

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Informe de Trabajo Final para optar al Grado de Médico Veterinario

Modalidad: Trabajo de Investigación.

**Relación entre número de folículos antrales, amplitud de cadera y la respuesta a un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en hembras bovinas, al primer servicio.**

Tassone, Francisco

DNI: 38.022.332

Director: M.V Msc Laura Macor

Co-Director: M.V Carlos H. Peñafort

Río Cuarto- Córdoba

Diciembre de 2018.

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

Título del Trabajo Final: Relación entre número de folículos antrales, amplitud de cadera y la respuesta a un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en hembras bovinas, al primer servicio.

Autor: Tassone, Francisco

DNI: 38.022.332

Director: M.V Msc Laura Macor

Co-Director: M.V Carlos H. Peñafort

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

\_\_\_\_\_  
(Nombres) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## **DEDICATORIA**

A mi querida mamá, por su apoyo incondicional a toda hora, por ser mi estímulo y fuente de inspiración cuando las cosas marchaban bien o no tanto, por su esfuerzo diario, por darlo todo para que sea feliz.

A mi papá, que junto a mamá me enseñaron del esfuerzo para conseguir las metas, y que me bancaron durante estos años, sin dejarme faltar nada.

A mi hermana, por convivir juntos durante estos años, lejos de casa y por su comprensión.

A mi abuela negra, que siempre nos puso en primer lugar a sus nietos, sin dejarnos faltar nada, y acompañándonos siempre en todo.

¡GRACIAS! Sin ustedes, este sueño hubiese sido imposible.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la M.V. Msc Laura Macor, mi Directora del trabajo final de grado, por su compromiso, dedicación y enseñanza continua.

Al M.V. Carlos H. Peñafort, Co-Director del presente trabajo, por su gentileza y generosidad para contactarme con Laura, y sobre todo por su calidad humana.

Al M.V Emanuel Muñoz, por su voluntarioso trabajo realizando las evaluaciones ecográficas.

A los propietarios y personal de trabajo del Establecimiento La Eloisa por ceder los animales a investigar.

## RESUMEN

La fertilidad en ganadería bovina de carne define que un sistema sea viable o no desde el punto de vista productivo y económico. La mayoría de los criterios de selección para fertilidad tienen una heredabilidad baja. Actualmente hay dos criterios de selección: grado de desarrollo reproductivo y número de folículos antrales previo al servicio, fácilmente medibles con heredabilidad moderada 0,31 y 0,35 respectivamente. Otro carácter con heredabilidad media es la amplitud de cadera utilizándose como una medida indirecta de fertilidad. La genética cuantitativa a través de la heredabilidad, varianza, repetibilidad, permiten vislumbrar la complejidad de seleccionar por fertilidad, comprendiendo los efectos ambientales que afectan el genotipo y fenotipo. El presente trabajo evaluó mediante ultrasonografía el número de folículos antrales preservicio -considerado un marcador biológico de fertilidad- en vaquillonas Aberdeen Angus. Se clasificó a las hembras en alto y bajo recuento folicular, siendo variable pero de alta repetibilidad. Por último las hembras se sometieron a un protocolo de IATF, y constatada su preñez a los 28 días. Conjuntamente se les realizó medición de amplitud de cadera. Finalmente se analizaron las mediciones, las cuales informaron que hembras con mayor ancho de cadera eran las que presentaban una dotación folicular superior, estas eran las que respondían peor al protocolo de IATF dando menores tasas de concepción frente a las de bajo recuento folicular.

## SUMMARY

Fertility in beef cattle defines that a system is viable or not from the productive and economic point of view. Most of the selection criteria for fertility have a low heritability. Currently there are two selection criteria like; degree of reproductive development and number of antral follicles prior to service, easily measurable with moderate heritability 0.31 and 0.35 respectively. Another character with medium heritability is the hip amplitude used as an indirect measure of fertility. Quantitative genetics through heritability, variance, repeatability, allow us to glimpse the complexity of selecting for fertility, understanding the environmental effects that affect the genotype and phenotype. The present work evaluated by ultrasonography the number of antral follicles -considered a biological marker of fertility- preservice in heifers Aberdeen Angus. The females were classified in high and low follicular count, being variable but of high repeatability. Finally, the females were submitted to an IATF protocol, and their pregnancy was confirmed after 28 days. Together they were measured hip amplitude. Finally, the measurements were analyzed, which reported that females with greater hip width were those with superior follicular endowment, these were the ones that responded worse to the IATF protocol, giving lower conception rates than those with low follicular count.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	27
HIPÓTESIS.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIÓN.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de heredabilidades estimadas de los rasgos reproductivos habitualmente utilizadas en razas de carne.....	7
Tabla 3.1: Comparación entre vaquillonas con ARF y BRF y su resultado a la preñez con servicio natural o IATF .....	34
Tabla 3.2: Respuesta a la IATF según valores medios de amplitud de cadera.....	34
Tabla 3: Comparación entre el promedio de amplitud de cadera en centímetros según ARF o BRF.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Firura 2.1: Imagen ultrasonográfica del ovario y folículos antrales.....	30
Figura 2.2: M.V Emanuel Muñoz realizando ecografías.....	30
Figura 2.3: Medición de amplitud de cadera.....	31
Figura 2.4: Vaquillonas Angus Negro de 18-20 meses, Est. La Eloisa, Jovita, Cba.....	32
Figura 2.5: Ubicación Est. La Eloisa.....	32
Figura 3.1: Diagrama de cajas entre tipo de preñez y amplitud de cadera.....	35
Figura 3.2: Diagrama de cajas entre tipo de preñez y número de folículos.....	36

## LISTADO DE ABREVIATURAS

AMH: Hormona Antimulleriana.

ARF: Alto recuento folicular.

B.E: Benzoato de Estradiol.

BRF: Bajo recuento folicular.

C.E: Cipionato de Estradiol.

CL: Cuerpo Luteo.

DEP: Diferencia esperada de progenie.

FSH: Hormona Foliculoestimulante.

GnRH: Hormona Liberadora de Gonadotrofinas.

H2: Heredabilidad.

IATF: Inseminación artificial a tiempo fijo.

LH: Hormona Luteinizante.

PGF2A: Prostaglandina F2 Alfa

RFA: Recuento de folículos antrales.



## I. INTRODUCCIÓN

Argentina, históricamente fue reconocida como “el país de las vacas”, siendo uno de los principales productores de carne bovina del mundo. Dentro de esta actividad económica, tiene una alta relevancia la fertilidad en los bovinos, siendo un parámetro que define en la mayoría de los casos que un sistema sea viable o no desde el punto de vista productivo y económico. El problema radica, en que son pocos los ganaderos y profesionales ligados a la actividad que a la hora de seleccionar sus reproductores tienen en cuenta a la fertilidad a través de un programa genético, con la magnitud que ello representa, de hecho algunos la pasan por alto, o bien se basan en el empirismo. Sin embargo, la eficiencia reproductiva de un rodeo de cría es cinco veces más importante que la eficiencia productiva y diez veces más importante que la calidad de la carcasa. (Burns *et al.* 2015). En contraste, solamente el diez por ciento (10%) de la variación en la reproducción responde a la variación genética. El proceso de selección genética tiene como efecto básico el cambio de frecuencias en los genes de la población, no obstante estos cambios son difíciles de observar a corto plazo si la heredabilidad de los criterios de selección utilizado es baja (Cushman *et al.* 2015).

Se conoce que la mayoría de los criterios de selección asociados a mejorar la fertilidad en los sistemas tienen una heredabilidad muy baja: edad a la pubertad, edad al primer parto, fecha de parición, tamaño del folículo ovulatorio, porcentaje de preñez a la primera inseminación artificial, intervalos parto-primer servicio y parto-concepción, largo de gestación, porcentaje de parición y destete, tasa de preñez, porcentaje de distocia, prolificidad, longevidad y permanencia en el rodeo. En la actualidad se han detectado otros criterios de selección como el Grado de Desarrollo Reproductivo (Morotti *et al.* 2017) y el número de folículos antrales previo al servicio, esta es una variable fácilmente medible con heredabilidad moderada 0,31 y 0,35 respectivamente. Para comprender correctamente la respuesta a la selección de los distintos caracteres, particularmente los relacionados a la fertilidad, es de suma importancia desglosar los temas que aborda la genética cuantitativa. Esta disciplina aborda y permite entender el porqué es tan compleja la selección en una población, y la magnitud que tiene en los resultados futuros de un rodeo.

El genotipo es el conjunto particular de genes del individuo; y el ambiente son todas las circunstancias no genéticas que influyen en el valor fenotípico. El genotipo y el ambiente son por definición los únicos determinantes del valor fenotípico. Los dos componentes del valor fenotípico asociados con el genotipo y el ambiente son el valor genotípico y la desviación ambiental, de esta

forma podemos pensar que el genotipo le confiere un cierto valor al individuo, y el ambiente produce una desviación de dicho valor. El beneficio del concepto de “efecto medio” proviene del hecho de que los padres transmiten sus genes y no su genotipo a los hijos, por lo tanto son los efectos medios de los genes de los padres los que determinan el valor genotípico medio de sus hijos. Al valor de un individuo juzgado por el valor medio de sus hijos se llama “valor mejorante” del individuo, y este, a diferencia del efecto medio se puede mensurar. Al valor mejorante se lo llama a veces valor genotípico aditivo. El valor mejorante de un individuo es el promedio de valores mejorante de sus padres (Falconer *et al.* 1996).

Los factores ambientales son de dos tipos, los que denominamos efectos sistemáticos, llamados también efectos fijos, y que actúan aumentando o disminuyendo el valor de un carácter en todos los individuos (por ejemplo, el efecto del verano deprime el crecimiento de los animales y el invierno tiene un efecto favorable), y los efectos aleatorios, que están causados por infinidad de pequeños factores con un peso muy pequeño cada uno de ellos, y que inciden aleatoriamente sobre los individuos aumentando o disminuyendo el valor del carácter o caracteres en los que se está interesado. Los efectos ambientales aleatorios, por estar causados por varios factores independientes de pequeño efecto cada uno de ellos, se distribuyen con arreglo a una ley Normal, de acuerdo al Teorema Central del Límite. Por la misma razón, si el carácter sólo está determinado por genes menores, los efectos genéticos se distribuyen de forma Normal, y el valor fenotípico también (Falconer *et al.* 1996). Así como el efecto medio es una propiedad del gen y de la población, el valor mejorante es una propiedad del individuo y de la población de la cual se obtuvieron sus parejas. En la transmisión de los caracteres, según el cual coexisten genes mayores, con un gran efecto en el carácter, con genes menores que tienen un efecto individual inapreciable pero que juntos producen una variación sustancial en el carácter. Cuando el número de genes que determinan un carácter aumenta, las posibilidades de nuevos genotipos aumentan también.

La cantidad de variación, se mide y expresa a través de la varianza. Cuando los valores se dan como desviaciones de la media poblacional, la varianza se estima como la media de dichos valores al cuadrado.

A su vez puede sumarse el término  $cov(G, E)$  ó covarianza del genotipo y ambiente. Este es distinto de cero cuando hay una asociación entre los valores genotípicos y los ambientales. Por ejemplo, frecuentemente los criadores o cabañas que compran semen de alto valor genético, crían a las hijas obtenidas con ese semen, dándoles cuidados particulares, puesto que es un animal en que han apostado mucho. Así, los mejores valores ambientales van a parar a las hijas con el mejor valor genotípico, creándose una covarianza positiva que, al no ser tenida en cuenta al evaluar a los animales, genera una sobrevaloración de estas hijas (este fenómeno, conocido como tratamiento preferencial no declarado, es uno de los problemas más graves de la evaluación de reproductores. Esta covarianza se procura, pues, que desaparezca en la evaluación de reproductores. Las estimaciones de la heredabilidad pueden también verse afectadas por la presencia de esta covarianza.

$$V_p = V_g + V_e \quad 1.1$$

Donde  $V_p$ : *varianza fenotípica total*.  $V_g$ : *varianza genotípica*.  $V_e$ : *varianza de la desviación ambiental*.

La partición de la varianza (Ecuación 1.1). en componentes nos permite estimar la importancia relativa de los distintos determinantes del fenotipo, en particular el papel de la herencia frente al ambiente:  $V_p$ : Varianza fenotípica,  $V_g$ : Varianza genotípica,  $V_a$ : Varianza aditiva,  $V_d$ : Varianza dominante,  $V_e$ : Varianza ambiental,  $V_i$ : Varianza epistática.

El cociente entre  $V_a$  y  $V_p$  ( $\frac{V_a}{V_p}$ ) expresa el grado en el que los fenotipos están determinados por los genes transmitidos por los padres, a este cociente se lo denomina heredabilidad en sentido estricto o heredabilidad, la importancia de este parámetro radica en el grado de parecido entre parientes y es por lo tanto de suma importancia en los programas de mejora genética (Falconer *et al.* 1996). Los distintos genotipos de las poblaciones pueden ser más o menos sensibles a la influencia ambiental y pueden por lo tanto mostrar mayor o menor varianza ambiental. Se ha observado por ejemplo que algunos caracteres son más variables en individuos de líneas de consanguinidad homocigóticas que en individuos cruzados heterocigóticos, siendo los homocigóticos más sensibles a las diferencias ambientales. Para poder comprender las causas del parecido entre parientes, la varianza genotípica debe dividirse en Valor mejorante aditivo, desviación dominante e interacción epistática (Ecuación 2.2).

$$V_g = V_a + V_d + V_i \quad 2.2$$

Donde la varianza aditiva ( $V_a$ ) es el componente más importante, puesto que es la causa principal del parecido entre parientes y por lo tanto el principal determinante de las propiedades genéticas observables en la población y de la respuesta a la selección. Más aún, es el único componente que puede estimarse directamente a partir de las observaciones realizadas en la población. La estimación de la varianza aditiva se basa en la observación del grado de parecido entre parientes (Molinuevo. 2005).

Correlación e interacción entre genotipo y ambiente es otro parámetro a considerar; una diferencia específica del ambiente tiene el mismo efecto en distintos genotipos, o en otras palabras podemos asociar una cierta desviación ambiental con una diferencia específica de ambiente, independientemente del genotipo sobre el que actúa. Pero cuando esto no es así, puede que una diferencia específica de ambiente tenga un mayor efecto sobre un genotipo que sobre otro, o puede haber un cambio de orden de valores de una serie de genotipos cuando se miden en diferentes ambientes, por ejemplo: el genotipo A puede ser superior al genotipo B en un ambiente X, pero inferior en el ambiente Y. La interacción del genotipo con el ambiente puede estudiarse en detalle cuando son criados en ambientes específicos; si se pudieran replicar los genotipos para lograr individuos genéticamente iguales, y criarlos en ambientes diferentes, al medir la varianza podremos inferir si hubo una interacción entre el genotipo y el ambiente, si no hubiese interacción, el mejor genotipo en un ambiente determinado, será el mejor genotipo en todos los demás, pero de lo contrario, si hubiese interacción y esta es grande, se deben buscar genotipos particulares para ambientes particulares.

Hay otro concepto, el de sensibilidad ambiental, donde determinados genotipos puede tener efectos distintos sobre una misma diferencia ambiental. La única forma en la que se pueden valorar los ambientes es a través del valor medio de todos los genotipos, en otras palabras, la media de un ambiente es la media de todos los genotipos en ese ambiente, esto es lo que se denomina "valor ambiental". La varianza ambiental ( $V_e$ ) engloba toda la variación de origen no genético, que puede estar originada por una gran variedad de causas y su naturaleza depende en gran medida del carácter y del individuo en estudio. Los factores climáticos y los relacionados con la nutrición son las causas externas más comunes de variación ambiental. Los efectos maternos son otra fuente de variación que en algunas ocasiones es importante, particularmente en los mamíferos, pero esta es más difícil de controlar. Los efectos maternos incluyen las diferencias de la madre sobre sus hijos, ya sean prenatales o post parto y principalmente están relacionadas a la nutrición.

Cuando la medición de los caracteres se hacen mediante unidades de peso o longitud, generalmente la variación no tiene un error significativo, pero cuando las medidas tienen que ser encuadradas en clases mediante valoraciones subjetivas, como por ejemplo calidad de la canal, aquí puede haber un grado de error mayor, que termine afectando la precisión del carácter. De la misma forma existe una cantidad sustancial de variaciones no genéticas cuyas causas se desconocen, y que por lo tanto no pueden ser eliminadas por los modelos experimentales, esta variación es la que normalmente se conoce como variación intangible. Sin embargo, también puede surgir la variación del desarrollo, es decir variaciones que no pueden atribuirse a circunstancias externas, sino que se tiende a adjudicárselas a "accidentes" o "errores" del desarrollo como causa general (Molinuevo. 2005). Los caracteres cuya variación intangible es predominante debida al desarrollo, son los de carácter anatómico (estructura anatómica). Por el contrario, los caracteres más susceptibles a las influencias del ambiente externo son los relacionados con los procesos metabólicos, tales como el crecimiento, la fecundidad y la lactación. A los efectos comunes que producen sobre los caracteres medidos el hecho de haber compartido el mismo ambiente materno se les conoce como "efectos maternos", y generan un parecido entre parientes cuyo origen no es genético; aquí aparece una covarianza positiva de tipo ambiental entre hermanos.

Si se relacionan la varianza genética aditiva y la varianza fenotípica, surge el concepto de heredabilidad (Ecuación 3.1)

$$h^2 = V_a/V_p \quad 3.1$$

La heredabilidad ( $h^2$ ) de un carácter métrico o medible es el parámetro más importante a tener en cuenta cuando se implementa cualquier tipo de programa de mejoramiento genético. Es importante porque determina con qué ritmo se modifica la media poblacional, y cómo evoluciona la población, en respuesta a la selección natural o artificial. Con ella se expresa la proporción de la varianza total debida a las diferencias en valor mejorante (es el valor de un individuo para un carácter, juzgado por el valor medio de sus hijos para ese mismo carácter) que son las que determinan el parecido entre parientes. Sin embargo, el aspecto más destacable de la heredabilidad es su "función predictiva" ya que representa el grado en que el valor fenotípico proporciona una indicación fiable del valor mejorante (Falconer *et al.* 1996). Por lo tanto, a la hora de aplicar mejoramiento genético animal, o sea a la hora de elegir fenotípicamente los padres de los rodeos a mejorar, solo vamos a poder predecir lo que ocurrirá a partir del conocimiento de la

correspondencia entre los valores fenotípicos y mejorantes. Esa correspondencia, justamente es lo que mide la heredabilidad.

Dada la importancia de lo escrito con anterioridad, es por ello que la heredabilidad figura en casi todas las fórmulas ligadas a los métodos de mejora, por lo tanto muchos sistemas de mejoramiento genético se basan en la magnitud del valor de heredabilidad. Con miras a la selección, una definición más útil de la heredabilidad debería referirse a la parte de la variación observada, que se debe a los valores aditivos, que son al fin y al cabo los que pasan a la descendencia, puesto que las interacciones genéticas no se heredan. Es importante destacar que la heredabilidad no solo es una propiedad del carácter, sino también de la población, así como de las condiciones ambientales en las que los individuos se desarrollan y de la forma en la que se evalúa el fenotipo.

El valor de la heredabilidad depende de la magnitud de todos los componentes de la varianza y por lo tanto se verá afectado por cualquier variación en ellos. Se puede decir por lo tanto que el valor de la heredabilidad de un carácter determinado se refiere a una población y unas condiciones ambientales concretas, y que los valores que pudieran calcularse en otras poblaciones o circunstancias serán más o menos parecidos, dependiendo del grado de semejanza de la estructura poblacional y de las características del medio donde se encuentren. Estos valores oscilan entre 0 y 1, mientras más próxima esté a este último, se hablará de mayor heredabilidad. A su vez según el rango de valores podemos clasificarla en  $h^2$  alta,  $h^2$  media,  $h^2$  baja. Si un carácter tiene una heredabilidad elevada, la variación que se observa en la población tiene causas genéticas y el ambiente influye poco en el carácter, por lo que un individuo con valores observados elevados será también, por término medio, un individuo con valores genéticos elevados, mientras que si la heredabilidad es baja, un individuo con valores genéticos elevados será difícil de detectar, puesto que en este caso la variación entre los distintos individuos que se observa se debe esencialmente a causas ambientales. En general, los caracteres reproductivos suelen tener heredabilidades bajas (menos de 0.1), los de crecimiento moderadas (0.2 a 0.4) y los de contenido en carne de la canal altas (0.5 a 0.6) (Tabla 1.1).

**Tabla N°1: Resumen de heredabilidades estimadas de los rasgos reproductivos habitualmente utilizadas en razas de carne.**

<b>Rasgo</b>	<b>Heredabilidad</b>	<b>Referencias</b>
Edad al primer parto	Menor a 0.10	Smith <i>et al.</i> 1989.
	0.20 a 0.30	Morris <i>et al.</i> 1992.
Edad a la pubertad	Menor a 0.10	McInerney 1977.
	0.10 a 0.20	Arije y Wiltbank 1971.
	0.40 a 0.50	Laster <i>et al.</i> 1979.
Fecha de parto	Menor a 0.10	Smith <i>et al.</i> 1976. Were y Brinks 1986.
	0.20 a 0.30	Buddenberg <i>et al.</i> 1990. MacNeil y Newman 1994.
Porcentaje de parición	Menor a 0.10	MacNeil <i>et al.</i> 1984
	0.20 a 0.30	Cundiff <i>et al.</i> 1986.
	0.40 a 0.50	Meyer <i>et al.</i> 1990.
Días al parto	Menor a 0.10	Meyer <i>et al.</i> 1990. Donoghue <i>et al.</i> 2004.
	Menor a 0.10	Borman <i>et al.</i> 2006.
Preñez al primer servicio	Menor a 0.10	Dearborn <i>et al.</i> 1973.
	0.20 y 0.30	Evans <i>et al.</i> 1999.
Preñez en vaquillonas	Menor a 0.20	Doyle <i>et al.</i> 2000.
	0.20 a 0.30	

**Cammack 2009.**

Existe una cierta relación entre la magnitud de la heredabilidad y la naturaleza del carácter; en general los caracteres con menores heredabilidades son los que están más estrechamente ligados a la eficacia biológica, mientras que aquellos cuyas heredabilidades son más elevadas pudieran considerarse de menor trascendencia en términos biológicos. El valor de heredabilidad puede aumentar o disminuir. El aumento se debe a una reducción en la varianza del ambiente o de un aumento en la variación genética. Por el contrario, se produce un descenso por un aumento en la varianza del medio ambiente o de una reducción en la variación genética. La heredabilidad nos indicará el grado en que la superioridad de los padres será observada en su descendencia.

Para la estimación de la heredabilidad se utiliza una regresión entre padres e hijos y la correlación entre medios hermanos, ambos son los procedimientos más adecuados para estimar la magnitud de la heredabilidad. La regresión hijos-madre puede proporcionar estimaciones demasiado altas debido al efecto materno, por ello no es la más utilizada. A su vez la correlación entre medios hermanos tiene un componente ambiental en su varianza que tampoco hace que sea el más apropiado a la hora de estimar. En la regresión hijos-padres la estimación de la heredabilidad se hace relativamente sencilla, o más simple. Los datos corresponden a medidas tomadas en los padres, y al valor medio de sus hijos.

En resumen, los métodos modernos de estimación de los parámetros genéticos utilizan todas las relaciones entre parientes existentes en la población, ponderándolas adecuadamente y corrigiendo simultáneamente los datos por efectos ambientales que puedan haber perturbado los resultados (por ejemplo, ciertos individuos pueden estar medidos en verano y ciertos en invierno, con lo que su crecimiento se ve afectado por la estación). La importancia de la heredabilidad radica en que permite: 1) Predecir la respuesta a la selección. Cuanto mayor sea su magnitud, mayor será el progreso genético. 2) Decidir qué método de evaluación debe ser utilizado para la evaluación genética de los individuos. Cuando la heredabilidad del rasgo es de media a alta (por encima de 0,30), la selección en base al rendimiento propio del individuo permite una tasa relativamente rápida de la mejora. Cuando la característica tiene una heredabilidad baja, se deben usar otros métodos para identificar a los individuos genéticamente superiores. 3) Planificar el tipo de apareamiento: el nivel de heterosis es directamente proporcional a la magnitud de la heredabilidad de la característica. Por el contrario, la depresión endogámica (nivel de consanguinidad) esperada es inversamente proporcional.

Otro parámetro poblacional a tener en cuenta es la repetibilidad, el mismo se refiere a cuando el carácter bajo estudio puede medirse más de una vez en un mismo individuo, la repetición puede darse en el tiempo y en espacio. La repetibilidad no es una constante biológica de un carácter, sino que depende de la composición genética de la población y del medio ambiente. Es fácilmente medible y nos muestra el límite superior de la heredabilidad, que puede ser menor que la repetibilidad, pero nunca mayor. La repetibilidad indica el grado en que la superioridad de un individuo, en una medida determinada, será observada en medidas siguientes en el mismo animal a lo largo de su vida.

El mejorador dispone de dos herramientas para cambiar la composición genética de un rodeo, el primero consiste en la elección de los padres (selección animal) y el segundo reside en



el control de los apareamientos, que abarca los procesos de consanguinidad (inbreeding) o cruzamientos (vigor híbrido). La selección animal es una de las herramientas del Mejoramiento Genético, en las que seleccionar consiste en elegir los "mejores" individuos como reproductores (toros y vacas), independientemente de lo que se entienda como mejores.

La genética cuantitativa teórica, o sea la descrita en los títulos anteriores, puede ser de mucha utilidad, en primer lugar mostrando como se puede elegir aquellos individuos cuyos valores mejorantes sean superiores y en segundo lugar, prediciendo el resultado de los diferentes métodos de mejora, de forma que estos sean susceptibles de comparaciones. El efecto básico de la selección es el cambio de frecuencias en los genes de la población, no obstante estos cambios son muy difíciles de observar, ya que la mayor parte de las consecuencias de la selección que pueden observarse se circunscriben al cambio de la media poblacional (Molinuevo 2005). Los cambios de frecuencias en los genes de la población debido a la selección pueden ocurrir en tres momentos: 1) por selección entre los adultos de la generación parental; 2) por diferencias naturales en la fecundidad entre esos mismos individuos; 3) por diferencias naturales en viabilidad entre los individuos. De todos los cambios producidos por la selección, el que más interesa es el de la media poblacional, denominado "respuesta a la selección". Dicho cambio es igual a la diferencia entre los valores fenotípicos medios de los hijos de los padres seleccionados y de la población parental antes de ser seleccionada. La respuesta depende no sólo de la heredabilidad del carácter sino de las posibilidades que tiene la población para permitir que la superioridad de los padres seleccionados sea grande. En una población en la que todos los individuos se parecen, en donde no haya una variabilidad notable, no será posible encontrar grandes valores de superioridad. La intensidad con que se selecciona, depende únicamente de la proporción de la población incluida en el grupo seleccionado, o sea, de la cantidad de individuos que se eligen de una población. Mientras menos animales elijamos de una población, mayor será la presión de selección. El incremento en la intensidad de selección es una forma obvia de aumentar la respuesta a la selección, sin embargo hay dos factores que limitan lo que mejorador puede llegar a realizar; por un lado la tasa reproductiva (la intensidad será mayor a medida que aumenta la fecundidad), por otra parte la consanguinidad reduce casi siempre la eficacia y los caracteres relacionados con ella, por lo tanto el número de padres debe ser lo suficientemente grande para que la depresión endogámica no merme excesivamente la respuesta a la selección.

El intervalo generacional se define como la edad media de los padres al nacimiento de sus hijos en los que fue aplicada la selección (Falconer *et al.* 1996). Es otro de los aspectos

importantes a la hora de aplicar la selección. Esta está estrechamente relacionado con el tiempo que debe esperar el mejorador hasta que la selección aplicada muestre sus frutos, la mejora por unidad de tiempo es generalmente más importante que la mejora por generación. La eficacia de un proceso de selección viene determinada por la respuesta obtenida por unidad de tiempo. El deseo de disminuir la proporción de individuos seleccionados (aumento de la presión de selección) puede conducir a mayores respuestas globales, pero menores respuestas por unidad de tiempo. A su vez la selección puede darse en forma directa, o sea cuando seleccionamos sobre un carácter en forma directa, no a través de otros caracteres, como ocurre con la forma indirecta, donde se estima el valor aditivo de un carácter midiendo otro carácter. Esto es frecuente cuando el carácter de interés es difícil o caro de medir; por ejemplo, en el caso del índice de conversión individual, que es un carácter económicamente importante pero caro de medir (ya que hay que medir el consumo de alimento todos los días), y que es seleccionado habitualmente de forma indirecta a través de la velocidad de crecimiento (fácil de medir, puesto que sólo hay que pesar al individuo una o dos veces). Aquí se estima el valor aditivo del carácter seleccionado indirectamente (índice de conversión) mediante el valor fenotípico del carácter seleccionado directamente (velocidad de crecimiento). Otra forma es selección por parentesco, en ocasiones se usa porque el carácter sólo se expresa en un sexo (por ejemplo la producción de leche o el tamaño de camada), o bien porque resulta excesivamente caro el identificar a cada individuo y es más cómodo y económico medir una media familiar, la selección se realiza midiendo la media de producción de un grupo familiar, en el que ocasionalmente puede estar incluido el propio candidato a la selección (Molinuevo 2005). Para poder seleccionar sobre un carácter planteado dentro del objetivo, es necesario conocer cuáles son los factores o aspectos relacionados con el objetivo, como su heredabilidad, varianza, efectos genéticos y ambientales, los cuales fueron abordados con anterioridad, como así mismo la naturaleza intrínseca y fisiología del carácter a seleccionar, como en este caso será la fertilidad.

La fertilidad es un proceso fisiológico difícil de definir debido a la complejidad de la reproducción, y continúa siendo uno de los factores de manejo que más impactan sobre la rentabilidad de la cría. Desde un punto de vista abstracto, se la puede definir como la capacidad de reproducirse, recibiendo el término “fértil” los animales que cumplan con este objetivo. Aunque la fertilidad es un rasgo muy complejo, el cual es difícil de registrar y evaluar todos los factores que influyen en ella (Cammack *et al.* 2009). La fertilidad es una característica compleja en los sistemas de producción de carne y en los procedimientos de evaluación genética, debido en parte a las numerosas mediciones empleadas para medir la reproducción. Más allá del ganado de

carne, las mediciones de fertilidad varían según la especie, e incluso en los bovinos de acuerdo a la raza, localización, sexo y biotipo. La fertilidad es una variable económicamente importante, y por lo tanto debería ser incluida en los objetivos reproductivos. Sin embargo, los caracteres indicadores de fertilidad tienen por lo general baja heredabilidad, son expresados tardíamente en la vida del animal o ambas cosas. La mayoría de estos rasgos son de análisis genético complejo dado la naturaleza binaria (solo tienen dos resultados posibles, por ejemplo: vacía/preñada) que son recolectados en períodos de servicio cortos (típicamente 60 a 90 días). Además, la implementación de predicciones genéticas de caracteres reproductivos en ganado de carne ha sido complicada por la falta de sistemas de reporte de información de rodeos completos. Sin embargo, la fertilidad es rara vez considerada en los programas de selección del ganado, debido tal vez a alguna de las siguientes razones principales: a) porque es difícil definir un rasgo que abarque todos los aspectos complejos de la fertilidad; b) es difícil reunir suficientes datos relevantes para el análisis de la fertilidad; c) falta una definición precisa para evaluar la fertilidad.

Es común escuchar muchas cabañas diciendo: “*seleccionamos por fertilidad*”, algo que parece muy sencillo en palabras, pero que en la práctica es bastante complejo, siendo pocas las cabañas en Argentina que tienen un plan de selección genética, y más aún apuntado a la fertilidad. Con ello no se quiere decir que no se haga, sino que no son la mayoría aquellas cabañas que toman este objetivo. Cuando se refería anteriormente a que en la práctica es complejo, hace referencia a que los caracteres relacionados a la fertilidad, tienen en su mayoría baja y en algunos casos moderada o media heredabilidad, con lo cual como fue descrito en el capítulo anterior referido a la genética cuantitativa, será difícil detectar un animal con valores genéticos elevados, puesto que la variación entre los distintos individuos se deberá esencialmente a causas ambientales.

La reproducción depende de muchos factores, incluyendo la especie (ej. *Bos taurus*, *Bos indicus*), raza, localización o ambiente, sexo y categoría. Como se mencionó en párrafos anteriores, la heredabilidad estimada de muchos rasgos reproductivos es baja, para algunos es moderada; pero investigaciones actuales (Cammack *et al.* 2009) demostraron que existen importantes correlaciones genéticas entre estos y otros rasgos productivos que son moderados a altamente heredables. Por lo tanto, los caracteres reproductivos deberían ser considerados en los programas de selección, tanto directa como indirectamente. La predicción genética de rasgos de fertilidad en sistemas de producción de carne ha sido dificultada por la necesidad de recolectar datos del total del rodeo, especialmente, datos que deben ser registrados de cada vaca y cada año.

Las heredabilidades de caracteres reproductivos en bovinos son bajas debido a una gran proporción de la variación residual inexplicable y a la considerable influencia del manejo de muchas de estas mediciones (Cammack *et al.* 2009). La variación residual probablemente sea debida tanto a efectos ambientales desconocidos como a efectos genéticos aditivos y no aditivos no explicables debido a la naturaleza que conforman los valores de la preñez y al manejo brindado para lograr altos porcentajes de concepción.

Particularmente el ganado bovino de carne no es considerado altamente fértil o reproductivamente eficiente. La tasa de preñez por servicio obtenida en forma natural o por IA es aproximadamente 50 a 70% en muchos de los países referentes en la producción de carnes bovinas. Si bien no parece existir mucha documentación trascendente sobre el progreso en los caracteres reproductivos por selección, se han logrado mejoras a través de estrategias para minimizar la infertilidad. Se han registrado mejoras en la reproducción en grandes rodeos, pero estas mejoras son debidas a avances en estrategias de manejo y alimentación. El aumento de la eficiencia en los rodeos de cría requiere mejorar la fertilidad tanto de las vacas como de las vaquillonas. Además, el éxito de los programas de desarrollo de vaquillonas de reposición depende en gran medida de la fertilidad.

Para Cammack *et al.* (2009) la fertilidad de las hembras de razas carniceras ha sido medida de diferentes maneras incluyendo: 1) Edad a la pubertad, 2) Edad al primer parto, 3) Fecha de parición, 4) Tamaño del folículo ovulatorio, 5) Porcentaje de preñez a la primera IA (tasa de no retorno), 6) Intervalos parto- primer servicio y primer servicio- concepción, 7) Largo de gestación, 8) Porcentaje de parición y destete, 9) Tasa de preñez, 10) Distocia, 11) Prolificidad, 12) Intervalo entre partos, 13) longevidad y permanencia en el rodeo.

La edad a la pubertad es una medida de fertilidad de las vaquillonas que puede influir en la característica “eficiencia reproductiva subsecuente”. Otros rasgos relacionados con edad a la pubertad que son empleados como predictores de fertilidad de las vaquillonas incluyen: edad a la formación del primer cuerpo lúteo (usado por Australian Beef Cooperative Research Center; Cooperative Research Centre for Beef Genetics Technologies, 2006), edad al primer celo y edad al primer servicio. Las vaquillonas reproductivamente eficientes alcanzan la pubertad más temprano, y por lo tanto pueden concebir antes durante el servicio. Esta característica está influenciada por una variedad de factores, como peso al nacer, estadio nutricional y en particular, la raza. La heterosis contribuye a una edad temprana a la pubertad, hecho demostrado en diversos estudios (McNeel *et al.* 2015) donde la pubertad en hembras cruzas Angus

por Hereford se manifestaba antes que en vaquillonas de ambas razas puras mencionadas anteriormente. El inicio de la pubertad puede también ser influenciado por parámetros vinculados con la ingesta de alimento, ciertos metabolitos y hormonas metabólicas indicativas del estatus nutricional, y por varios componentes de la reproducción. La heredabilidad estimada de edad a la pubertad varió desde 0,10 a 0,67, pero en general tendió a ser moderada. Una característica asociada con edad a la pubertad es el peso corporal al primer celo. La heredabilidad estimada de peso al primer celo varió desde 0,40 hasta 0,70. Sin embargo, la edad a la pubertad es una característica difícil de observar en una población. La pubertad es clásicamente definida como el momento en el cual la vaquillona presentó dos mediciones de progesterona con valores superiores a 1 ng/ml en dos muestras con diferencia de 3 a 4 días. Esta medición indica el mantenimiento de un CL funcional entre los días 5 y 15 del ciclo estral (Burns *et al.* 2015).

En cuanto a la edad al primer parto está altamente correlacionada desde el punto de vista genético con la edad a los partos subsecuentes y con los días al parto (intervalo entre partos) subsecuente. Debido a estas relaciones, esta medida es normalmente empleada para evaluar la fertilidad de la vaquillona. A pesar de lograr intervalos entre partos cortos, una edad mayor al primer parto está asociada con una reducción en la productividad vitalicia de esa hembra. La edad al primer parto tiene una heredabilidad estimada baja a moderada, con un rango de 0,01 a 0,27.

La medición del tamaño del folículo ovulatorio es una herramienta de selección potencial para mejorar la reproducción. Parece ser un indicador de la madurez, y por lo tanto de la fertilidad al momento de la inseminación artificial (IA). Se han observado mayores tasas de preñez en vaquillonas tratadas con protocolos para controlar el desarrollo de un mayor tamaño folicular, pero la heredabilidad del tamaño folicular no fue estimada (Mackinnon *et al.* 1990).

La fecha de parición es definida como el día dentro del período de parición en el cual la vaca o vaquillona pare. Es un rasgo fácilmente registrable y ha sido propuesto como un fuerte indicador de la fertilidad de la vaca carnífera debido a su impacto económico (Cammack *et al.* 2009). Una fecha de parición más temprana está asociada con mayor peso al destete, debido a que esta maniobra se hace habitualmente a fecha fija más que a un peso o edad determinados, y las hembras que paren más temprano tienden a ser reproductivamente más eficientes debido a lograr un mayor número de días postparto dentro de un servicio estacionado. Contrariamente, las vacas que paren al final no tienen suficiente tiempo para retornar al celo en el próximo servicio, manteniéndose en anestro postparto al final de un período de servicio corto. La heredabilidad de

la fecha de parición es moderada, aunque son variables, con un rango de 0,03 a 0,21. Los días al parto es un rasgo similar y se estima como el intervalo entre la primera vez que la hembra es expuesta al toro y el parto. Los valores genéticos de días al parto deberían ser considerados tanto para IA como para servicio natural. La heredabilidad estimada de días al parto es baja, típicamente <0,10; este último rasgo es utilizado en Argentina por el grupo de Cabañas Angus adheridas al Breedplan.

Otras mediciones utilizadas son los intervalos entre eventos reproductivos. El intervalo parto-primera inseminación es un rasgo que normalmente es expresado como la probabilidad que una hembra produzca exitosamente un ternero a partir de su primera inseminación artificial (IA). Una hembra que queda preñada y produce un ternero a partir de su primera IA podría compararse con una hembra en servicio natural que produce un ternero a partir de una preñez dentro de los primeros 21 días de servicio. A pesar de que el intervalo parto-primera IA debería ser considerado como un rasgo a tener en cuenta dentro de los objetivos reproductivos, las evaluaciones genéticas previamente realizadas no lo han hecho o lo “combinaron” como una medida de fertilidad emergente de datos de servicio natural e IA. La heredabilidad de esta medida de fertilidad, tanto para servicio natural o IA, tiende a ser baja (0,03 a 0,05). El intervalo parto-concepción también tiene baja heredabilidad, estimándose en 0,11 en vacas carniceras. Las vaquillonas que se preñan a la primera IA paren más temprano y tienden a tener mayores porcentajes de preñez en los servicios subsecuentes.

El porcentaje de preñez en vaquillonas, al igual que en vacas, es una característica binaria (preñada ó vacía) definida como la probabilidad de que una vaquillona expuesta a su primera temporada de servicio quede preñada y la mantenga hasta la palpación rectal ó diagnóstico de gestación. La heredabilidad estimada de la preñez en vaquillonas (%) tiene un rango de 0,14 a 0,21. Una vaquillona que concibe temprano en su primer servicio tiene tendencia a una mayor productividad a lo largo de su vida. El porcentaje de preñez, según el resultado de la concepción, tiene baja heredabilidad, con un rango de 0,04 a 0,12. Un servicio más prolongado es generalmente asociado con un mayor porcentaje de preñez, aunque con terneros destetados más livianos, asumiendo una fecha fija de destete. La heredabilidad estimada de la probabilidad de preñez, o su equivalente de concepción y mantenimiento de la preñez, varía desde baja (0,05) a alta (0,57). Sin embargo, la mayoría de las estimaciones fueron moderadas a bajas.

El largo de gestación varía entre los animales, siendo un componente del tiempo en el ciclo reproductivo. También influyen en el rendimiento reproductivo general del animal. Sin

embargo, esta relación no será fuerte, ya que la varianza en la longitud de gestación es pequeña en relación con la variación en el intervalo de partos. También requiere que se observen y registren dos fechas, es decir, el servicio y el parto, lo cual pocas veces es medido en los rodeos. Las heredabilidades para la duración de la gestación para la primera, segunda y última gestación fueron 0,14, 0,45 y 0,36 respectivamente (Azzam & Nielsen, 1987). Mientras más corta sea la duración de la gestación, la tendencia es a que nazcan terneros más livianos, relacionándose a una menor dificultad para parir. Este carácter es usado en Argentina para las diferencias esperadas de las progenies (DEPS) del Breedplan argentino.

Respecto al porcentaje de parición y destete, este último es una medida de la eficiencia reproductiva basada en el porcentaje de terneros destetados por vaca entorada y frecuentemente es utilizado como una medida global de la eficiencia reproductiva. En base a diversos estudios (Azzam & Nielsen, 1987), no hay datos de heredabilidad estimada para esta característica. Sin embargo, el número de terneros logrados a lo largo de la vida útil tiene baja a moderada heredabilidad (0,07 a 0,36). Las pérdidas pueden ser atribuibles a que las hembras no queden preñadas durante el servicio, a muertes fetales durante la gestación, muertes en periparto y muertes del ternero desde el nacimiento hasta el destete. Las pérdidas de preñez representan las mayores mermas. El porcentaje de parición es definido como el número de terneros producidos por una vaca, dividido el número de partos potenciales. El porcentaje de parición tiene una heredabilidad estimada que varía de 0,02 a 0,17, con mayores valores en *Bos indicus*.

En cuanto a la prolificidad la productividad del ganado para carne puede ser teóricamente mejorada por un aumento en la prolificidad o un aumento en la frecuencia de gestaciones dobles. Sin embargo, las gestaciones dobles normalmente no son consideradas beneficiosas debido a su asociación con distocia, sobrevida del ternero reducida y retención de placenta. La duración de la gestación es menor en caso de mellizos, lo que parece contribuir a un aumento en la retención placentaria. Además, el porcentaje de preñez posterior es más bajo en caso de gestaciones dobles o crianza de 1 o 2 terneros que en el caso de hembras que paren y crían un solo ternero. La heredabilidad global de la tasa de mellizos fue 0,09.

El intervalo entre partos es el número de días entre dos partos consecutivos, y es una medición empleada como indicador de fertilidad en la hembra. En la mayoría de los sistemas de producción el objetivo es 365 días. Si bien ha sido el principal parámetro de eficiencia reproductiva a lo largo de la vida útil de la vaca, puede no ser el más adecuado para evaluar la

eficiencia reproductiva global. La heredabilidad de este rasgo es baja, con una estimación de 0,13.

La distocia es un factor de riesgo asociado con infertilidad subsecuente. Las distocias pueden ser calificadas, recibiendo el menor puntaje aquellas que requieren una pequeña asistencia y mayor, aquellas que exigen una cesárea. La fertilidad es sustancialmente menor luego de una cesárea. La distocia está asociada desfavorablemente con la sobrevivencia del ternero y puede verse reflejada en otros parámetros reproductivos, incluyendo el porcentaje de parición. Además, el anestro, principal factor de la infertilidad postparto, está afectado por la dificultad al parto. Se observa una mayor incidencia de distocia en vaquillonas precoces que paren terneros más pesados y con vaquillonas con mayor duración de la gestación. La desproporción feto-pélvica es el principal factor causante de distocia. Puede darse en caso de terneros grandes, áreas pélvicas chicas o ambas. La heredabilidad de dificultad al parto es moderada (0,22 a 0,42). La influencia de la dificultad al parto sobre la fertilidad está relacionada con los efectos sobre la involución uterina, que pueden prolongar el anestro postparto, es por esto que cualquier sistema de selección por fertilidad debe tener en cuenta este parámetro.

Otros parámetros que pueden afectar la fertilidad de una población son la longevidad y permanencia. Donde la longevidad expresa el tiempo que permanece la hembra en el rodeo reproductivo. Una mayor longevidad de la hembra se expresa en menor necesidad de vaquillonas de reposición, un mayor número de vacas de alta producción, y un menor número de descartes involuntarios de vacas. Sin embargo, la expresión tardía de este rasgo dificulta su inclusión en los programas de evaluación genética. La heredabilidad de la permanencia varía de 0,02 a 0,23, dependiendo del límite de edad considerado.

Los índices de fertilidad deberían incluir una medición del resultado de la concepción o de la tasa reproductiva medida por intervalos o ambos. Estos intervalos deberían incluir el intervalo entre partos (IEP), días al primer servicio (intervalo desde el parto hasta la primera IA) e intervalo parto-concepción. Otros caracteres son tasa de no retorno (refleja la concepción y el mantenimiento de la preñez), la condición corporal (medida indirecta de la fertilidad), progesterona en leche (indicador del comienzo de la actividad luteal postparto o reinicio de actividad ovárica) y fertilidad del toro (indicador de la fertilidad de la hija). Debido al buen resultado de estas herramientas en los programas de selección genética del ganado lechero, deberían investigarse la aplicación de programas similares en las razas carniceras.



Además de las variables mencionadas anteriormente, en los últimos años se suma el “*Recuento de Folículos Antrales*” (RFA) en hembras previo a su servicio. Recientes investigaciones de autores internacionales (Morotti *et al.* 2017) demuestran que se puede utilizar esta medición con buenos resultados en *Bos taurus*.

El RFA representa el número de folículos visualizados por ultrasonografía en los ovarios de hembras bovinas. El mismo tiende a ser variable entre vacas pero con alta repetibilidad individual (Burns *et al.* 2015). La variabilidad entre las hembras podría deberse a la proliferación de las ovogonias durante el desarrollo embrionario temprano que darían lugar a un grupo fijo de ovocitos no proliferantes dentro de los folículos primordiales para la vida útil del animal. En la última década, el recuento de folículos antrales ha sido considerado un marcador biológico de fertilidad con muchos aspectos positivos en cuanto refiere a la eficiencia reproductiva para esos animales con alto RFA; como ser un número mayor y embriones de mejor calidad, mejores tasas de preñez, aumento de las concentraciones de progesterona circulante, mediciones ováricas mayores (diámetro, perímetro y área), además de otras características relacionadas con la fertilidad, todas son respuestas observadas en individuos con alto recuento en comparación con aquellos con bajo número folicular en el ganado *Bos Taurus*, lo que sugiere una correlación lineal entre mayores RFA y aspectos importantes de la fertilidad reproductiva en el ganado vacuno (Irlanda *et al.* 2011; Evans *et al.* 2012). En contraste, animales con bajo RFA se asocian con varias características relacionadas con un desempeño reproductivo deficiente, como ovarios de menor tamaño (Ireland *et al.* 2008), menor probabilidad de preñez al final de la temporada reproductiva (Mossa *et al.* 2012), reducida capacidad de respuesta al tratamiento superovulatorio, menor potencial para la producción de embriones y menos embriones viables (Singh *et al.* 2004; Ireland *et al.*, 2007), ovocitos de menor tamaño (folículos bovinos más pequeños (<3 mm) disminuyen su competencia de desarrollo. (Lonergan *et al.* 1994; Blondin y Sirard, 1995)), menores concentraciones circulantes de progesterona y hormona antimulleriana (Ireland *et al.* 2011; Evans *et al.* 2012; Jimenez-Krassel *et al.* 2015). Esas bajas concentraciones de progesterona en bovinos con bajo RFA se asocian con un endometrio de menor espesor desde el día 0 al 6 del ciclo estral (Jiménez-Krassel *et al.* 2009) y el grosor endometrial se asocia positivamente con las tasas de implantación y preñez. Investigaciones sugieren que los bajos recuentos de folículos antrales pueden deberse a restricciones nutricionales (60% de los requerimientos de mantenimiento) durante el período de gestación de la hembra en cuestión. Aquellos terneros nacidos de madres restringidas durante el primer tercio de su gestación, presentaban un 60% menos de folículos antrales que los que recibieron una nutrición adecuada (Evans *et al.* 2014).

Sin embargo, la asociación positiva entre RFA y fertilidad no sigue el mismo patrón para *Bos indicus*. Las diferencias reproductivas entre estos bovinos son en su mayoría conocidas. Las vacas *Bos indicus* reclutan más folículos por onda folicular que las *Bos taurus* y el número de folículos por onda para animales con alto o bajo recuento difiere entre cada grupo genético; Al comparar animales de alto RFA de ambas especies, hay un mayor número de folículos en *Bos indicus* que en *Bos taurus*. De manera similar, los animales con bajo RFA en poblaciones de *Bos taurus* presentan números de folículos más bajos que *Bos indicus*. Se demostraron mayores niveles de proteína luminal uterina total en *Bos taurus* en comparación con las vacas *Bos indicus*, mientras que el contenido de proteína fue menor en vaquillonas Angus con bajo RFA que para vaquillonas en el grupo de alto RFA, lo que sugiere que el ambiente uterino para Angus con alto RFA es más propicio para apoyar la supervivencia embrionaria temprana. Por lo expresado anteriormente puede considerarse que RFA es una posible herramienta para mejorar el rendimiento del ganado con biotecnologías reproductivas.

Los beneficios de la alta RFA en *Bos taurus*, y la evaluación de folículos antrales por ultrasonido fue considerada la estrategia más práctica para clasificar una vaca para fines reproductivos. A pesar de la considerable variabilidad en RFA entre vacas, el número de folículos antrales observados en el mismo animal es altamente repetible en varias evaluaciones (Burns *et al.*, 2005; Morotti *et al.*, 2017). Esta repetibilidad de RFA en el mismo individuo se convierte en un recurso estratégico para clasificar un animal por la RFA con un solo examen de ultrasonido para los animales *Bos taurus*. Sin embargo, otro de los factores, como la genética materna, medio ambiente, estado nutricional y salud también parecen influir en la RFA. Por ejemplo, estado nutricional y metabolismo general se mencionaron como factores que afectan el crecimiento folicular, calidad de ovocitos y secreción de hormonas reproductivas, la cantidad de ovocitos y blastocitos así como la concentración de progesterona, fueron mayores para las vacas con más folículos antrales (Cammack *et al.* 2015). Las hembras con alta RFA mostraron una mayor cantidad de embriones producidos por las donantes en *Bos Taurus*, *Bos indicus* y cruza de las dos anteriores, dado que los ovocitos derivados de ovarios con RFA alto tienen mayor capacidad de maduración y fertilidad que los de baja RFA. Investigaciones llevadas a cabo por Cammack (2015) informaron mayores concentraciones de progesterona en plasma en vacas (*Bos Taurus*) con alto RFA durante el diestro y la gestación, en comparación con hembras de baja RFA. Otro trabajo (Morotti *et al.* 2017) en vaquillonas Holstein (*Bos Taurus*) con un alto número de folículos antrales descubrieron que tenían mayores concentraciones de progesterona sérica durante la fase

lútea y mayor área endometrial durante los primeros seis días del ciclo estral que aquellos con un número bajo de folículos antrales.

Varios estudios (Morotti *et al.* 2015) han descrito un alto RFA como positivamente correlacionado con la fertilidad femenina. Otro estudio (Morotti *et al.* 2017) reciente realizado en vaquillonas cruzas *Bos Taurus-Bos Indicus* confirmaron que RFA alta se asocia con los días al parto; las vaquillonas que paren temprano en su primera temporada de partos, tienen un mayor número de folículos antrales en el examen ecográfico pre servicio que aquellas que paren más tarde en la primera temporada de partos. A su vez, las vaquillonas de razas carniceras que paren más temprano en su primer parto tienen mayor longevidad reproductiva a lo largo de su vida útil. De manera similar, las vacas con números altos de folículos antrales requirieron menos inseminaciones por concepción que las con un número bajo.

La variación en el recuento máximo de folículos antrales se asocia positivamente con el tamaño de la reserva ovárica (número total de folículos y ovocitos morfológicamente sanos en los ovarios (Irlanda *et al.* 2008)), pero está inversamente asociado con la secreción de gonadotropinas durante el ciclo estral (Burns *et al.* 2005, Ireland *et al.* 2008, 2009, Mossa *et al.* 2010). El ganado joven con bajo RFA tiene concentraciones de LH (hormona luteinizante) circulantes altas durante mucho tiempo (Jiménez-Krassel *et al.* 2009). Esto disminuye la capacidad de producir progesterona. La respuesta a la LH es menor para las células granulosas luteinizadas aisladas de los folículos dominantes y para las células lúteas de animales con RFA bajo versus alto, a pesar de similares cantidades de sitios de unión al receptor de Hormona Luteinizante (LH), lo que indica una posible interrupción del sistema de señalización de LH en bovinos con un número relativamente bajo de folículos creciendo durante ondas foliculares (Jiménez-Krassel *et al.* 2009).

Las concentraciones de androstenediona en folículos ovulatorios disminuyeron en comparación con el ganado con un alto RFA. En segundo lugar, las concentraciones séricas de testosterona fueron menores en general durante los ciclos estrales de bovinos de carne y lecheros con RFA bajo versus alto (Morotti *et al.* 2017). Al igual que como fue mencionado con anterioridad, la producción de andrógenos foliculares por las células está vinculado positivamente al número de folículos que crecen durante las ondas foliculares y correspondientemente al tamaño de la reserva ovárica en bovinos, lo que explica por qué en los ovarios la producción de andrógenos es relativamente baja durante el estro. El ganado con un RFA bajo tiene aumentada la tasa de secreción de Hormona Foliculoestimulante (FSH) (Burns *et al.* 2005, Irlanda *et al.* 2008) y la progesterona sérica está reducida (Jiménez-Krassel *et al.* 2009) lo mismo para la hormona

antimulleriana durante el ciclo estral (Irlanda et al. 2008). Estos hallazgos pueden sugerir un deterioro de la fertilidad en bovinos con bajo RFA. Demostrándose que la capacidad de respuesta de las células a la LH es menor en el ganado con número bajo versus alto de folículos antrales.

La herramienta indispensable para poder llevar a cabo RFA es el equipo de ultrasonografía, la misma cuenta con una consola central computarizada encargada de captar las señales que recibe del transductor, y formar la imagen ecográfica. La ecografía es una tecnología poderosa que se puede utilizar para mejorar el manejo reproductivo en vaquillonas. En la actualidad hay un sinnúmero de equipos, con mayor y menor tecnología, e incluso equipos doppler que detectan las ondas producidas por la circulación sanguínea. Cuando se seleccionan animales de reemplazo, se puede usar la ecografía para evaluar los recuentos de folículos antrales en las hembras. Antes del inicio de la temporada de reproducción, la ecografía transrectal se puede usar para determinar el estado de la pubertad, la puntuación del tracto reproductivo y el estado de ciclo estral. Además, se puede usar para determinar la respuesta a los protocolos de sincronización (presencia de un folículo dominante, quiste ovárico y diámetro del folículo), o si se están utilizando otras tecnologías de reproducción asistida, se puede usar para predecir el éxito (respuesta de superovulación o presencia de un cuerpo lúteo para la transferencia de embriones). La ecografía es una herramienta que tiene la capacidad de visualizar funciones fisiológicas que no serían palpables, y registrar estas mediciones para futuras referencias diagnósticas brinda ventajas más allá de la palpación tradicional. Después de la inseminación, esta tecnología se puede utilizar para determinar el estado de preñez tan pronto como a los 28 días después de la inseminación, la edad, el sexo fetal y la presencia de múltiples crías. Las mayores limitaciones para el uso de la ecografía incluyen el tiempo y las habilidades técnicas requeridas, la tensión en el brazo y el hombro y el costo del equipo. Mientras que los mangos del transductor se pueden usar para los exámenes de diagnóstico de preñez, las mediciones en el ovario requieren una colocación consistente del transductor que hasta la fecha solo se puede realizar manualmente. Las mejoras futuras que pueden superar algunas de estas limitaciones incluyen un mejor software de creación de imágenes, discos duros más grandes que permiten el almacenamiento de videoclips y mejores capacidades de diagnóstico de la máquina (es decir, un software que podrá utilizar la densidad de píxeles para clasificar los ovarios). Se están explorando imágenes Doppler en color e imágenes tridimensionales para el diagnóstico temprano de preñez y para el flujo sanguíneo y la salud del cuerpo lúteo y los folículos. Por lo tanto, la ecografía transrectal tiene y tendrá un papel en el manejo reproductivo exitoso de los rodeos vacunos.

Al contar la cantidad de folículos antrales observados en una pantalla de ultrasonido, el profesional puede recopilar información adicional al puntuar el tracto reproductivo, ya que la cantidad de folículos antrales predice el estado de la reserva ovárica. El número de folículos antrales también predice la respuesta a gonadotrofinas exógenas y puede usarse como herramienta de detección para eliminar a los que responden mal antes de que se malgasten el tiempo y el dinero tratando de recuperar ovocitos o embriones. La ecografía puede proporcionar información adicional no adquirida por la palpación tradicional, como el RFA y el flujo sanguíneo, lo que lleva a una mejor toma de decisiones acerca de las hembras para conservar con fines de reproducción. Los recuentos de folículos antrales proporcionan a los profesionales una estimación no invasiva del número de folículos en un ovario, porque los estudios histológicos han demostrado que existe una relación positiva entre el número de folículos microscópicos y el número de folículos antrales en un ovario bovino. Las vaquillonas que paren temprano en su primera temporada de parto tienen un mayor número de folículos antrales en el examen ecográfico previo a la reproducción que aquellos que lo hacen más tarde en la primera temporada de partos.

Junto a la ecografía, hay otra herramienta en el ámbito de la reproducción bovina, que desde hace unos años viene creciendo a ritmo vertiginoso, que son los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo o denominado también inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

A partir del avance en la comprensión de la fisiología ovárica en rumiantes ocurrido en las últimas décadas ha sido posible el diseño de nuevas estrategias farmacológicas para controlar la reproducción de las hembras. De esta manera hoy es posible sincronizar o inducir la ovulación de manera muy precisa, tanto en hembras que están ciclando como aquellas que se encuentran en anestro. Sumado a esto, el grado de sincronización que se logra con estos tratamientos es tal que permite realizar la inseminación a un tiempo predeterminado sin necesidad de detectar el estro. Esta tecnología es conocida como IATF. Mediante la misma es posible superar las dos limitantes principales que históricamente habían representado un obstáculo para la adopción de la inseminación artificial en vacas de cría: el anestro posparto y la detección de celo. La adopción de esta tecnología en países de Sudamérica, Norteamérica y Oceanía comenzó a crecer de manera significativa a partir de los años 2000. De esta manera la IATF es probablemente la biotecnología de la reproducción que ha mostrado mayor crecimiento en los últimos años. En la actualidad esta herramienta es utilizada en diferentes condiciones a través de un importante número de profesionales que la aplican sin mayores inconvenientes y con resultados aceptables (Menchaca A. 2011).

La IATF es una tecnología que mediante el control de la dinámica folicular y del cuerpo lúteo logra inducir o sincronizar la ovulación en un momento conocido, permitiendo inseminar un gran número de animales cada día sin necesidad de detectar el estro. Las ventajas que presenta esta técnica se resumen en los siguientes puntos: A) se incrementa la tasa de preñez final, B) Permite inseminar vaquillonas y vacas con cría ciclando o en anestro, C) Se evita la detección de celo, D) se reduce la temporada de inseminación y se simplifica el trabajo con el rodeo, E) Las vacas se preñan al inicio del servicio, esto aumenta la proporción de vacas paridas temprano favoreciendo su recuperación antes de iniciar el servicio del próximo año, F) Los terneros/as nacen antes y por lo tanto alcanzan antes el peso para el destete o llegan con mayor peso corporal, G) Se aumenta el número de terneros/as nacidos de inseminación mejorando la calidad del rodeo, H) Se reduce el costo en la compra de toros y favorece el control de enfermedades venéreas ya que la mitad del rodeo se preña por inseminación.

Para implementar esta tecnología se debe superar el anestro en las vacas luego del parto y muchas veces también en las vaquillonas. Frente a esta situación los tratamientos más eficaces son aquellos diseñados específicamente para inducir la ovulación. Esta es una diferencia importante con otros países donde el porcentaje de ciclicidad es mayor y simplemente es necesario sincronizar la ovulación (en lugar de inducir la) para realizar la IATF. Por este motivo, los tratamientos que se recomiendan según diferentes equipos de investigación de Argentina, Brasil y Uruguay en ocasiones difieren de los utilizados en otras regiones (Mossa *et al.* 2010). En estas condiciones podemos lograr el control del ovario si logramos generar en la vaca los mecanismos que normalmente desencadenan la ovulación, combinando entonces el uso de progesterona, estradiol y gonadotrofinas. Por este motivo nos centraremos en aquellas estrategias que mediante el uso de estos fármacos permiten sincronizar la ovulación tanto en vacas ciclando como en anestro.

Los tratamientos farmacológicos para inducir la ovulación requieren la administración de progesterona durante 7 u 8 días y en la actualidad existen diferentes dispositivos intravaginales que contienen este fármaco. El desarrollo de estos dispositivos de silicona representó un avance tecnológico importante en el control de la fisiología ovárica (Rathbone *et al.* 2001) ya que la progesterona es absolutamente necesaria en la inducción de la ovulación en vacas en anestro. La posibilidad de administrar esta hormona mediante un dispositivo que la libera de manera controlada nos permite mantener niveles elevados por un periodo predeterminado así como su caída a niveles basales en un corto periodo de tiempo de manera similar a cuando ocurre la luteólisis. Asociado al efecto logrado por la progesterona es necesario asegurar el efecto de otras

hormonas que normalmente están presentes en las vacas ciclando. El tratamiento más utilizado consiste en 2 ml de benzoato de estradiol (EB) administrado por vía intramuscular al colocar el dispositivo con progesterona, momento definido como el día 0 del protocolo. En el día 7 u 8 se retira el dispositivo asociado a una dosis luteolítica de prostaglandina F2alfa (PGF2A) por vía intramuscular (IM) y 24 horas más tarde se administra 1 ml de EB IM. La IATF se realiza entre las 52 y 56 h luego de retirado el dispositivo (Cutaia *et al.* 2003). El uso de BE junto con progesterona al inicio del tratamiento surge en la década de los 90' luego de demostrarse que ambas hormonas en conjunto inducen la atresia folicular promoviendo el recambio de los folículos (Bó *et al.* 1995), evitando así la formación de un folículo persistente que determinaría una menor fertilidad (Adams. 1999). Este tratamiento induce la emergencia de un nuevo folículo 4 días más tarde y entonces al momento de la remoción del dispositivo al Día 7 u 8, estará presente en el ovario un folículo relativamente nuevo y con un ovocito más competente. Una ventaja adicional de este tratamiento es que esto ocurre de manera sincrónica en prácticamente todas las vacas, lo que permite que luego de retirar el dispositivo se alcance el desarrollo folicular ovulatorio y la ovulación en un momento muy similar en todo el rodeo. Con el objetivo de inducir y sincronizar aún más el pico de LH se administra una dosis de EB 24 h luego de retirar el dispositivo, o bien Cipionato de Estradiol (CE) el mismo día del retiro. Ya que el estradiol en ausencia de progesterona desencadena un feedback positivo con la LH que culmina con el pico preovulatorio asegurando así la ovulación. Mediante esta estrategia la ovulación se sincroniza a las 30 horas en promedio luego de la administración de EB, permitiendo realizar la inseminación sin necesidad de detectar el estro (Bó *et al.* 2002). En los últimos años se han propuesto diferentes variantes a este tratamiento que deben ser consideradas por los técnicos especialistas en reproducción ya que algunos tratamientos se adaptan mejor a algunas situaciones de manejo, categorías, estado corporal, razas, etc. y por lo tanto es necesario conocer en profundidad la fisiología del ovario y la respuesta a cada fármaco administrado. De lo contrario, cuando se aplican estos tratamientos siguiendo las indicaciones a modo de receta, en muchos casos la técnica fracasa.

La forma más común de selección de la hembra de reposición en la mayoría de los establecimientos ganaderos de cría es a partir de los valores fenotípicos, y esta se hace en base a la búsqueda de diferentes parámetros: 1) hembras con un aspecto de femineidad, cabezas femeninas, cuello largo, 2) suave manto muscular a la altura de la cintura escapular, esto quiere decir inserciones musculares suaves entre el cuello y la región escapular, sin prominencias manifiestas. Estos aspectos se consideran caracteres sexuales secundarios y pueden relacionarse con el perfil hormonal de la hembra. Otros factores que se observan son 3) aspecto triangular:

donde el tren posterior sea más ancho que el anterior permitiendo un mayor espacio para el desarrollo de la glándula mamaria –de suma importancia en los estadios iniciales de las crías-, y una amplitud mayor del canal del parto, relacionado a partos con menor dificultad. 4) Dorso-lomo, recto y profundidad de costilla amplios que favorezcan una mayor capacidad ruminal, 5) extremidades cortas, con buena estructura, entre otros. La experiencia a campo infiere que este tipo de selección por el fenotipo tiene una relación con la fertilidad futura de esa hembra. (Zavatieri, 2018 *comunicación personal*). Estas valoraciones son subjetivas, y puede resultar interesante la objetivización de las mismas por lo menos en algunos parámetros, uno de ellos puede ser la medición externa de amplitud de cadera.

Si bien muchos estudios (Berry *et al.* 2004) hablan de la relación entre el ancho de cadera y la producción de carne o leche, no se ha podido encontrar en la bibliografía inspeccionada alguno referido a la fertilidad, más precisamente relacionado al ancho de cadera y el número de folículos antrales. Berry *et al.* (2004) destacó que de los rasgos evaluados por bovinometría en vacas Holstein (*Bos taurus*), los únicos que mostraron una correlación significativa con la fertilidad fueron amplitud de cadera y condición corporal. Esto fue demostrado en el mismo estudio donde animales con mejor condición corporal y mayor amplitud entre coxales tenían intervalos de tiempo más cortos al primer servicio. A su vez los hallazgos indican que los aumentos en los puntajes lineales para el ancho de la grupa, resultarán en reducciones en los días al primer servicio o comienzo de la actividad lútea. Éste carácter por ser anatómico representa una heredabilidad media a moderada, lo que indica que se transmite de generación en generación en alta proporción de casos.

La bovinometría es la asignatura encargada de esta mensuración, ésta es una rama de la Zoometría, que permite dimensionar la conformación y estructura física de un bovino. Es una herramienta muy valiosa para la evaluación del crecimiento y desarrollo corporal de las distintas razas (Mahecha, 2002). El ancho de cadera es una medición que se realiza en forma transversal al eje mayor del cuerpo del bovino, tomando como referencia una línea imaginaria que une ambas tuberosidades coxales. Es fácil y práctica de realizar. En otra bibliografía puede ser conocida como amplitud de cadera.

Al aplicar los resultados de las evaluaciones genéticas a los programas de selección, hay que tener en cuenta que el componente ambiental tiene la mayor influencia en la fertilidad y, por lo tanto, el primer y crucial paso para aumentar las tasas de fertilidad es mejorar los aspectos de manejo relacionados con la reproducción de las vacas. Estos aspectos incluyen programas de



nutrición eficaces y apropiados, alta precisión en la detección del celo, buena salud y bienestar de la vaca, y experiencia técnica en inseminación (en caso que el servicio se realice bajo esta técnica). El componente genético también influye en la fertilidad, pero en menor grado que el medio ambiente, es decir, como se mencionó anteriormente la heredabilidad de los rasgos de fertilidad es generalmente baja. Esto se debe en parte a la complejidad del proceso reproductivo descrito con antelación, a la dificultad en el registro cuidadoso de los datos y finalmente a la dificultad de considerar todos los factores relevantes. No obstante, la varianza genética entre los animales es lo suficientemente grande como para identificar aquellos superiores e inferiores para la fertilidad. Esta varianza genética puede entonces ser explotada en programas de mejoramiento modernos para los ganaderos, distinguiendo la fertilidad masculina y femenina.

En cuanto a la selección para la fertilidad femenina, un análisis bivariado que se basa en el intervalo parto-primer servicio, y la tasa de no retorno dentro de los 56 días, proporcionaría valores estimados de reproducción para toros de inseminación artificial basados en el rendimiento de fertilidad de su hija. El aspecto en el que debe hacer énfasis el ganadero sería no en los toros de fertilidad mejor clasificados, sino más bien en evitar el uso de los toros de rango inferior, para asegurarse de elegir un toro muy fértil.

Para la genética existe una correlación entre la fertilidad de la vaca y la del toro, y apoya la hipótesis propuesta por Land (1973) donde dice que debido a que el control y la liberación de las principales hormonas reproductivas son similares en ambos sexos, habría una estrecha correlación genética entre machos y hembras en los rasgos reproductivos como la fertilidad. Si bien hay muy pocos estudios en el mundo sobre este tema. Gran cantidad de características, como las descritas con anterioridad, han sido utilizadas como indicadores de fertilidad intrínseca, sin embargo pocas han sido empleadas para evaluaciones genéticas. Las excepciones son preñez en vaquillonas y permanencia o longevidad, que se han utilizado para calcular las DEP's en distintas razas, como las Asociaciones Americanas de Angus, Hereford y Angus colorado, entre otras.

Las predicciones genéticas de fertilidad han sido históricamente problemáticas debido a una cantidad limitada de datos, dado que recientemente la mayoría de las asociaciones de razas estadounidenses han implementado sistemas de reportes de rodeos completos. El reporte de información de rodeos completos es crítico para características como permanencia y longevidad, en las que las vacas pueden ser descartadas por razones no vinculadas a la fertilidad. Además, muchas mediciones tradicionales de fertilidad han sido complicadas para analizar estadísticamente debido a la naturaleza binaria (ej. 0 o 1; sí o no), pero con los avances recientes en análisis de

sobrevida y umbral, estas limitaciones han sido superadas. Si bien estos rasgos binarios reflejan una distribución genética continua, son expresados como distribución binaria, enmascarando potencialmente diferencias genéticas entre individuos. Con el uso de reportes de rodeos completos, los avances en informática y las mejoras en las metodologías estadísticas, debería darse una especial consideración al uso de estas herramientas de evaluación hoy disponibles.

La reproducción es un factor económicamente importante en el sistema de producción de carne, y la información disponible sugiere que hay oportunidad de mejorar la eficiencia reproductiva en muchos rodeos. No obstante, el desarrollo de los programas de mejoramiento genético ha sido mucho más lento que el de programas de caracteres de crecimiento y carcasa. Probablemente debido a la dificultad en desarrollar programas de recolección de datos de rodeos completos, los desafíos de manejar datos binarios en sistemas de servicio estacionado y el tiempo necesario para recoger toda la información necesaria para las predicciones genéticas de una gran cantidad de indicadores de fertilidad identificados.

Para implementar procesos de selección efectivos en la mejora de la fertilidad deben ocurrir tres cosas: A) Identificar los caracteres económicamente importantes. B) Identificar los predictores que puedan ser manejados en condiciones de campo. C) Que las asociaciones de criadores manejen esa información para generar programas genéticos disponibles para los criadores. En el presente trabajo, tal como será detallado en las páginas sucesivas, se realizará al momento de la inspección ginecológica pre servicio -en vaquillonas nulíparas Bos Taurus- un conteo de folículos antrales mediante ultrasonografía conjuntamente con la medición externa – entre tuberosidades coxales- de la amplitud de cadera. Para posteriormente aplicar un protocolo de IATF.

## **HIPÓTESIS**

Existe relación entre el número de folículos antrales, amplitud de cadera y el porcentaje de preñez a la implementación de un protocolo de IATF, en hembras bovinas preservicio.

## **OBJETIVO**

Establecer la relación entre el número de folículos antrales pre servicio, la amplitud de cadera en hembras bovinas, y la respuesta a la implementación de un protocolo de IATF.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Sistema Productivo

El establecimiento “La Eloisa” fue donde se llevó a cabo la investigación. Es un sistema de cría ubicado entre las localidades de Jovita y General Levalle, provincia de Córdoba, Argentina (Figura 2.5).

### 2. Manejo de los animales en experimentación

Las determinaciones fueron abordadas sobre treinta y tres (33) vaquillonas nulíparas de la raza Aberdeen Angus Negro (*Bos taurus*), de entre dieciocho (18) y veinte meses (20) de edad (Figura 2.4). Las mismas se encontraban todas en la misma situación fisiológica, sin haber recibido servicio nunca, y por ende sin haber gestado ni parido nunca. La condición corporal era la adecuada para los animales en la etapa del desarrollo en que se encontraban, según lo determinó el Veterinario encargado de la inspección ginecológica. Una vez finalizada la inspección ginecológica siete (7) días previos al inicio del protocolo de IATF, las hembras fueron sometidas todas, independientemente del recuento folicular, a un protocolo convencional de inseminación artificial a tiempo fijo, con el agregado de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH).

En el protocolo, al día 0 se le aplicó dos (2) ml de Benzoato de Estradiol, junto a un dispositivo intravaginal (DIV) de 0.6 grs de Progesterona. Al día 8 se retiró el mismo dispositivo y se aplicó dos (2) ml de Prostaglandina, y un (1) ml de Cipionato de Estradiol, y se procedió al pintado de la encoladura como método de detección de celo. Cuarenta y ocho (48) horas posteriores al retiro del dispositivo intravaginal, se leyeron las pinturas de las encoladuras, y toda aquella que tenía el 50% o más despintado se inseminaba en el momento, a la que permanecía con más del 50 % de pintura se le aplicaban 2.5 ml de GnRh para inducir la ovulación, y se las inseminaba a las 56 horas de retirado el DIV.

Por último, a partir de los veintiocho (28) días de ejecutado el protocolo de IATF, fue constatado el porcentaje de preñez alcanzado, mediante ultrasonografía transrectal. Esto ha permitido poder inferir la existencia o no de alguna relación entre el recuento de folículos antrales y el porcentaje de preñez logrado, siendo esta una medida significativa en relación a la fertilidad. Los resultados del mismo serán expuestos a continuación.

### 3. Determinaciones realizadas

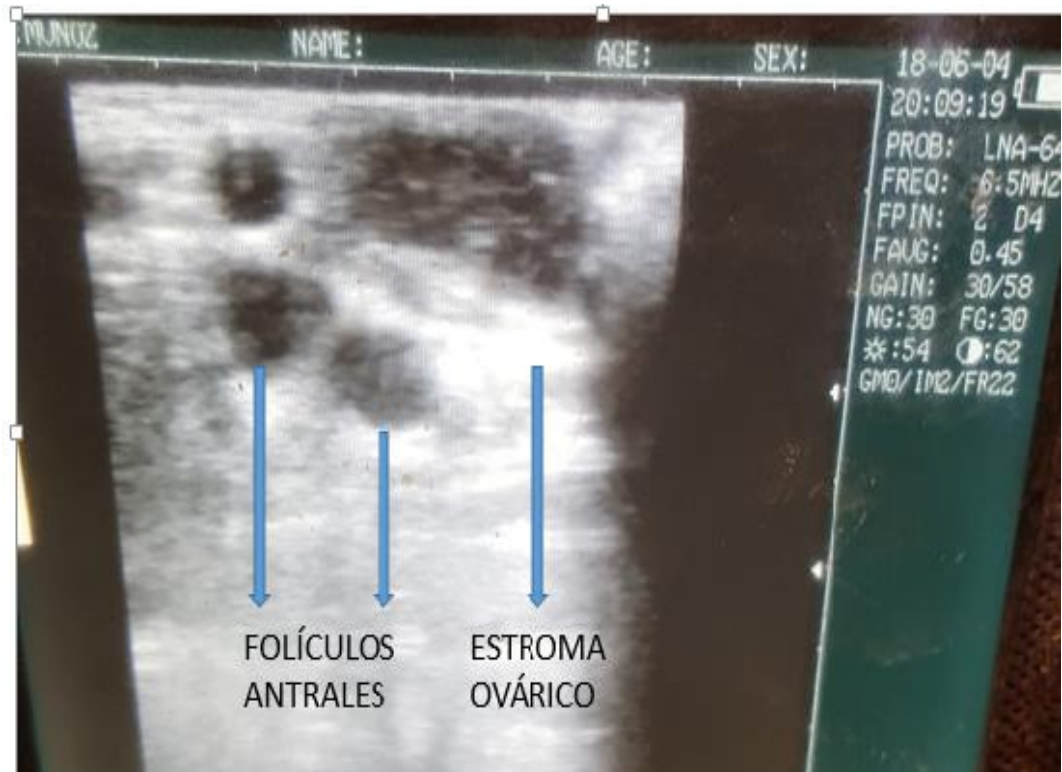
Una semana previa al inicio del protocolo se determinó el número de folículos antrales en una onda de maduración folicular en los animales detallados anteriormente, en el momento que se les realizó la inspección ginecológica. La misma fue llevada a cabo por el Médico Veterinario Emanuel Muñoz (M.P 3062) matriculado y especializado en ultrasonografía (Ecógrafo: Honda HS 101, transductor lineal 7,5 Mhz.). Se contabilizaron solo los folículos de un tamaño mayor o igual a tres milímetros (3 mm) (Figura 2.1 y 2.2). Cuando se menciona folículos antrales, se hace referencia a aquella estructura ovárica que contiene un ovocito en su interior, que mediante la foliculogénesis comienza a desarrollar en el interior del folículo pequeñas cavidades llenas de líquido folicular que son secretadas por las propias células foliculares. Este es un estadio previo para alcanzar la madurez total del folículo y estar próximo a ovular, también se los conoce como folículos secundarios. Posteriormente el recuento folicular de ambos ovarios fue clasificado como: Alto (ARF) -cuando sean encontrados más de cinco (5) folículos mayores o iguales a tres (3) milímetros de diámetro, y bajo (BRF): menores a cinco (5) folículos antrales del mismo tamaño que el anterior (ARF). Cabe destacar que las hembras a las que se les contabilizó los folículos habían superado el examen ginecológico pre servicio.

Además del conteo de folículos antrales, también se les realizó a las mismas hembras la medición de amplitud de cadera, comprendido entre ambos extremos de las tuberosidades coxales (Figura 2.3). La mensuración se realizó mediante una cinta métrica, y los resultados fueron expresados en centímetros. Los datos fueron individualizados según la caravana de cada vaquillona, y luego se comparó cada medición con el número de folículos antrales que se le había detectado con anterioridad a la ecografía.

### 4. Análisis estadístico

El Porcentaje de Preñez, presenta una distribución Binomial (Preñada/Vacía), para realizar el análisis estadístico se realizó la prueba de Chi Cuadrado (Farfán Pimentel. 2015), recomendada para éste tipo de distribuciones. Para determinar la relación entre el número de folículos y ancho de cadera con la preñez a la IATF se evaluó mediante la prueba T Student. Las estimaciones de

las medias y correlaciones se hicieron con el programa R Comander 2009 versión 2.5-1 (Fox, J, & Bouchet-Valat, M. 2018).



**Figura 2.1: Imagen ultrasonográfica del ovario y folículos antrales.**



**Figura 2.2: el M.V Emanuel Muñoz realizando ecografías.**



**Figura 2.3: Medición de la amplitud de cadera.**





Figura 2.4: Vaquillonas Angus Negro de 18-20 meses, Est. La Eloisa. Jovita-Cba.

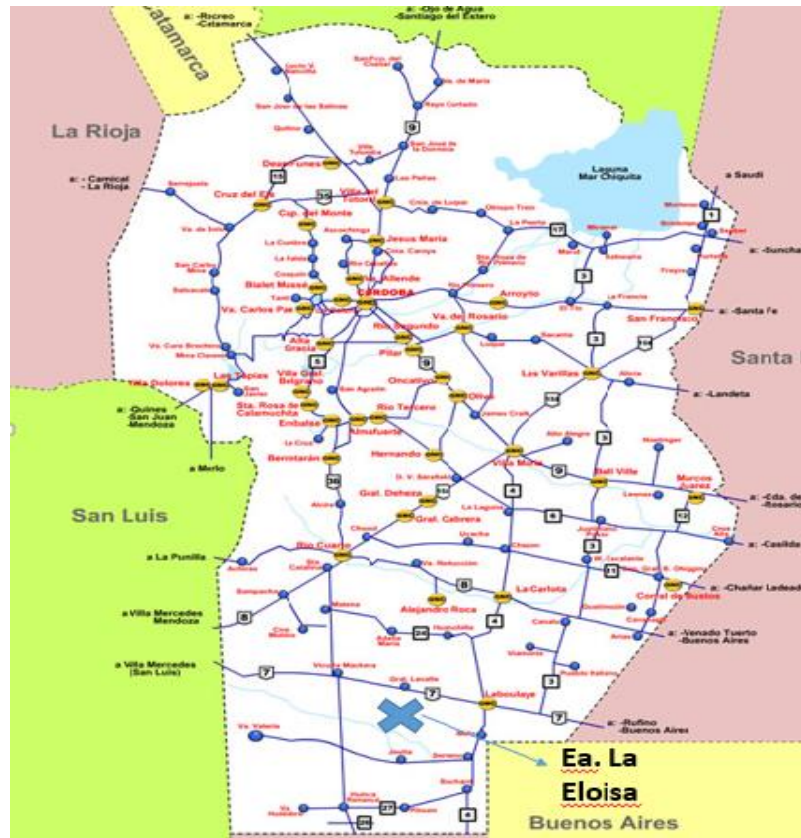


Figura 2.5: Ubicación Ea. La Eloisa



### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el Establecimiento La Eloisa, ubicado en Jovita, Córdoba. Planteados como se detalló con anterioridad en Materiales y Métodos, en un número total de treinta y tres (33) vientres evaluados de la raza Aberdeen Angus, 18 vaquillonas resultaron con un recuento folicular clasificado como alto (más de 5 folículos ováricos totales) y las 15 restantes fueron clasificadas como bajo recuento (menos de 5 folículos ováricos totales).

Si bien en otros trabajos como los de Burns *et al.* (2005) se evidenciaban a la ecografía ovárica mayor cantidad de folículos antrales mayores de tres milímetros de diámetro, en el presente trabajo se logró distinguir un máximo de diez (10) folículos antrales, y un mínimo de tres (3). Posiblemente estas diferencias entre los trabajos se deba a que el equipo de ultrasonografía y el tipo de transductor utilizado en el presente trabajo (7,5 MHZ) no sea suficiente para hacer una toma más detallada y minuciosa, quedando tal vez varios folículos sin evidenciarse, como no pasó así en el citado trabajo, donde la frecuencia del transductor probablemente haya sido de 3,5 MHZ.

De las 33 hembras evaluadas, de dos se extraviaron los datos (excepto ancho de cadera). Al finalizar el servicio dos hembras resultaron vacías, siendo la preñez general de un 93,54 %, de este porcentaje un 55,17 % se preñó mediante IATF, y el 44,83 % restante por servicio natural (Tabla 3.1). De las 18 vaquillonas con ARF ocho fueron preñadas mediante IATF, 47,05 % de preñez. Por otro lado, de las 15 hembras clasificadas con BRF 8 respondieron favorablemente al protocolo de IATF, dando un 66,6 % de preñez. Las restantes se preñaron mediante servicio natural con toros de repaso. Los resultados están dentro de los valores promedio para la técnica, lo mismo para la preñez general. Las preñeces logradas por IATF generalmente rondan valores del 50% (Bo *et al.* 2005).

**Tabla 3.1: comparación entre vaquillonas con alto y bajo recuento folicular, y su resultado a la preñez con servicio natural o inseminación artificial a tiempo fijo.**

	TOTAL	PREÑADAS	VACÍAS	IATF	SERVICIO NATURAL
VAQUILLONAS ALTO RECUENTO FOLICULAR (ARF)	18	17	1	8 (47,05%)	9 (52,94%)
VAQUILLONAS BAJO RECUENTO FOLICULAR (BRF)	15	12	1	8 (66,66%)	4 (33,34%)
TOTAL	33	29 (93.54%)	2 (6,46%)	16 (55,17%)	13 (44,83%)

Los resultados anteriores se evaluaron estadísticamente mediante la prueba de chi cuadrado, y los resultados no fueron significativos. La misma puede deberse al bajo número de hembras utilizado en este trabajo, sin embargo existe una tendencia. Otro factor que puede respaldar estas inferencias es que la correlación entre el número de folículos antrales totales por hembra y la preñez a la IATF, dio como resultado un valor de: -0,27. Por lo tanto, en el presente trabajo no se halló mayor resultado de preñez mediante IATF en hembras con alto recuento folicular, ocurriendo lo contrario en hembras con bajo recuento, donde la preñez por IATF fue más manifiesta.

Respecto a las mediciones biométricas realizadas sobre el ancho de cadera, el promedio de todas las medidas resultó ser de 48,06 centímetros y el desvío estándar de +/- 2,21. A su vez se evaluó el promedio del ancho de cadera (expresado en centímetros) con los resultados observados para IATF y SN.

**Tabla 3.2: Respuesta a la IATF según valores medios de amplitud de cadera**

Tipo de preñez	Amplitud de cadera (cm)
IATF	47,64 (+/-1,96)
Servicio Natural	48,53 (+/- 2.25)

Los animales que fueron preñados por IATF presentaron menor amplitud de cadera en promedio 0,7 centímetros menos de ancho de cadera que aquellos que no respondieron a esta técnica en primera instancia.

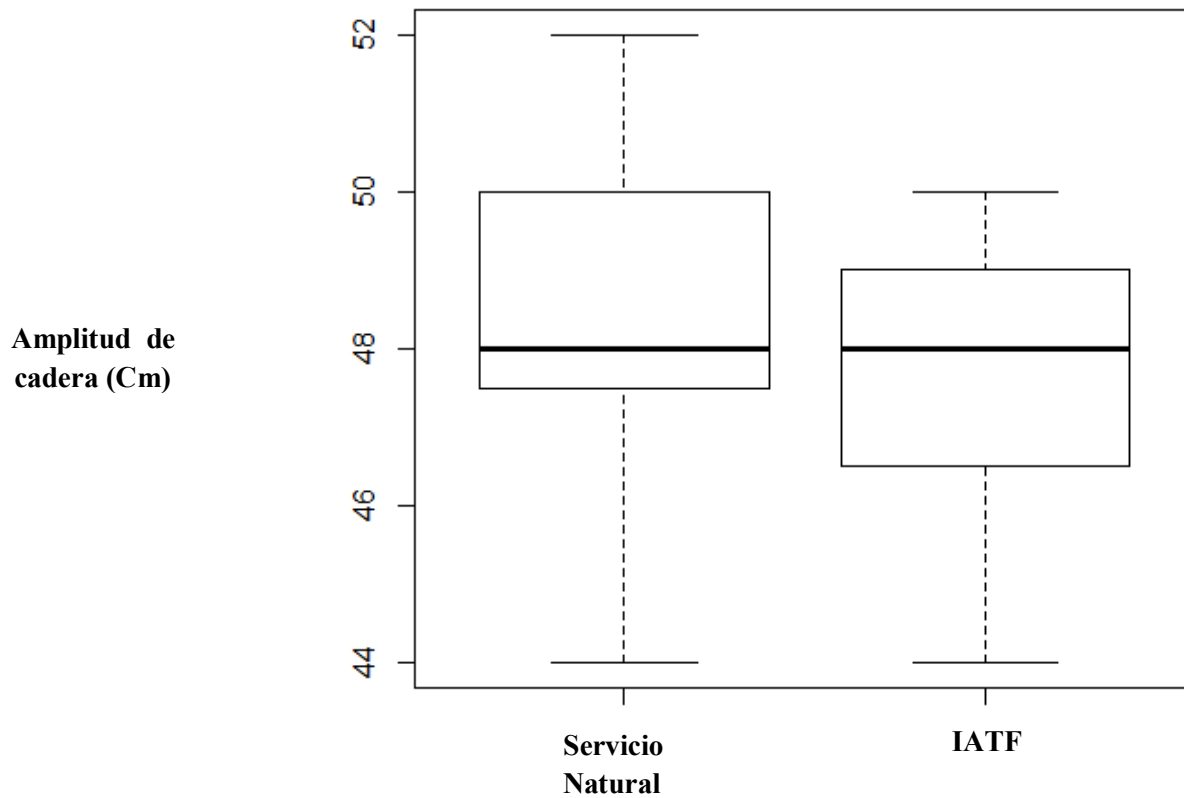
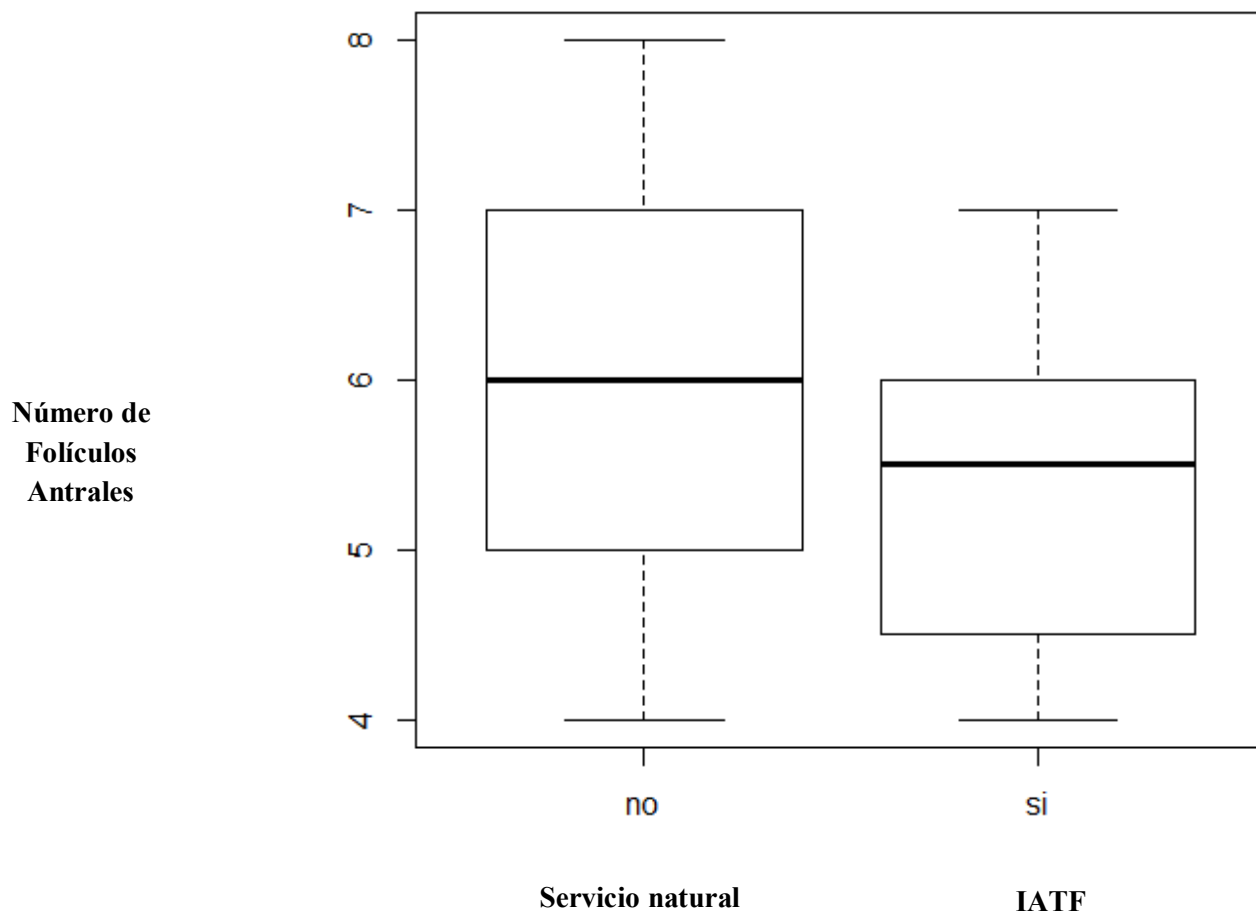


Figura 3.1 Diagrama de cajas entre tipo de preñez y amplitud de cadera.

Tabla 3.3: comparación entre el promedio de amplitud de cadera en centímetros, según alto o bajo recuento folicular.

	PROMEDIO DE AMPLITUD DE CADERA
VAQUILLONAS ALTO RECUENTO FOLICULAR	48,26
VAQUILLONAS BAJO RECUENTO FOLICULAR	47,55



**Figura 3.2 Diagrama de cajas entre tipo de preñez y número de folículos.**

El análisis de los datos anteriormente recabados, en las condiciones de éste trabajo, no presentó diferencias estadísticas significativas, sin embargo la presencia de correlación entre ellos, perite pensar que el n muestral es demasiado bajo. En base a la tendencia observada se establecieron tres aspectos principales:

- 1) Los resultados de preñez a la IATF fueron superiores en hembras con menor cantidad de folículos antrales
- 2) Las vaquillonas que respondieron mejor al tratamiento de IATF versus servicio natural, presentaban un menor ancho de cadera en promedio que las de mayor amplitud
- 3) Las hembras con mayor ancho de cadera presentan mayor cantidad de folículos antrales en sus ovarios.

La tendencia a la respuesta a IATF mayor en vaquillonas con menor cantidad de folículos antrales, puede explicarse por el hecho de que estas al presentar una dotación folicular menor, poseen una concentración hormonal menor. En un trabajo realizado por Morotti *et al* (2017) observó que todas las hembras clasificadas con alto recuento folicular presentaron una mayor concentración de la hormona Progesterona y hormona Antimulleriana (AMH) en comparación con las de bajo recuento. Por lo tanto, podría inferirse que el protocolo de IATF implementado en este trabajo, y en las condiciones ambientales del mismo, tuvo una mejor respuesta en hembras con baja carga folicular.

Un estudio reciente realizado por (Morotti *et al.* 2017) indica que la población de folículos antrales es de suma importancia para mejorar el rendimiento reproductivo en vacas. Otros trabajos realizados por (Burns *et al.* 2005) en vacas *Bos taurus* muestran una correlación positiva entre el número de folículos antrales y fertilidad, reflejándose en mejora de parámetros reproductivos como el aumento de la cantidad y calidad de embriones, mayores niveles de progesterona y estradiol, no así en vacas *Bos indicus*. (Fanchin *et al.* 2003) determinó relaciones entre el número de folículos antrales y los niveles séricos de AMH, Inhibina y Estrógenos. Esos niveles de AMH e Inhibina se correlacionaron significativamente con el número de folículos antrales tempranos en el ciclo.

Es posible que la tendencia a una mejor respuesta a la preñez por IATF observada en aquellos animales con menor dotación folicular se deba a que la producción de Estrógenos y Progesterona sea menor por parte de las estructuras ováricas. En un trabajo publicado por (Jiménez-Krassel *et al.* 2009) indicaron que el ganado con un RFA bajo tiene aumentada la tasa de secreción de FSH (Burns *et al.* 2005) y la progesterona sérica está reducida, lo mismo para AMH durante el ciclo estral (Irlanda *et al.* 2008), reservas ováricas reducidas (Irlanda *et al.* 2008), mala respuesta a la superovulación (Irlanda *et al.* 2007), y concentraciones reducidas de andrógenos durante el estro. Estos hallazgos pueden sugerir un deterioro de la fertilidad en bovinos con bajo RFA. La disminución de la progesterona se debería a elevadas concentraciones durante tiempo prolongado de hormona luteinizante (LH) en animales con bajo RFA, posiblemente por una interrupción del sistema de señalización de LH en bovinos con un número relativamente bajo de folículos creciendo durante ondas foliculares (Jiménez-Krassel *et al.* 2009). Un trabajo de Morotti *et al.* (2017) respalda lo citado anteriormente mencionando que la menor producción de andrógenos en animales con bajo RFA podría ser debido a una alteración en la señalización de

LH. Se encontró que las concentraciones de estrógenos intrafolículos eran inferiores en los folículos ovulatorios en bovinos con baja RFA versus alta RFA.

Por otra parte según (Mossa *et al.* 2009) las concentraciones de androstenediona en folículos ovulatorios disminuyen en comparación con el ganado con un alto RFA. En segundo lugar, las concentraciones séricas de testosterona fueron menores en general durante los ciclos estrales de bovinos de carne y lecheros con RFA bajo versus alto.

Independientemente de la cantidad de folículos de cada hembra, todas recibieron el mismo tratamiento hormonal, o sea la misma dosis, pero aun así se encontraron grandes diferencias en la preñez en hembras con bajo y alto recuento folicular, siendo favorable para la primera. ¿Puede deberse esta diferencia que al aplicar la misma concentración de hormonas en hembras con distinto recuento folicular, termine repercutiendo negativamente en aquellas vaquillonas con alto recuento folicular a la IATF, previa inspección ginecológica? ¿Se podrían potenciar los resultados de la IATF aplicando diferentes concentraciones de hormonas en relación al recuento folicular?

Al aplicar Benzoato de Estradiol y Cipionato de Estradiol de manera exógena en estos animales favorecería la preñez en vaquillonas con bajo recuento folicular, debido a que provocaría un aumento en el tamaño del folículo próximo a ovular, y esto se correlaciona posteriormente con el desarrollo de un cuerpo lúteo de mayor tamaño, y por ende mayor producción de Progesterona, favoreciéndose una viabilidad mayor del embrión durante los primeros días de la concepción. Morotti *et al* (2017) durante un trabajo en vaquillonas *Bos indicus* determinó que las vacas con menos RFA tuvieron mayores tasas de concepción (61.7%) que las vacas con el intermedio (52.9%) y alto (49.5%) RFA. Vacas Nelore con menos RFA, fueron sujetas a un protocolo de IATF presentaron un diámetro folicular más grande y una mayor tasa de concepción (10% superior) que los grupos con grado intermedio y un mayor RFA. Los resultados de las mediciones ováricas (diámetro, perímetro y área) fueron mayores en vacas con RFA alto que en vacas con RFA bajo. Curiosamente, desde el cuarto día del protocolo de IATF para la sincronización de la ovulación, hasta el momento en que se estimó el diámetro del folículo ovulatorio, el diámetro folicular fue mayor en las vacas con bajo RFA que en las vacas con alto RFA. El diámetro folicular fue mayor en las vacas con bajo RFA que en las vacas con alto RFA en el día 4, día 8, día 9 y día 10. Un folículo dominante que alcanza un diámetro mayor después de la desviación folicular tiene una mayor potencial ovulatorio (Gimenes *et al.* 2008), lo que resulta en un mayor tamaño del Cuerpo Lúteo (CL) y, en consecuencia, mayores concentraciones de progesterona (Pfeifer *et al.* 2009). Existen varias hipótesis para explicar el mayor diámetro folicular observado en vacas con

bajo RFA. La primera posibilidad es que la gran cantidad de folículos antrales proporcionó un entorno más competitivo a través de la acción hormonal, en cuyo caso, cuanto más el resultado deseable en vacas con bajo RFA puede haber sido el resultado de una acción de la gonadotropina mejorada entre el número más pequeño de folículos. Hay evidencia de que las concentraciones de FSH están correlacionadas inversamente, en lugar de directamente, con el número de Folículos de diámetro  $\geq 3$  mm durante las olas de desarrollo folicular ovárico en el ganado (Burns *et al.*, 2005).

Un artículo reciente (Jiménez-Krassel *et al.* 2017) describió un mayor rendimiento reproductivo para *Bos taurus* con un bajo RFA. Considerando vaquillonas Holstein, informaron de una fertilidad subóptima (una tasa de concepción menor y un período mayor de días a la preñez) y una vida productiva más corta (un menor número de lactancias con una mayor tasa de rechazos en los tambos) para las hembras con RFA alto que vaquillonas con bajo RFA. Los datos inconsistentes con respecto a los recuentos foliculares refuerzan la necesidad de nuevas investigaciones y un análisis cuidadoso de las poblaciones foliculares antrales.

Como se detalló con antelación, las hembras con mayor respuesta a la IATF resultaron con un promedio menor en el ancho de cadera, asimismo éstas presentaron menor cantidad de folículos antrales. (Berry *et al.* 2004) destacó que de los rasgos evaluados por bovinometría en vacas Holstein, el único que mostró una correlación significativa con la fertilidad fueron amplitud de cadera. Esto se demostró en el mismo estudio donde animales con mejor condición corporal y mayor amplitud entre coxales tenían intervalos de tiempo más cortos al primer servicio. A su vez los hallazgos indican que los aumentos en los puntajes lineales para el ancho de la grupa, resultarán en reducciones en los días al primer servicio o comienzo de la actividad lútea.

De esta manera, el análisis de los datos permitió establecer que las hembras con menor cantidad de folículos antrales en sus ovarios, tuvieron una mejor respuesta a la preñez por IATF versus aquellas con mayor recuento folicular. A su vez las vaquillonas con menor amplitud de cadera, y por lo tanto menor población folicular, se desempeñaron mejor en cuanto a la preñez por IATF frente a aquellos animales de mayor ancho entre coxales.

## CONCLUSIÓN

El análisis de los datos presentados en éste trabajo no mostró diferencias estadísticamente significativas, sin embargo la presencia de correlación entre ellos y principalmente el hecho de que las tendencias que se observaron concuerdan con la bibliografía existente permite pensar que el tamaño muestral fue demasiado bajo y es necesario seguir investigando en condiciones de mayor número de individuos.

La posibilidad de clasificar a las hembras según su dotación folicular, en bajo o alto recuento a partir del conteo de folículos antrales mediante ultrasonografía, o bien mediante la medición externa de la amplitud de cadera, puede contribuir al desarrollo de protocolos de IATF específicos para diferentes tipos de hembras, que puedan ser detectadas previamente, en vez de realizar la técnica a toda la población de vaquillonas, donde tal vez no sea conveniente desde el punto de vista económico, invirtiendo en aquellas que realmente lo necesitan y lo reflejaran en los resultados de concepción.

Los protocolos de IATF en los últimos años han manifestado un gran avance, las otras dos herramientas no tanto, pudiéndose deber a una falta de investigación sobre las mismas y a la falta de contemplación de la variabilidad dentro del plantel del hembras. Los resultados de aplicar las mismas, en el caso de comprobarse diferencias significativas, como lo destaca la bibliografía investigada, podrían ser positivos y generar un impacto a nivel de rodeo. El uso de cualquiera de ellas puede depender de la practicidad que se logre, teniéndose en cuenta que se necesita un entrenamiento especial por parte del ecografista, e instalaciones adecuadas para el trabajo con bovinos. Su aplicación dependerá de futuras investigaciones donde se compruebe la sigficancia estadística de la tendencia observada en éste ensayo.



## BIBLIOGRAFÍA

BURNS.D.S, F.JIMENEZ-KRASEL, J.L.H IRELAND, J.IRELAND. 2005. “Número de folículos antrales durante la onda folicular en el ganado bovino: evidencia de alta variación entre animales y repetibilidad alta”. Article in *Biology of Reproduction*. Page: 14-17. August 2005.

CAMMACK K.M., M.G THOMAS, R.M ENNS. 2009 “Reproductive Traits and Their Heritabilities in Beef Cattle”. The professional animal scientist. October 2009. Volume 25, Issue 5, Pages 517–528.

CUSHMAN.R.A, McNEEL.A.K b, SOUZA.J.C, ECHTERNKAMP.S.E, BRITT.J.H, FREETLYA.H.C c.2015 “Mechanisms influencing establishment of the ovarian reserve in heifers.”USDA, ARS, U.S. Meat Animal Research Center, Clay Center, NE; b Department of Animal Science, Federal University of Lavras; c Department of Animal Science, North Carolina State University, Raleigh, NC. *Clinical Theriogenology*. 7(3):229-233.

FALCONER D.S, T.F.C MACKAY. 1996. “Introducción a la genética cuantitativa”. Acribia editorial año 2001, Zaragoza, España. Capítulo I, III Y IV. 490 páginas.

KUBO FONTES.P, ERENO.R.L, PEIXOTO.A.R, CARVALHO.R.F, SCARANO.W.R, TRINCA.L.A, BARROS.C.M, SOUZA CASTILLO.A.C. 2017 “Can the antral follicular count modulate the gene expression of bovine oviducts in Aberdeen Angus and Nelore heifers?” Published in *PLOS ONE*. August 29, 2018 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202017>.

LOJKIC.M, UVODIC.S, GETZ.I, SAMARDZIJA.M, ALADROVIC.J, MACESIC.N, KARADJOLE.T, BACIC.G, MATKOVIC.M, BENIC.M. 2016. “The influence of follicle size on the developmental kinetics of bovine embryos”. *Clinic for Reproduction and Obstetrics, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb, Croatia*. *Vet. arhiv* 86, 613-622, 2016.

MACKINNON.J, J.F TAYLOR, D.J.S HETZEL. 1990. “Genetic variation and covariation in beef cow and bull fertility” CSIRO. Australia, 4702 and James Cook University of North Queensland, Australia 4811. *J. Anim. Sci.* 1990. 68:1208-1214.

MC.NEEL.A.K, CUSHMAN.R.A. 2015.  
“Influence of puberty and antral follicle count on calving day crossbred beef heifers”. Article in Theriogenology 84 (7) · June 2015 with 12 Reads. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2015.06.010.

MEYER.K, P.F PARNELL, K.HAMMOND,  
M.J MACKINNON, S.SIVARAJASINGAM.1990. “Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle”. Article in Livestock Production Science ·Page: 158-162. June 1990 P.

MOLINUEVO.H.A 2005. “Genética bovina y producción en pastoreo”. INTA. Secretaria de Agricultura y Ganaderia de la Nación. Buenos Aires, Argentina. Capítulo I, II Y III. 347 páginas.

MOROTTI.F, FONSECA ZANGIROLAMO. A, COVRE DA SILVA. N, BIZARRO DA SILVA. C, OLIVEIRA ROSA. C, MARCONDES SENEDA. M. 2017. “Antral follicle count in cattle: advantages, challenges, and controversy”. Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE); Cabo de Santo Agostinho, PE, Brazil, August 17th to 19th, 2017. DOI: 10.21451/1984-3143-AR994.

MOROTTI.F, ZANGITOLAMO.A.F, COVRE DA SILVA.N, BIZARRO DA SILVA.C, ROSA.C.O, SENEDA.M.M. 2017 “Antral follicle count in cattle: advantages, challenges, and controversy”. Laboratório de Reprodução Animal, DCV-CCA-UEL, Londrina, PR, Brazil. Published in Animal Reproduction: 14(3):514-520 · January 2017 with 155 Reads. DOI: 10.21451/1984-3143-AR994

MOROTTI.F, MORETTIA.R, GOMES DOS SANTOS.G.M, SILVA-SANTOS.C, CERQUEIRAC.P.H.R SENEDA.M.M. 2018 “Ovarian follicular dynamics and conception rate in Bos indicus cows with different antral follicle counts subjected to timed artificial insemination. ” Laboratory of Animal Reproduction, University of Londrina, Parana, Brazil b Sheep Embryo Reprodução Animal, Assaí, Parana, Brazil c Statistical Department, University of Londrina, Parana, Brazil. Animal Reproduction Science. Volc188, January 2018, Pages 170-177.

MOSSA.F, JIMENEZ-KRASSEL.F <sup>1</sup>, FOLGER.J.K <sup>1</sup>, IRELAND.F.J.L.H <sup>1</sup>, SMITH.G.W <sup>2</sup>, LONERGAN.P, EVANS.A.C.O <sup>1</sup>, IRELAND.J.J <sup>2</sup>. 2010. "Evidence that high variation in antral follicle count during follicular waves is linked to alterations in ovarian androgen production in cattle." <sup>1,2</sup> School of Agriculture Food Science and Veterinary Medicine, and Conway Institute of Biomedical and Biomolecular Research, Department of Animal Science, Michigan State University. November 2010. DOI: 10.1530/REP-10-0214 ·

NAGAI.K, YANAGAWA.Y, KATAGIRI.S, NAGANO.M. 2015. "The relationship between antral follicle count in a bovine ovary and developmental competence of in vitro-grown oocytes derived from early antral follicles". Laboratory of Theriogenology, Department of Veterinary Clinical Sciences, Graduate School of Veterinary Medicine, Hokkaido University, Sapporo 060-0818, Japan (Received 4 December 2015; and accepted 19 December 2015). DOI: 10.2220/biomedres.37.63

RUST.T, E. GROENEVELD. 2001. "Variance component estimation on female fertility traits in beef cattle". South African Journal of Animal Science 2001. Page 31. South African Society of Animal Science.

TIEZZI.F, C.MALTECCA.2017. "Selecting for female fertility: What can be learned from the dairy experience". 2017 Beef improvement Federation Research symposium & convention. May 31- Jun 3. Athens, GA.