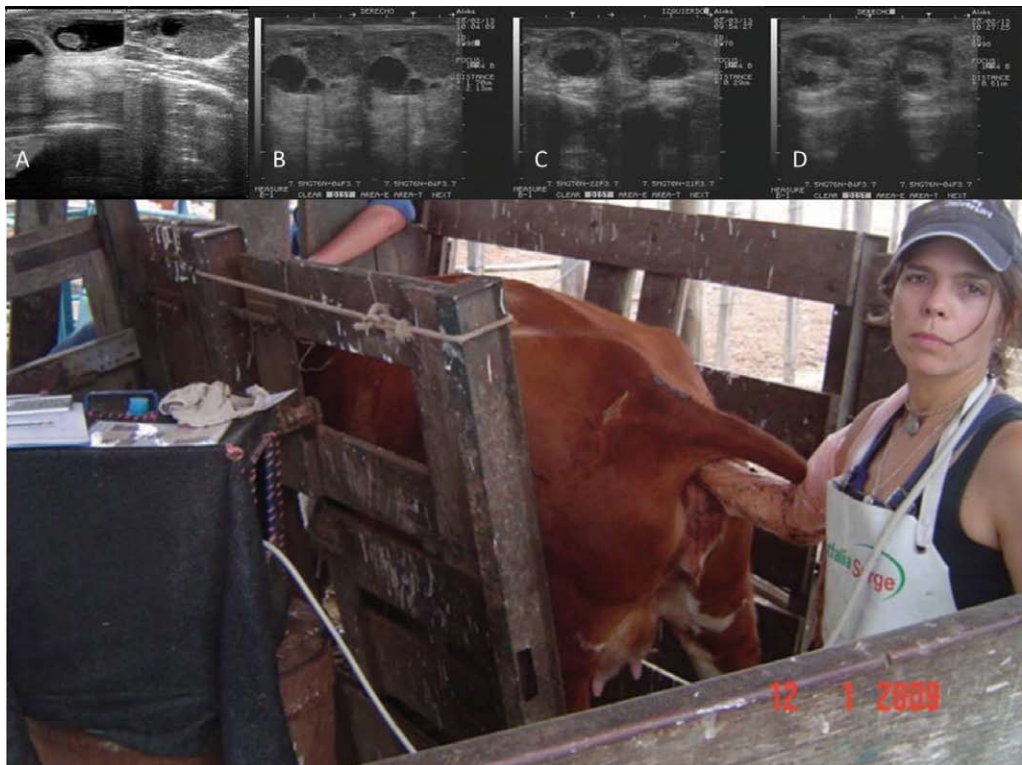
El objetivo de tener un primer parto sin dificultad, se logra manejado correctamente

los componentes genéticos y ambientales (Hickson *et al.*, 2008). Para lograrlo se debe realizar una correcta selección de los toros, con tamaño adulto moderado, y datos objetivos de diferencia esperada de progenie para bajo peso al nacer y facilidad de parto, datos que además deben ser de alta exactitud (Viñoles, 2016), y contemplar la nutrición de la vaquillona. La nutrición tiene influencia en la ocurrencia de distocia producto de su impacto en el peso al nacimiento del ternero o en el tamaño de la vaquillona (desproporción materno-fetal) (Hickson *et al.*, 2006). Por tanto, otra ventaja adicional de tener una buena recría es que las vaquillonas lleguen con un buen desarrollo al parto, contribuyendo con el objetivo de un primer parto sin dificultad.

El objetivo de lograr una alta preñez al segundo servicio, se alcanza realizando una correcta asignación de forraje para lograr las condiciones corporales objetivo al parto. Esto es lograble si en el otoño (pos-destete en vacas con cría), aprovechando los bajos requerimientos del primer y segundo tercio de gestación, se pastorean potreros con altas asignaciones de forraje que permitan alcanzar condiciones de 5 en vacas y 6 en vaquillonas. Esto permite una pérdida controlada de condición en el invierno y por lo tanto llegar al parto con vacas en condición

4 y vaquillonas en condición 5, compatibles con porcentajes de preñez > 75% (Soca y Orcasberro, 1992). Adicionalmente, el uso combinado del creep feeding y destete temporario en vacas de primera cría, permite lograr que un 70% se preñen en los primeros 21 días de servicio, y aumentar así el porcentaje final de preñez (Bentancor *et al.*, 2013). Las estrategias nutricionales y de manejo del amamantamiento que pueden aplicarse para lograr altos porcentajes de preñez en el rodeo de cría, cuya base alimenticia es el campo natural, han sido revisadas anteriormente (Viñoles *et al.*, 2009). Dichas estrategias nutricionales y de manejo pueden verse complementadas por el uso de una tecnología que ha sido adoptada más recientemente, que es el diagnóstico de actividad ovárica o monitoreo del entore (Figura 4) (Quintans, 2016). Esta actividad

consiste en la realización de una revisión del tracto reproductivo mediante ultrasonografía transrectal al mes de comenzado el entore. En éste monitoreo se evalúa el tono uterino, presencia de embriones, y estructuras ováricas, para tomar decisiones en cuanto a estrategias a aplicar dependiendo de la situación de cada vaca. Se describen entonces 3 situaciones asociadas a diferentes estrategias de manejo: 1) vacas que están ciclando (presencia de cuerpo lúteo y potencialmente preñadas de menos de 28 días) o preñadas (embriones mayores a 28 días) no se les realiza ninguna manejo adicional; 2) vacas en anestro profundo (sin tono uterino y folículos menores a 8 mm) se les aplica destete precoz y 3) vacas en anestro superficial (tono uterino y estructuras > a 8 mm) se les aplica destete temporario con tablilla nasal (De Nava, 2011).



**Figura 4.** Evaluación del tracto reproductivo mediante ultrasonografía transrectal para realizar el monitoreo del entore. Las figuras A y B describen animales ciclando, y C y D vacas con diferente profundidad de anestro. Solamente las situaciones C y D requieren de la aplicación de medidas correctivas. A: presencia de embrión y cuerpo lúteo (vaca preñada); B: presencia del cuerpo lúteo (vaca ciclando, potencialmente preñada); C: presencia de folículo > 8 mm (anestro superficial); D: presencia de folículos < 8 mm y ausencia de tono uterino (anestro profundo)(Atención A. Betancort).

El objetivo de largo plazo, es mantener en el rodeo vacas longevas. La longevidad es una característica deseable, ya que se asocia con altos porcentajes de preñez, mayores pesos al destete y mayor retorno económico (Engelken, 2008; Perry y Cushman, 2013). Un rodeo de cría, que tiene un alto porcentaje (> 70%) de vacas de más de 2 partos y es manejado en forma adecuada, tiene elevados porcentajes de preñez, compatibles con la necesidad de un bajo porcentaje de reemplazos (Viñoles, 2016).

Las vaquillonas que se preñan en los primeros 21 días de entore, tienen una mayor longevidad en el rodeo de cría, y destetan terneros más pesados a lo largo de su vida productiva, ya que la característica de preñarse y parir temprano se repite a lo largo de los años (Perry y Cushman, 2013). Esto implica que tener vaquillonas que se preñan temprano, tiene un mayor retorno económico, desquitándose más rápidamente el costo de llevar a una vaquillona a su peso de entore, particularmente si el mismo se realiza con 13-15 meses (Viñoles, 2016). Por lo tanto, la selección de vaquillonas más fértiles antes de su primer entore, tendría un impacto muy alto en la eficiencia reproductiva global del rodeo de cría.

### **¿Cómo podemos seleccionar vaquillonas más fértiles?**

La evaluación del grado de desarrollo del tracto reproductivo, a través del score de Anderson, es una herramienta que tiene una alta asociación con el porcentaje de preñez, peso al destete de los terneros, fertilidad al segundo entore y días al parto (Anderson *et al.*, 1991; Holm *et al.*, 2009). Más recientemente, se ha sugerido que el recuento de folículos antrales (RFA) y las concentraciones de una hormona asociada, la anti-Mülleriana (AMH), pueden ser potenciales candidatos para la selección fenotípica por fertilidad (Ireland *et al.*, 2008). La ventaja del RFA como herramienta de selección es que se expresa temprano en la vida del animal (al nacimiento), se puede evaluar fácilmente en el animal

en diferentes momentos de su vida, es repetible a lo largo de la vida del animal, y tiene una heredabilidad moderada.

### **¿En qué consiste el recuento máximo de folículos antrales?**

Antes del servicio, el examen del tracto reproductivo para determinar su grado de desarrollo y realizar el recuento folicular (Anderson *et al.*, 1991; Cushman *et al.*, 2008; Rosenkrans y Hardin, 2003) pueden proveer un medio fenotípico para determinar la potencial fertilidad y eliminar vaquillonas que es menos probable que queden preñadas y se mantengan productivas y generando ingresos. El examen se realiza mediante palpación y ultrasonografía transrectal, evaluando el tamaño y tono uterino, las estructuras ováricas y contando todos los folículos antrales  $\geq 2$  mm en ambos ovarios, dado que son un indicador indirecto de la reserva folicular (Cushman *et al.*, 2009).

### **¿Qué es la reserva folicular?**

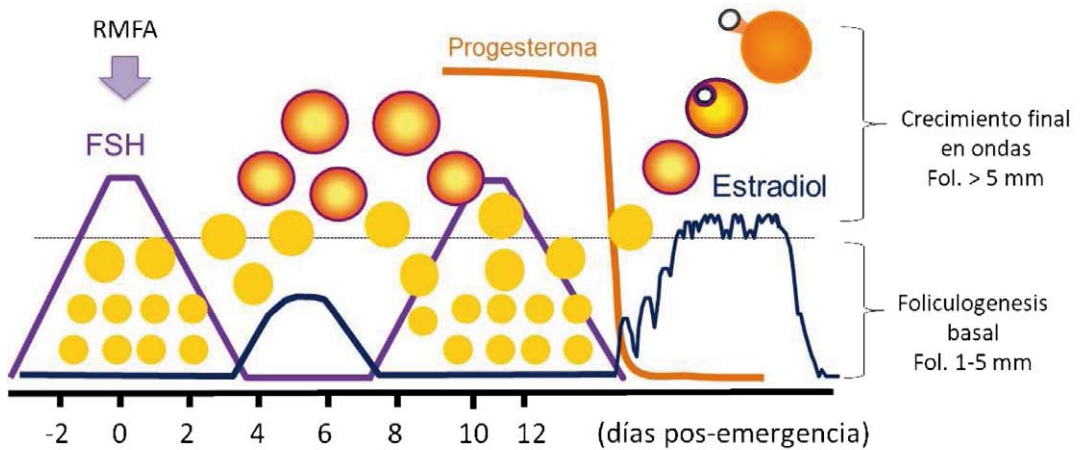
Es el pool de folículos primordiales con que nacen las hembras y los óvulos que ellos contienen son los que gastarán a lo largo de su vida reproductiva (Fortune *et al.*, 2010; Garverick *et al.*, 2010; Scaramuzzi *et al.*, 2011). Por lo tanto, la reserva folicular determina la longevidad reproductiva potencial de cada hembra. El problema es que para contar directamente el número de folículos primordiales que tiene una hembra, habría que obtener los ovarios, ya que por su tamaño la evaluación solo puede realizarse a través de cortes histológicos que son evaluados al microscopio. Sin embargo, éstos folículos ováricos se desarrollan y pasan por diferentes fases de crecimiento, dependientes de la acción local y sistémica de diferentes factores (e.g. primarios, secundarios), hasta llegar a la fase de folículos antrales (Monniaux *et al.*, 2014). Los folículos antrales pueden ser evaluados por ultrasonografía, y son un indicador indirecto de la reserva folicular (Ireland *et al.*, 2008).

### ¿Cómo se desarrollan los folículos antrales?

Los folículos antrales pequeños (1-5 mm), representan un pool de folículos sensibles a las gonadotropinas que permiten describir la foliculogénesis basal, ya que su número es relativamente estable a lo largo del ciclo estral (Rico *et al.*, 2011). La fase de crecimiento terminal de los folículos antrales (> 5 mm) ocurre en forma de ondas de crecimiento (Evans *et al.*, 1994; Rajakoski, 1960; Savio *et al.*, 1988; Sirois y Fortune, 1988). Cada onda folicular es precedida por un aumento en las concentraciones de la hormona folículo estimulante (FSH), que determina el reclutamiento o emergencia de la misma. De éste grupo de folículos solamente se seleccionan 2 o 3 para continuar su crecimiento, pero generalmente solo uno se transforma en dominante y logra ovular (liberar el óvulo) si las condiciones son adecuadas (concentraciones de progesterona < 1 ng/ml, aumento en la frecuencia de pulsos de LH y producción de estradiol para que ocurra la manifestación estral; Figura 5) (Adams *et al.*, 1992; Evans

*et al.*, 1994). El patrón de crecimiento en ondas se repite en animales en diferentes estadios fisiológicos como terneras a partir de las 2 semanas de vida (Evans *et al.*, 1994), vacas gestantes (Ginther *et al.*, 1996, 1989) y vacas durante el período de anestro post-parto (Savio *et al.*, 1990).

Existe una correlación positiva entre el número de folículos primordiales y el número de folículos antrales (Cushman *et al.*, 1999). Los folículos antrales  $\geq 2$  mm pueden ser identificados de manera confiable por ultrasonografía, representan junto a los folículos de 3 mm el 90% de la población visible durante la evaluación (Cushman *et al.*, 2009; Ireland *et al.*, 2008) y pueden ser usados para predecir la reserva folicular ovárica *in vivo*. El recuento de folículos antrales (RFA)  $\geq 2$  mm, tiene la ventaja de que puede realizarse en cualquier momento del ciclo estral, ya que su número es relativamente estable durante el mismo (Martinez *et al.*, 2016). Si solamente se consideran en el conteo los folículos > 3 mm es necesaria la sincronización de los animales o el seguimiento por 7-10



**Figura 5.** Esquema del desarrollo folicular que describe la foliculogénesis basal (pool de folículos (Fol.) de 1-5 mm) y la foliculogénesis final (Fol. > 5 mm) que ocurre en ondas, cuya emergencia es estimulada por un aumento en las concentraciones de hormona folículo estimulante (FSH). Un grupo de folículos (> 5 mm) es reclutado, pero unos pocos (2-3) continúan su crecimiento, ya que el folículo dominante produce estradiol, que reduce los niveles de FSH, e impide el crecimiento de los demás folículos del grupo. En animales ciclando, la reducción en los niveles de progesterona, permite el aumento en la frecuencia de pulsos de hormona luteinizante (no descrito en la figura), que estimula el desarrollo del folículo dominante, una alta producción de estradiol, la manifestación de celo y la ovulación. Los folículos de 1-5 mm (límite en la línea punteada), que son la mayoría de los folículos visibles por ultrasonografía (88%), son los productores de hormona anti-Mülleriana (AMH). El día de emergencia de la onda folicular corresponde al Día 0, cuando se espera el recuento máximo de folículos antrales (RMFA).

días para captar la emergencia de al menos una onda de desarrollo folicular (Burns *et al.*, 2005). Cuando se realiza el seguimiento de la onda de desarrollo folicular, se puede determinar el recuento máximo de folículos antrales (RMFA) que generalmente coincide con el día de la emergencia de la misma. La mayoría de los grupos de investigadores y veterinarios que utilizan ésta herramienta de selección a campo realizan una sola medida del RFA  $\geq 2$  mm en un día aleatorio del ciclo estral, ya que simplifica el manejo de los animales. Sin embargo, las diferencias metodológicas de la información publicada (inclusión de folículos de 2, 3 o  $> 5$  mm en el recuento) han dado origen a resultados contrapuestos (Jimenez-Krassel *et al.*, 2017), por lo que la estandarización de la metodología es un aspecto que debe ser tenido en cuenta antes de utilizar ésta herramienta diagnóstica.

### **¿El recuento de folículos antrales se modifica con el tiempo?**

La mayoría de los trabajos publicados sobre repetibilidad del RFA, se han realizado utilizando *Bos Taurus*, y particularmente ganado lechero (Holstein). El RFA es variable entre animales de la misma población (hasta 7 veces) pero altamente repetible en el mismo animal (0,85-0,95), durante las ondas de desarrollo folicular (Burns *et al.*, 2005; Ireland *et al.*, 2008). Resultados similares fueron reportados en *Bos Indicus* (Nelore), observándose que el recuento de folículos antrales es mayor en el *Bos Indicus* (rango 18 a 85) respecto al *Taurus* (Holstein: rango 8-51), pero que la repetibilidad evaluada con un intervalo de 2 meses es alta (0,85) en ambas razas (Batista *et al.*, 2014). Sin embargo, la información sobre repetibilidad individual realizando mediciones más separadas en el tiempo, por ejemplo 6 meses, en animales pre-púberes *Bos Taurus* o *Indicus* (para carne y leche) es escasa. Además, los cambios nutricionales pre y posnatales pueden afectar la reserva folicular (Amundson *et al.*, 2015; Evans *et al.*, 2012; Mossa *et al.*, 2013), y reducir la repetibilidad si las mediciones se realizan antes y después de aplicar planos nutricionales diferenciales. Se ha sugerido

que el número de folículos antrales aumenta hasta los 5 años de edad, y luego disminuye (Cushman *et al.*, 2009), lo que podría estar asociado a la longevidad promedio de los animales de alta y baja cuenta folicular en el rodeo. En este sentido, el RFA es una característica de heredabilidad moderada, con estimaciones de  $0,31 \pm 0,14$  y  $0,25 \pm 0,13$  para vacas lecheras de Irlanda y EEUU; respectivamente (Walsh *et al.*, 2014). Estos trabajos sugieren que el RFA podría ser útil como herramienta de selección en el ganado vacuno para carne y leche.

### **¿Cuál es la relación del recuento de folículos antrales con la fertilidad?**

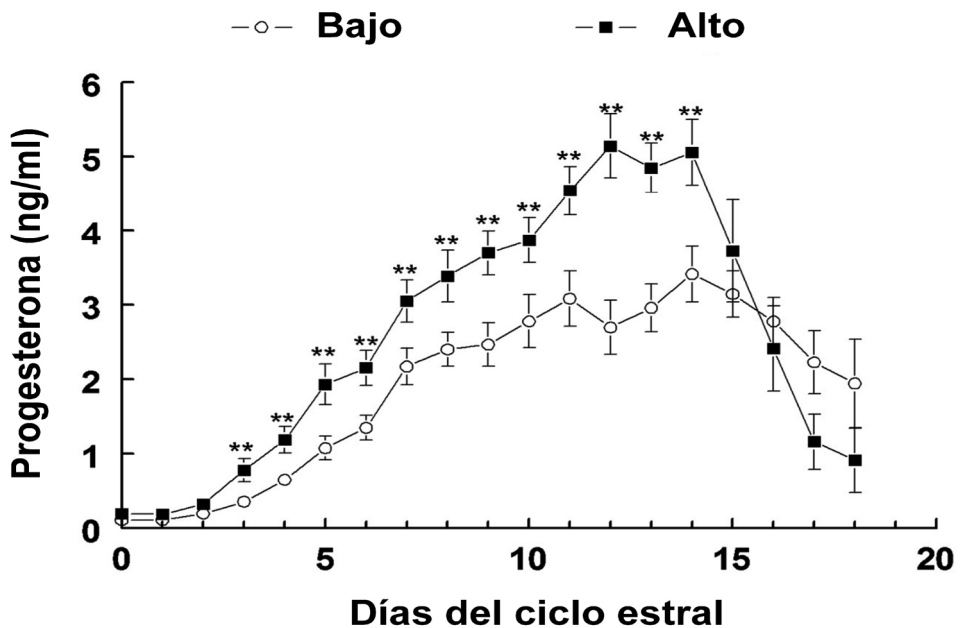
El RFA está relacionado con parámetros reproductivos, en ganado para carne y para leche *Bos Taurus*. Vaquillonas para carne con bajo RFA tienen ovarios más chicos y menores tasas de preñez comparados con las de alto RFA (Cushman *et al.*, 2009). Una mayor proporción de vaquillonas con alto RFA se preñan en los primeros 21 días de servicio, comparadas con vaquillonas de bajo RFA (Cushman *et al.*, 2014). En vacas lecheras se encontró una asociación positiva entre RFA y performance reproductiva (Martinez *et al.*, 2016; Mossa *et al.*, 2012). La mayor calidad ovocitaria, mayor concentración de proteínas en el fluido uterino y las mayores concentraciones de progesterona (Figura 6) podrían explicar el mayor desarrollo del concepto y mayores porcentajes de preñez en vacas de alto respecto a bajo RFA (Jimenez-Krassel *et al.*, 2009; Martinez *et al.*, 2016; McNeel *et al.*, 2017; Tessaro *et al.*, 2011). Por lo tanto, existe suficiente evidencia de que los mecanismos que determinan la calidad ovocitaria y viabilidad del embrión en sus primeras fases de desarrollo se ven favorecidos en vacas con alto respecto a bajo RFA. Sin embargo, trabajos más recientes sugieren que vacas con RFA muy alto, tiene menor fertilidad y una vida productiva más corta, comparado con vacas con RFA menores, probablemente asociado a situaciones metabólicas alteradas que inducen al síndrome de ovarios poliquísticos (Jimenez-Krassel *et al.*, 2017). Las inconsistencias encontradas pueden estar

asociadas a diferencias en la metodología utilizada para realizar el conteo de folículos antrales (ciclo sincronizado vs no sincronizado, conteo de folículos  $\geq 2$  o  $\geq 5$  mm, edad de los animales evaluados en los diferentes experimentos, número de animales evaluados). Por lo tanto, se requieren más estudios para establecer de qué manera se relaciona el RFA con la fertilidad, y su utilidad como herramienta de selección.

**AMH: otro potencial candidato para la selección fenotípica por fertilidad**

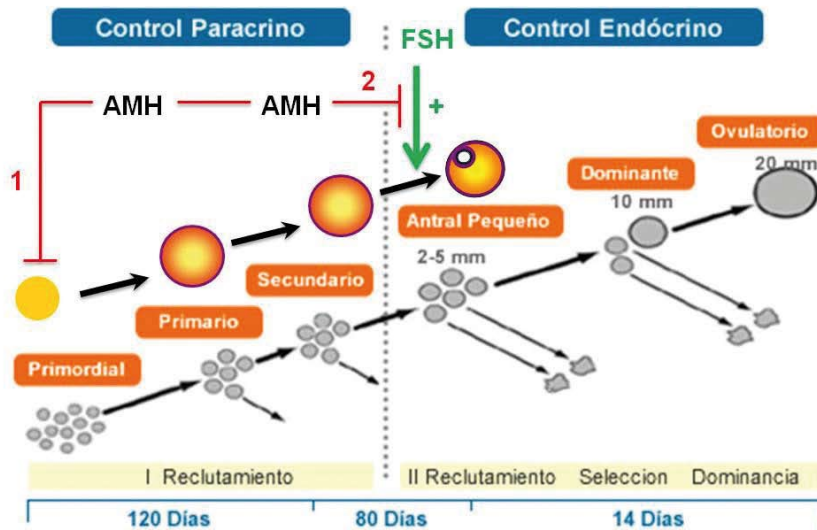
La AMH es una glicoproteína de 140k Da perteneciente a la familia de los factores de crecimiento transformante beta (TGF $\beta$ ) producida únicamente en las gónadas (Cate *et al.*, 1986). En el ovario su secreción se limita a las células de la granulosa de folículos sanos y en crecimiento (La Marca y Volpe,

2006), continuando su producción hasta que alcanzan el tamaño y el estado de diferenciación en que son seleccionados para ejercer la dominancia. Antes y después de esos dos puntos regulatorios importantes, los folículos no secretan AMH. Por esto es que se sugiere que la AMH tiene un rol importante en la regulación del número de folículos en crecimiento y en la selección de los folículos para la ovulación (Visser y Themmen, 2004). La AMH parece estar relacionada con los mecanismos que inhiben la activación de los folículos primordiales para que comiencen su crecimiento (Durlinger *et al.*, 2001; Fortune *et al.*, 2010), así como la de inhibir la acción de la FSH en el reclutamiento de los folículos antrales (Reclutamiento II, Figura 7). Por lo tanto, la AMH parece regular el gasto de los folículos de la reserva ovárica, prolongando la vida reproductiva de los animales.



**Figura 6.** Evolución de la concentración sérica de progesterona durante el ciclo estral (Día 0= estro; Día 1= ovulación) en vacas de bajo (○) y alto (■) recuento de folículos antrales. Traducida de Jimenez-Krassel *et al.*, 2009.





**Figura 7.** Descripción del crecimiento de folículos primordiales, primarios y secundarios, bajo el control paracrino y de los folículos antrales pequeños, dominante y ovulatorio bajo el control endócrino, y los posibles sitios de acción de la hormona anti-Mülleriana (AMH). La AMH actúa impidiendo que los folículos primordiales se activen (1) e inhibiendo la acción de la hormona folículo estimulante (FSH) en el reclutamiento folicular (2). Modificado de Fleming *et al.*, 2015; Visser *et al.*, 2006.

### ¿Cuál es la relación entre la AMH y el RFA?

Hay estudios que sugieren que en *Bos Taurus*, la AMH permitiría predecir la población de folículos saludables de 2 a 5 mm, que son el blanco principal de los tratamientos superovulatorios (Rico *et al.*, 2009, 2011). Estos hallazgos avalarían el uso de la concentración de AMH como un predictor de la respuesta del ovario a los tratamientos de superovulación en la vaca (Rico *et al.*, 2011). Animales con alta concentración de AMH tienen mayor respuesta folicular y ovulatoria al tratamiento, mientras que animales con baja AMH tuvieron pobre respuesta al tratamiento (Rico *et al.*, 2009). A su vez, reportes recientes observaron una asociación positiva entre AMH y fertilidad en vacas lecheras (Jimenez-Krassel *et al.*, 2015; Ribeiro *et al.*, 2014). Ribeiro *et al.*, (2014) reportaron que vacas de baja concentración de AMH tuvieron menor tasa de preñez al primer servicio.

La concentración de AMH, al igual que el RFA, es altamente repetible en el mismo individuo (Burns *et al.*, 2005; Ireland *et al.*, 2007, 2011). Existe una correlación positiva

( $r=0,88$ ) entre la concentración de AMH y el RFA (Ireland *et al.*, 2011, 2008) y a su vez con el tamaño de la reserva ovárica ( $r = 0,90$ ) en *Bos Taurus* para leche (Ireland *et al.*, 2008). En forma similar, Batista *et al.*, (2014), describen una alta correlación entre RFA y concentraciones de AMH en *Bos Indicus*.

La concentración de AMH es relativamente estable a lo largo del ciclo para cada animal, ocurriendo las mayores concentraciones alrededor del estro y después del Día 12 pos-ovulación (Batista *et al.*, 2014; Ireland *et al.*, 2008; Rico *et al.*, 2009; Rico *et al.*, 2011). Por lo que, una muestra tomada en un momento al azar del ciclo para medir AMH, puede ser considerado como un marcador fenotípico confiable. Inicialmente, se utilizaron kits de humanos para medir concentraciones de AMH en bovinos. El uso de éstos kits dio origen a algunas inexactitudes ya que en el humano las concentraciones de ésta hormona son mayores que en el bovino, los anticuerpos utilizados unen la hormona de los ruminantes con menor afinidad, y se desconoce la naturaleza del estándar usado en el kit de ELISA, lo que llevó a cuestionar la especificidad del mismo (Arouche *et al.*, 2015). Pos-

teriormente, se desarrollaron kits específicos para bovinos que permitieron levantar algunas de éstas limitantes y están disponibles en forma comercial para el análisis de ésta hormona en suero o plasma (Arouche *et al.*, 2015). Sin embargo, la estandarización de la metodología entre laboratorios referentes es clave para estimular su uso a nivel comercial.

### **¿Cómo se utiliza el dato de RFA y la concentración de AMH?**

Los primeros trabajos de RFA utilizando *Bos Taurus* categorizaron a la población animal en baja (< 15 folículos), media (16 - 25) y alta cuenta folicular (> 25 folículos) (Ireland *et al.*, 2008), sugiriendo que las hembras de la categoría de bajo RFA podrían ser descartadas por menor fertilidad. Sin embargo, la gran variabilidad del RFA entre poblaciones de vaquillonas y la gran variación del criterio de clasificación en alto, medio o bajo RFA provoca que valores que son considerados como de bajo RFA por un autor puedan ser considerados en otra categoría por otro (Morotti *et al.*, 2015). Otra desventaja de usar categorías, es que algunos animales caen en la transición entre las mismas, y que 2 o 3 folículos de diferencia en el conteo, que está dentro del límite de error de la técnica, puede determinar que un animal de RFA media, sea clasificado como de baja y por lo tanto eliminado erróneamente del rodeo por su potencial menor fertilidad. Es por esto que se debe evitar categorizar a los animales utilizando puntos de corte rígidos, porque además se pierde el poder de la información individual continua que ofrece cada animal. La información individual permitiría eliminar solamente a los animales que tienen claramente un muy bajo o muy alto RFA, lo que sería deseable si los hallazgos de Jimenez-Krassel *et al.*, (2017) se confirmaran. El uso del RFA en ganado *Bos Indicus* es más limitado, en parte porque la abundancia de folículos antrales disminuye la exactitud de la evaluación por ultrasonografía. La información existente en cruza *Taurus-Indicus* es más limitada, pero algunos autores han encontrado una alta repetibilidad en la cuenta folicular realizada

al destete, lo que permitiría seleccionar los reemplazos a edades tempranas (Morotti *et al.*, 2017). El uso de puntos de corte en las concentraciones de AMH (74-87 pg/ml) para clasificar a los animales, ha tenido utilidad en la selección de hembras destinadas al uso de biotecnologías reproductivas, ya que la técnica permite discriminar a vacas que producen alta (>15) o baja (<10) cantidad de embriones *in vivo* antes de someterlas a los tratamientos de superovulación (Rico *et al.*, 2012). Este concepto es también aplicable al ganado *Bos Indicus*, ya que animales con mayor concentración de AMH tuvieron una mayor cantidad de folículos y se aspiraron mayor número de complejos cúmulus ovocitos, que resultaron en una mayor cantidad de embriones desarrollados *in vitro*, aunque el porcentaje de blastocitos fue similar entre vacas con alta y baja concentración de la hormona (Guerreiro *et al.*, 2014). Por lo tanto, ambas herramientas han probado ser útiles a nivel de campo. Una de las ventajas del uso del RFA respecto a la AMH en sistemas de producción extensivos, es que permite tomar decisiones al pie del animal, mientras la extracción de muestras para medir la AMH requiere de varios pasos intermedios antes de obtener el dato final (colectar la muestra, centrifugarla, acondicionarla, enviarla, que sea recibida en forma correcta y procesada en el laboratorio). El uso de los kits de AMH no ha sido ampliamente adoptado a nivel comercial, y existen aspectos metodológicos como la sensibilidad, repetibilidad y aspectos prácticos de colección y almacenamiento de las muestras que deben ser ajustados (tipo de anticoagulante, tiempo al procesamiento de la muestra, temperatura de conservación; (Arouche *et al.*, 2015; Rico *et al.*, 2012)). Otro aspecto a considerar al definir la herramienta para seleccionar los reemplazos, es el costo y la información brindada por cada una.

### **¿Es posible automatizar el conteo folicular?**

La exactitud del conteo folicular depende del entrenamiento del operador y de la calidad de la imagen del ecógrafo (Viñoles *et al.*, 2004). Con algunos años de experiencia, se

puede realizar el conteo de 30 vaquillonas/hora (Viñoles, com. pers). Los programas automáticos de conteo folicular, podrían brindar una herramienta para mejorar la exactitud y velocidad de operadores con menor experiencia. Sin embargo, no existen hoy en el mercado programas de éste tipo, por lo que su desarrollo podría ser de gran utilidad para simplificar el uso de ésta herramienta de selección.

## Referencias bibliográficas

- Adams, G.P., Matteri, R.L., Kastelic, J.P., Ko, J.C., Ginther, O.J.**, 1992. Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 94, 177–188. doi:10.1530/jrf.0.0940177.
- Amundson, O.L., Fountain, T.H., Larimore, E.L., Richardson, B.N., McNeel, A.K., Wright, E.C., Keisler, D.H., Cushman, R.A., Perry, G.A., Freetly, H.C.**, 2015. Post-weaning nutritional programming of ovarian development in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 93, 5232–5239. doi:10.2527/jas2015-9067.
- Anderson, K., LeFever, D., Brinks, J., Odder, K.**, 1991. The use of reproductive tract scoring in beef heifers. *Agri Pract.* 12, 19–26.
- Arouche, N., Picard, J.Y., Monniaux, D., Jamin, S.P., Vigier, B., Josso, N., Cate, R.L., di Clemente, N., Taieb, J.**, 2015. The BOC ELISA, a ruminant-specific AMH immunoassay, improves the determination of plasma AMH concentration and its correlation with embryo production in cattle. *Theriogenology* 84, 1397–1404. doi:10.1016/j.theriogenology.2015.07.026
- Bagley, C.P.**, 1993. Nutritional management of replacement beef heifers: a review. *J Anim Sci* 71, 3155–3163.
- Batista, E.O.S., Macedo, G.G., Sala, R. V, Ortolan, M.D.D. V, Sá Filho, M.F., Del Valle, T.A., Jesus, E.F., Lopes, R.N.V.R., Rennó, F.P., Baruselli, P.S.**, 2014. Plasma antimüllerian hormone as a predictor of ovarian antral follicular population in *Bos Indicus* (nelore) and *Bos Taurus* (holstein) heifers. *Reprod. Domest. Anim.* 49, 448–452. doi:10.1111/rda.12304
- Bentancor, M., Bistolfi, A., Zerbino, L.**, 2013. Efecto del Creep Feeding y el Deste-te Temporario sobre el desarrollo de los terneros y la eficiencia reproductiva de vacas primíparas. Facultad de Veterinaria. Universidad de la República.
- Berretta, E.J., Risso, D., Montossi, F., Pigurina, G.**, 2000. Campos in Uruguay, in: Lemaire, G., Hodgson, J., de Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P.C. d F. (Eds.), *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB International, New York, USA, pp. 377–394.
- Burns, D., Jimenez-Krassel, F., Ireland, J., Knight, P., Ireland, J.**, 2005. Numbers of antral follicles during follicular waves in cattle: evidence for high variation among animals, very high repeatability in individuals, and an inverse association with serum follicle-Stimulating hormone concentrations. *Biol. Reprod.* 73, 54–62. doi:10.1095/biolreprod.104.036277
- Byerley, D.J., Staigmiller, R.B., Berardine-lli, J.G., Short, R.E.**, 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *J. Anim. Sci.* 65, 645–650.
- Cate, R., Mattaliano, R., Hession, C., Tizard, R., Farber, N., Cheung, A., Ninfa, E., Frey, A., Gash, D., Chow, E., Fisher, R., Bertoni, J., Tones, G., Walker, B., Ramachandran, K., Ragin, R., Manganaro, T., YacLaughiin, D., Donahoet, P.**, 1986. Isolation of the Bovine and Human Genes for Müllerian Inhibiting Substance and Expression of the Human Gene in Animal Cells. *Cell* 45, 685–698.

- Costa, A., Moreira, R., Scarsi, A., Ayala, W., Quintans, G.**, 2008. Efecto de tres ganancias invernales sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera (tercer año de evaluación), in: Quintans, G., Velazco, J.I., Roig, G. (Eds.), Serie Técnica No174. Seminario de Actualización Técnica: Cría Vacuna. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y tres, pp. 70–76.
- Cushman, R.A., Allan, M.F., Kuehn, L.A.**, 2008. Characterization of biological types of cattle: indicator traits offertility in beef cows. *Rev. Bras. Zootec.* 37 (spe), 116–121.
- Cushman, R.A., Allan, M.F., Kuehn, L.A., Snelling, W.M., Cupp, A.S., Freetly, H.C.**, 2009. Evaluation of antral follicle count and ovarian morphology in crossbred beef cows: investigation of influence of stage of the estrous cycle, age, and birth weight. *J. Anim. Sci.* 87, 1971–1980. doi:10.2527/jas.2008-1728
- Cushman, R.A., DeSouza, J.C., Hedgpeth, V.S., Britt, J.H.**, 1999. Superovulatory response of one ovary is related to the micro- and macroscopic population of follicles in the contralateral ovary of the Cow. *Biol. Reprod.* 60, 349–54. doi:10.1095/biolreprod60.2.349
- Cushman, R.A., McNeel, A.K., Freetly, H.C.**, 2014. The impact of cow nutrient status during the second and third trimesters on age at puberty, antral follicle count, and fertility of daughters. *Livest. Sci.* 162, 252–258. doi:10.1016/j.livsci.2014.01.033
- De Nava, G.**, 2011. Reproducción en los rodeos de cría pastoriles: el enfoque de un veterinario de campo, in: XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. pp. 68–77.
- Durlinger, A., Gruijters, M., Kramer, P., Karels, B., Kumar, T., Matzuk, M., Rose, U., de Jong, F., Uilenbroek, J., Grootegoed, J., Them-men, A.**, 2001. Anti-mullerian hormone attenuates the effects of FSH on follicle development in the mouse ovary. *Endocrinology* 142, 4891–4899.
- Engelken, T.J.**, 2008. Developing replacement beef heifers. *Theriogenology* 70, 569–572. doi:10.1016/j.theriogenology.2008.05.032
- Evans, A., Adams, G., Rawlings, N.**, 1994. Follicular and hormonal development in pre-pubertal heifers from 2 to 36 weeks of age. *J. Reprod. Fertil.* 102, 463–470. doi:10.1530/jrf.0.1020463
- Evans, A.C., O., Mossa, F., Walsh, S.W., Scheetz, D., Jimenez-Krassel, F., Ireland, J.L.H., Smith, G.W., Ireland, J.J.**, 2012. Effects of maternal environment during gestation on ovarian folliculogenesis and consequences for fertility in bovine offspring. *Reprod. Domest. Anim.* 47, 31–37. doi:10.1111/j.1439-0531.2012.02052.x
- Fleming, R., Seifer, D.B., Frattarelli, J.L., Ruman, J.**, 2015. Assessing ovarian response: antral follicle count versus anti-Müllerian hormone. *Reprod. Biomed. Online* 31, 486–496. doi:10.1016/j.rbmo.2015.06.015.
- Fortune, M., Yang, M., Muruvi, W.**, 2010. The Eairlyst of Follicular Developnt: Follicle Formation and Activation. *Reprod. Domest. Ruminants VII.* 203–216.
- Freetly, H.C., Kuehn, L.A., Cundiff, L. V.**, 2011. Growth curves of crossbred cows sired by hereford, angus, belgian blue, brahman, boran, and tuli bulls, and the fraction of mature body weight and height at puberty. *J. Anim. Sci.* 89, 2373–2379. doi:10.2527/jas.2011-3847.
- Garverick, H., Juengel, J., Smith, P., Heath, D., Burkhart, M., Perry, G., Smith, M., McNatt, K.**, 2010. Development of the Ovary and Ontogeny of mRA Protein for P450 aromatase (arom) and Estrogen Receptors (ER) Alpha and Beta During Fetal Lfe in Cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 117, 24–33.
- Ginther, O., Kastelic, J., Knopf, L.**, 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 20, 187–200.

- Ginther, O., Kot, K., Kulick, L., Martin, S., Wiltbank, M.**, 1996. Relationships between FSH and ovarian follicular waves during the last six months of pregnancy in cattle. *J. Reprod. Fertil.* 108, 271–290.
- Guerreiro, B.M., Batista, E.O.S., Vieira, L.M., Sá Filho, M.F., Rodrigues, C.A., Castro Netto, A., Silveira, C.R.A., Bayeux, B.M., Dias, E.A.R., Monteiro, F.M., Accorsi, M., Lopes, R.N.V.R., Baruselli, P.S.**, 2014. Plasma anti-mullerian hormone: an endocrine marker for *in vitro* embryo production from *Bos Taurus* and *Bos Indicus* donors. *Domest. Anim. Endocrinol.* 49, 96–104. doi:10.1016/j.domaniend.2014.07.002.
- Guggeri, D., Meikle, A., Carriquiry, M., Montossi, F., De Barbieri, I., Viñoles, C.**, 2014. Effect of different management systems on growth, endocrine parameters and puberty in Hereford female calves grazing Campos grassland. *Livest. Sci.* 167, 455–462. doi:10.1016/j.livsci.2014.06.026.
- Hickson, R.E., Kenyon, P.R., Lopez-Villalobos, N., Morris, S.T.**, 2008. Effects of liveweight gain during pregnancy of 15-month-old angus heifers on dystocia and birth weight, body dimensions, estimated milk intake and weaning weight of the calves. *New Zeal. J. Agric. Res.* 51, 171–180. doi:10.1080/00288230809510445.
- Hickson, R.E., Morris, S.T., Kenyon, P.R., Lopez-Villalobos, N.**, 2006. Dystocia in beef heifers: A review of genetic and nutritional influences. *N. Z. Vet. J.* 54, 256–264. doi:10.1080/00480169.2006.36708.
- Holm, D.E., Thompson, P.N., Irons, P.C.**, 2009. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 87, 1934–1940. doi:10.2527/jas.2008-1579.
- Huges, H.**, 2013. Replacement heifer economic considerations. *Vet. Clin. North Am. - Food Anim. Pract.* 29, 643–652.
- Ireland, J., Scheetz, D., Jimenez-Krassel, F., Themmen, A., Ward, F., Lonergan, P., Smith, G., Perez, G., Evans, A., Ireland, J.**, 2008. Antral follicle count reliably predicts number of morphologically healthy oocytes and follicles in ovaries of young adult cattle. *Biol. Reprod.* 79, 1219–1225. doi:10.1095/biolreprod.108.071670.
- Ireland, J., Smith, G., Scheetz, D., Jimenez-Krassel, F., Folger, J., Ireland, J., Mossa, F., Lonergan, P., Evans, A.**, 2011. Does size matter in females? An overview of the impact of the high variation in the ovarian reserve on ovarian function and fertility, utility of anti-Müllerian hormone as a diagnostic marker for fertility and causes of variation in the ovarian reserve in. *Reprod. Fertil. Dev.* 23, 1–14. doi:10.1071/RD10226.
- Ireland, J.J., Ward, F., Jimenez-Krassel, F., Ireland, J.L.H., Smith, G.W., Lonergan, P., Evans, A.C.O.**, 2007. Follicle numbers are highly repeatable within individual animals but are inversely correlated with FSH concentrations and the proportion of good-quality embryos after ovarian stimulation in cattle. *Hum. Reprod.* 22, 1687–1695. doi:10.1093/humrep/dem071.
- Jimenez-Krassel, F., Folger, J.K., Ireland, J.L.H., Smith, G.W., Hou, X., Davis, J.S., Lonergan, P., Evans, A.C.O., Ireland, J.J.**, 2009. Evidence that high variation in ovarian reserves of healthy young adults has a negative impact on the corpus luteum and endometrium during estrous cycles in cattle. *Biol. Reprod.* 80, 1272–1281. doi:10.1095/biolreprod.108.075093.
- Jimenez-Krassel, F., Scheetz, D.M., Neuder, L.M., Ireland, J.L.H., Pursley, J.R., Smith, G.W., Tempelman, R.J., Ferris, T., Roudebush, W.E., Mossa, F., Lonergan, P., Evans, A.C.O., Ireland, J.J.**, 2015. Concentration of anti-Müllerian hormone in dairy heifers is positively associated with productive herd life. *J. Dairy Sci.* 98, 3036–45. doi:10.3168/jds.2014-8130.

**Jimenez-Krassel, F., Scheetz, D.M., Neuder, L.M., Pursley, J.R., Ireland, J.J., 2017.** A single ultrasound determination of  $\geq 25$  follicles  $\geq 3$  mm in diameter in dairy heifers is predictive of a reduced productive herd life. *J. Dairy Sci.* 100, 5019–5027. doi:10.3168/jds.2016-12277.

**La Marca, A., Volpe, A., 2006.** Anti-Müllerian hormone (AMH) in female reproduction: is measurement of circulating AMH a useful tool? *Clin Endocrinol* 64, 603–610.

**Martinez, M.F., Sanderson, N., Quirke, L.D., Lawrence, S.B., Juengel, J.L., 2016.** Association between antral follicle count and reproductive measures in New Zealand lactating dairy cows maintained in a pasture-based production system. *Theriogenology* 85, 466–475. doi:10.1016/j.theriogenology.2015.09.026.

**McNeel, A.K., Soares, É.M., Patterson, A.L., Vallet, J.L., Wright, E.C., Larimore, E.L., Amundson, O.L., Miles, J.R., Chase, C.C., Lents, C.A., Wood, J.R., Cupp, A.S., Perry, G.A., Cushman, R.A., 2017.** Beef heifers with diminished numbers of antral follicles have decreased uterine protein concentrations. *Anim. Reprod. Sci.* 179, 1–9. doi:10.1016/j.anireprosci.2017.01.004.

**Monniaux, D., Clément, F., Dalbiès-Tran, R., Estienne, A., Fabre, S., Mansanet, C., Monget, P., 2014.** The ovarian reserve of primordial follicles and the dynamic reserve of antral growing follicles: what is the link? *Biol. Reprod.* 90, 85. doi:10.1095/biolreprod.113.117077.

**Morotti, F., Barreiros, T.R.R., Machado, F.Z., González, S.M., Marinho, L.S.R., Seneda, M.M., 2015.** Is the number of antral follicles an interesting selection criterion for fertility in cattle? 479–486.

**Morotti, F., Santos, G.M.G., Júnior, C.K., Silva-Santos, K.C., Roso, V.M., Seneda, M.M., 2017.** Correlation between phenotype, genotype and antral follicle population in beef heifers. *Theriogenology* 91, 21–26. doi:10.1016/j.theriogenology.2016.12.025.

**Mossa, F., Carter, F., Walsh, S.W., Kenny, D.A., Smith, G.W., Ireland, J.L.H., Hildebrandt, T.B., Lonergan, P., Ireland, J.J., Evans, A.C.O., 2013.** Maternal undernutrition in cows impairs ovarian and cardiovascular systems in their offspring. *Biol. Reprod.* 8892, 1–9. doi:10.1095/biolreprod.112.107235.

**Mossa, F., Walsh, S.W., Butler, S.T., Berry, D.P., Carter, F., Lonergan, P., Smith, G.W., Ireland, J.J., Evans, A.C.O., 2012.** Low numbers of ovarian follicles  $\geq 3$  mm in diameter are associated with low fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95, 2355–61. doi:10.3168/jds.2011-4325.

**Perry, G.A., Cushman, R., 2013.** Effect of age at puberty/conception date on cow longevity. *Vet. Clin. North Am. - Food Anim. Pract.* 29, 579–590. doi:10.1016/j.cvfa.2013.07.011.

**Porto-Neto, L.R., Edwards, S., Fortes, M.R.S., Lehnert, S.A., Reverter, A., McGowan, M., 2015.** Genome-wide association for the outcome of fixed-time artificial insemination of Brahman heifers in northern Australia. *J. Anim. Sci.* 93, 5119–5127. doi:10.2527/jas.2015-9401.

**Quintans, G., 2016.** Diagnóstico de actividad ovárica: una herramienta que debemos conocer, in: *Revista INIA No 47*. pp. 13–14.

**Quintans, G., Vaz Martins, D., Carriquiry, E., 1993.** Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de ternera. *Jorn. Campo Nat.* 1993, Treinta y Tres, UY. *Campo Nat. Estrateg. invernal, manejo y Supl. Treinta y Tres INIA* 35–53.

- Rajakoski, E.**, 1960. Ovarian follicular system in sexually mature heifers with especial reference to seasonal, cyclical and left-right. *Acta Endocrinol.* 34, 1–68.
- Ribeiro, E.S., Bisinotto, R.S., Lima, F.S., Greco, L.F., Morrison, A., Kumar, A., Thatcher, W.W., Santos, J.E.P.**, 2014. Plasma anti-Müllerian hormone in adult dairy cows and associations with fertility, *Journal of Dairy Science*. Elsevier. doi:http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-7908.
- Rico, C., Drouilhet, L., Salvetti, P., Dalbis-Tran, R., Jarrier, P., Touz, J.L., Pillet, E., Ponsart, C., Fabre, S., Monniaux, D.**, 2012. Determination of anti-Müllerian hormone concentrations in blood as a tool to select Holstein donor cows for embryo production: From the laboratory to the farm. *Reprod. Fertil. Dev.* 24, 932–944. doi:10.1071/RD11290.
- Rico, C., Fabre, S., Médigue, C., di Clemente, N., Clément, F., Bontoux, M., Touzé, J.-L., Dupont, M., Briant, E., Rémy, B., Beckers, J.-F., Monniaux, D.**, 2009. Anti-müllerian hormone is an endocrine marker of ovarian gonadotropin-responsive follicles and can help to predict superovulatory responses in the cow. *Biol. Reprod.* 80, 50–59. doi:10.1095/biolreprod.108.072157.
- Rico, C., Médigue, C., Fabre, S., Jarrier, P., Bontoux, M., Clément, F., Monniaux, D.**, 2011. Regulation of Anti-Müllerian Hormone Production in the Cow: A Multiscale Study at Endocrine, Ovarian, Follicular, and Granulosa Cell Levels<sup>1</sup>. *Biol. Reprod.* 84, 560–571. doi:10.1095/biolreprod.110.088187.
- Rosenkrans, K.S., Hardin, D.K.**, 2003. Repeatability and accuracy of reproductive tract scoring to determine pubertal status in beef heifers. *Theriogenology* 59, 1087–1092.
- Savio, J., Boland, M., Roche, J.**, 1990. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *Reprod. Fertil.* 88(2):581-591.
- Savio, J., Keenan, L., Boland, M., Roche, J.**, 1988. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 83:663-671.
- Scaramuzzi, R., Baird, D., Campbell, B., Driancourt, M., Dupont, J., Fortune, J., Gilchrist, R., Martin, G., McNatty, K., McNeilly, A., Monget, P., Monniaux, D., Driancourt, M.-A., Viñoles, C., Weeb, R.**, 2011. Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.* 23: 444–467.
- Schillo, K.K., Hall, J.B., Hileman, S.M.**, 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *J Anim Sci* 70, 3994–4005.
- Sirois, J., Fortune, J.E.**, 1988. Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biol. Reprod.* 39:308–317.
- Snelling, W.M., Cushman, R.A., Fortes, M.R.S., Reverter, A., Bennett, G.L., Keele, J.W., Kuehn, L. a, McDaniel, T.G., Thallman, R.M., Thomas, M.G.**, 2012. Physiology and Endocrinology Symposium: How single nucleotide polymorphism chips will advance our knowledge of factors controlling puberty and aid in selecting replacement beef females. *J. Anim. Sci.* 90, 1152–65. doi:10.2527/jas.2011-4581.
- Soares de Lima, J., Montossi, F.**, 2012. La cría vacuna en la nueva realidad ganadera: análisis y propuestas de INIA. *Rev. INIA* 31, 6–10.
- Soca, P., Orcasberro, R.**, 1992. Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura del pasto y aplicación de destete temporario. *Jorn. Prod. Anim. Paysandú Evaluación Física y Económica Altern. Tecnológicas para la cría en predios Ganad.* 54–56.

- Tessaro, I., Luciano, A.M., Franciosi, F., Lodde, V., Corbani, D., Modina, S.C.**, 2011. The endothelial nitric oxide synthase/nitric oxide system is involved in the defective quality of bovine oocytes from low mid-antral follicle count ovaries. *J. Anim. Sci.* 89, 2389–2396. doi:10.2527/jas.2010-3714.
- Viñoles, C.**, 2016. Desafíos del entore de 14 meses. *Rev. INIA Uruguay* 6–9.
- Viñoles, C., Banchemo, G., Quintans, G., Pérez-Clariget, R., Soca, P., Ungerfeld, R., Bielli, A., Fernández Abella, D., Formoso, D., Pereira Machín, M., Meikle, A.**, 2009. Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. *Agrociencia* 13, 59–79.
- Viñoles, C., Giorello, D., Soares de Lima, J., Montossi, F.**, 2012. Alternativas para incrementar la eficiencia de los sistemas de cría. Suplementación exclusiva del ternero al pie de la madre (creep feeding). *Rev. INIA* 29, 5–8.
- Viñoles, C., Jaurena, M., De Barbieri, I., Do Carmo, M., Montossi, F.**, 2013. Effect of creep feeding and stocking rate on the productivity of beef cattle grazing grasslands. *New Zeal. J. Agric. Res.* 56, 279–287. doi:10.1080/00288233.2013.840320.
- Viñoles, C., Meikle, A., Forsberg, M.**, 2004. Accuracy of evaluation of ovarian structures by transrectal ultrasonography in ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 80, 69–79. doi:10.1016/S0378-4320(03)00141-6.
- Visser, J.A., de Jong, F.H., Laven, J.S.E., Themmen, A.P.N.**, 2006. Anti-Müllerian hormone: a new marker for ovarian function. *Reproduction* 131, 1–9. doi:10.1530/rep.1.00529.
- Visser, J.A., Themmen, A.P.N.**, 2004. Anti-Müllerian hormone and folliculogenesis, in: *Molecular and Cellular Endocrinology*. pp. 81–86. doi:10.1016/j.mce.2004.09.008.
- Walsh, S.W., Mossa, F., Butler, S.T., Berry, D.P., Scheetz, D., Tempelman, R.J., Carter, F., Lonergan, P., Evans, A.C.O., Ireland, J.J.**, 2014. Heritability and impact of environmental effects during pregnancy on antral follicle count in cattle. *J. Dairy Sci.* 97, 4503–4511. doi:10.3168/jds.2013-7758.
- Wiltbank, J.N., Roberts, S., Nix, J., Rowden, L.**, 1985. Reproductive performance and profitability of heifers fed to weigh 272 or 318 kg at the start of the first breeding season. *J. Anim. Sci.* 60, 25–34.