

**ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA  
EN VAQUILLONAS Y VACAS PARA CARNE EN ZONAS ÁRIDAS**

**Gabriela Esther Brunello**

Trabajo de Tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al título de

**MAGÍSTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

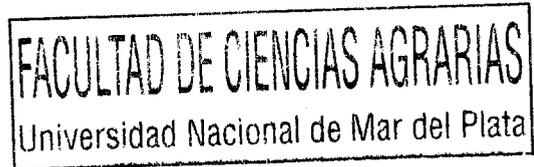
Área de Biotecnología de la Reproducción

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRARIAS

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA**

**Balcarce, Argentina**

**Octubre de 2018**



**ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA  
EN VAQUILLONAS Y VACAS PARA CARNE EN ZONAS ÁRIDAS**

**Gabriela Esther Brunello**

**Comité asesor:**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "J. Manes", written over a horizontal dotted line.

**Jorgelina Manes, Méd. Vet., M. Sc., Dra.**

**Directora de Tesis**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "J. Aller Atucha", written over a horizontal dotted line.

**Juan Florencio Aller Atucha, Méd. Vet., M. Sc., Dr.**

**Co-director de tesis**

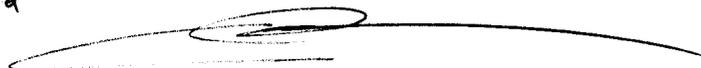
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
Universidad Nacional de Mar del Plata

**ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA  
EN VAQUILLONAS Y VACAS PARA CARNE EN ZONAS ÁRIDAS**

**Gabriela Esther Brunello**

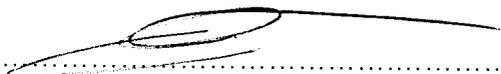
**Aprobada por:**

P/a

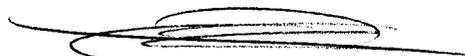


.....  
**José A. Nasca, Ing. Zootecnista, M. Sc., Dr.  
Evaluador**

P/a



.....  
**Rodolfo C. Stahringer, Méd. Vet., M. Sc., Ph. D.  
Evaluador**



.....  
**Ricardo H. Alberio, Méd. Vet., M. Sc., Ph. D.  
Evaluador**

## DEDICATORIA

A Eleazar por haberme acompañado al comienzo de esta etapa. Siempre estarás presente en mi corazón.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerzas para continuar.

A mi mamá, hermanos, sobrinos y cuñados por apoyarme siempre.

A Jorgelina Manes y su familia por tanto cariño, paciencia y aguante.

A Juan Aller por su compromiso, paciencia y dedicación.

A Tomas Vera, por su tiempo y dedicación en mi proceso de formación.

Al jurado evaluador, Dres. José Nasca, Rodolfo Stharinger y Ricardo Alberio por sus correcciones y sugerencias.

A todos mis compañeros de EEA La Rioja: administrativos, personal, equipo caprino, bovino y pastizales naturales, por haberme acompañando en todo lo que necesitaba durante mi formación y desarrollo de la tesis.

A Omar, Loncho, Rodrigo, Domingo, Felix, José, Santos, Juan Pablo y Nicolás por el compromiso y por aguantarme en todas las evaluaciones con los animales.

A Don Dardo Cabral padre, Dardo hijo, Juan y Rubén, por confiar en mi trabajo y su buena predisposición.

A mis amigos que siempre estuvieron dispuestos y me acompañaron: Victoria Ríos, Azul Castro, Juan Agüero, Colo Díaz y Marcos Narmona.

A mis amigas que me regalo la maestría: Rosario, July, Caro, Clarita y Guille por acompañarme siempre desde la distancia y cargar de buenas energías.

Y especialmente a mis compañeros y amigos: Roxana Ávila por su apoyo constante durante esta etapa, Carlitos Vera y Carlos Ferrando por su ayuda y consejos en la elaboración de la tesis.

A todos muchas gracias.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Hipótesis .....	3
1.2. Objetivo general .....	3
1.3. Objetivos particulares.....	3
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1. Caracterización geográfica y climática de Los Llanos de La Rioja.....	4
2.2. Características de la ganadería en Los Llanos de la Rioja .....	5
2.3. Vegetación nativa.....	6
2.4. Buffel Grass ( <i>Cenchrus Ciliaris</i> ) .....	6
2.5. Razas evaluadas.....	8
2.5.1. Raza Criollo Argentino .....	8
2.5.2. Raza Angus .....	9
2.6. Pubertad en la hembra bovina.....	10
2.6.1. Regulación endócrina de la pubertad.....	10
2.6.2. Desarrollo corporal en la hembra bovina.....	13
2.6.3. Factores que afectan el inicio de la pubertad .....	14
2.6.3.1. Factores genéticos- raciales .....	15
2.6.3.2. Efecto de la edad y peso sobre la pubertad.....	16
2.6.3.3. Efecto de la nutrición sobre la pubertad.....	16
2.6.4. Efecto del nivel nutricional sobre la secreción de hormonas .....	18
2.7. Suplementación en la recría bovina.....	22
2.8. Anestro posparto.....	24
2.8.1. Factores que afectan el anestro posparto .....	24
2.8.2. Mecanismos endocrinos .....	25
2.8.3. Efecto del amamantamiento y presencia del ternero.....	26
2.8.4. Nutrición .....	27
2.9. Estrategias de manejo para disminuir el efecto del amamantamiento .....	28
2.9.1. Destete .....	28
2.9.1.1. Efecto del destete sobre el ternero.....	29
2.9.2. Amamantamiento restringido .....	30

2.9.3. Destete temporario .....	30
2.9.4. Restricción al amamantamiento con tablilla nasal (“enlatado”).....	31
2.9.4.1. Efecto de la restricción del amamantamiento sobre el ternero.....	31
2.9.5. Suplementación del ternero al pie de la madre (Creep feeding).....	31
2.10. Tratamientos hormonales para inseminación artificial .....	32
2.10.1. Control de la fase luteal .....	33
2.10.1.1. Progesterona o progestágenos .....	33
2.10.1.2. Prostaglandinas (PGF <sub>α2</sub> ).....	34
2.10.2. Control del desarrollo folicular.....	34
2.10.2.1. Estrógenos .....	34
2.10.2.2. Hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) .....	35
2.10.2.3. Hormona gonadotrofina coriónica equina (eCG).....	36
2.11. Manejo del amamantamiento y tratamientos hormonales en IATF .....	36
2.11.1. Destete precoz e IATF .....	36
2.11.2. Destete temporario e IATF.....	37
2.11.3. Restricción al amamantamiento con tablilla nasal e IATF .....	37
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1. Experimento 1 .....	39
3.1.1. Lugar de trabajo y momento de realización .....	39
3.1.2. Precipitaciones.....	39
3.1.3. Animales utilizados y manejo.....	39
3.1.4. Tratamientos.....	40
3.1.5. Mediciones sobre los animales .....	40
3.1.5.1. Peso vivo .....	40
3.1.5.2. Ganancia diaria de peso vivo.....	40
3.1.5.3. Condición corporal .....	41
3.1.5.4. Alzada .....	41
3.1.5.5. Espesor de grasa de lumbar .....	41
3.1.5.6. Área pélvica .....	41
3.1.5.7. Medición de progesterona plasmática .....	41
3.1.6. Estudios ultrasonográficos .....	42
3.1.7. Determinación del inicio de la pubertad .....	43
3.1.8. Período de servicio por 60 días .....	43
3.1.9. Tasa de preñez.....	43
3.1.10. Mediciones en la pastura .....	43

3.2. Experimento 2 .....	44
3.2.1. Lugar de trabajo y momento de realización .....	44
3.2.2. Precipitaciones.....	44
3.2.3. Animales y manejo.....	44
3.2.4. Tratamientos.....	44
3.2.5. Mediciones en los animales .....	46
3.2.5.1. Peso vivo .....	46
3.2.5.2. Condición corporal .....	46
3.2.5.3. Presencia de celo.....	46
3.2.6. Estudios ultrasonográficos .....	46
3.3. Experimento 3 .....	47
3.3.1. Lugar de trabajo y momento de realización .....	47
3.3.2. Animales y manejo.....	47
3.3.3. Tratamientos.....	47
3.4. Diseño experimental y análisis estadísticos.....	48
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
4.1. Experimento 1 .....	50
4.1.1. Precipitaciones durante el período experimental.....	50
4.1.2. Mediciones en la pastura .....	50
4.1.3. Mediciones corporales al inicio del experimento .....	51
4.1.4. Peso vivo y ganancia diaria de peso.....	51
4.1.5. Estudios ultrasonográficos .....	53
4.1.5.1. Diámetro del folículo de mayor tamaño.....	53
4.1.5.2. Diámetro del cuerno uterino .....	54
4.1.5.3. Área Ovárica.....	55
4.1.5.4. Área del cuerpo lúteo y concentración de progesterona plasmática (P4) en vaquillonas que alcanzaron la pubertad.....	55
4.1.6. Edad y peso vivo a la pubertad .....	56
4.1.7. Mediciones corporales a los 15 meses de edad.....	57
4.1.8. Peso vivo al comienzo y final del servicio a los 15 meses de edad y ganancia diaria de peso.....	58
4.1.9. Peso vivo y condición corporal a los 27 meses de edad .....	59
4.1.10. Parámetros reproductivos en vaquillonas entoradas a los 15 y 27 meses de edad .....	59
4.2. Experimento 2 .....	61

4.2.1. Precipitaciones durante el período experimental.....	61
4.2.2. Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y ciclicidad al inicio del experimento .....	61
4.2.3. Diámetro del folículo de mayor tamaño al retiro del DIB .....	62
4.2.4. Tasa de celo .....	62
4.2.5. Tasa de ovulación.....	63
4.2.6. Tasa de preñez.....	63
4.2.7. Peso vivo de los terneros.....	64
4.3. Experimento 3 .....	64
4.3.1. Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y ciclicidad al inicio del experimento .....	64
4.3.2. Diámetro del folículo de mayor tamaño al retiro del DIB .....	65
4.3.3. Tasa de celo, ovulación y preñez .....	65
4.3.4. Peso vivo de los terneros .....	66
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>67</b>
<b>6. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>77</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Escore del tracto genital en bovinos	<b>14</b>
<b>Tabla 2:</b> Mediciones corporales (media±EE) en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS)	<b>51</b>
<b>Tabla 3:</b> Ganancia diaria de peso (media±EE) durante el período seco (mayo-septiembre) y húmedo (octubre-febrero), en vaquillonas suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS) de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA)	<b>53</b>
<b>Tabla 4:</b> Área del cuerpo lúteo (ACL) y concentración de progesterona plasmática (P4) (media±EE) en vaquillonas puberales de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS)	<b>56</b>
<b>Tabla 5:</b> Edad y peso vivo (media±EE) en vaquillonas que alcanzaron la pubertad suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS) de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA)	<b>56</b>
<b>Tabla 6:</b> Mediciones corporales preservicio a los 15 meses de edad (media±EE) en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS)	<b>58</b>
<b>Tabla 7:</b> Peso vivo al inicio y final (media±EE) del período de servicio y ganancia diaria de peso en vaquillonas de 15 meses de edad de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS).	<b>58</b>
<b>Tabla 8:</b> Peso vivo y condición corporal preservicio en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) de 27 meses de edad suplementadas con maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS)	<b>59</b>

<b>Tabla 9:</b> Parámetros reproductivos en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS)	<b>60</b>
<b>Tabla 10:</b> Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y porcentaje de vacas cíclicas (media±EE) al inicio del experimento en vacas con amamantamiento restringido (tablilla nasal durante 14 días en terneros; AR) y control (C) en razas Angus (A) y Criollo Argentino (CA)	<b>62</b>
<b>Tabla 11:</b> Parámetros reproductivos en vacas con amamantamiento restringido (AR) y control (C) en razas Angus (A) y Criollo Argentino (CA)	<b>63</b>
<b>Tabla 12:</b> Peso vivo y ganancia diaria de peso de los terneros (media±EE) con amamantamiento restringido (AR) y Control (C) en Angus (A) y Criollo Argentino (CA)	<b>64</b>
<b>Tabla 13:</b> Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y porcentaje de ciclicidad (media±EE) al inicio del experimento en vacas A con amamantamiento restringido (AR) y Control (C)	<b>65</b>
<b>Tabla 14:</b> Parámetros reproductivos en vacas con amamantamiento restringido (AR) y Control (C)	<b>65</b>
<b>Tabla 15:</b> Peso vivo y ganancia diaria de peso en terneros (media±EE) con amamantamiento restringido (AR) y Control (C)	<b>66</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación geográfica de la Región de Los Llanos de la Rioja a nivel provincial y nacional	<b>4</b>
<b>Figura 2:</b> Imagen del pastizal natural de la región de los Llanos de la Rioja, (A) en estado diferido sin pastoreo y (B) pastizal natural degradado en el mismo período	<b>6</b>
<b>Figura 3:</b> Pastura de Buffel grass en los Llanos de La Rioja en dos momentos del año (A) en estado vegetativo durante el período húmedo (octubre-abril) y (B) en estado diferido durante el período seco (mayo-septiembre)	<b>7</b>
<b>Figura 4:</b> Animales de raza Criollo Argentino de la región de los Llanos de La Rioja, en (A) Vaca adulta de pelaje doradillo en amamantamiento y (B) toro adulto de pelaje overo negro	<b>9</b>
<b>Figura 5:</b> Animales de la raza Angus en sistemas de cría de los Llanos de La Rioja: (A) vaca adulta en amamantamiento y (B) toro adulto	<b>10</b>
<b>Figura 6:</b> Cambios endócrinos y ováricos que ocurren cuando la hembra bovina inicia la pubertad. Adaptado de Day y Anderson (1998)	<b>12</b>
<b>Figura 7:</b> Representación esquemática de los efectos de la leptina en el páncreas endocrino y el eje hipotálamo-hipófisis en animales. Adaptado por Williams <i>et al.</i> , (2002)	<b>21</b>
<b>Figura 8:</b> Presentación esquemática de los tratamientos	<b>45</b>
<b>Figura 9:</b> Registro mensual de las precipitaciones en el Campo experimental “Las Vizcacheras”, durante el período de estudio (mayo del 2016 a mayo del 2018). Datos proporcionados por la estación meteorológica del grupo de agua, clima y suelo de la EEA INTA La Rioja	<b>50</b>
<b>Figura 10:</b> Evolución del peso vivo (media $\pm$ EE) en vaquillonas Aberdeen Angus (A) con suplementadas con grano de maíz y concentrado proteico (A-CS), sin suplementación (A-SS), Criollo Argentino con suplementación (CA-CS) y sin suplementación (CA-SS). El día 0 corresponde al inicio de la suplementación (junio 2016; 192 $\pm$ 0,2 días de edad) y el día 245 al primer servicio y fin de la suplementación (febrero de 2017; 437 días de edad). La línea hace referencia al día 111 $\pm$ 2,8 (media $\pm$ EE) de evaluación y representa el punto de quiebre,	

momento en que se produce el cambio de peso de los animales entre el período seco y el período húmedo.	52
<b>Figura 11:</b> Evolución del diámetro del folículo de mayor tamaño (DMFT; media±EE) en vaquillonas Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS)	53
<b>Figura 12:</b> Evolución del diámetro del cuerno uterino (DCU; media±EE) en vaquillonas Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS)	54
<b>Figura 13:</b> Evolución del área ovárica (AOV; media±EE) en vaquillonas Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS)	55
<b>Figura 14:</b> Porcentaje acumulado (%) de vaquillonas suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta el primer servicio a los 15 meses de edad (437±2,3 días) y sin suplementación (SS) que iniciaron la pubertad en función de la edad en días	57
<b>Figura 15:</b> Porcentaje relativo porcentual (%) de vaquillonas paridas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta el primer servicio a los 15 meses de edad y sin suplementación (SS), en función de la fecha de parto	60
<b>Figura 16:</b> Registro mensual de las precipitaciones en el Campo “Los Cerrillos” de la EEA INTA La Rioja, años 2016 y 2017. Datos proporcionados por la estación meteorológica del grupo de agua, clima y suelo de la EEA INTA La Rioja	61
<b>Figura 17:</b> Efecto del DFMT (medido el día 8) sobre la probabilidad de celo (%) en vacas de raza A (Angus) y CA (Criollo Argentino)	63
<b>Figura 18:</b> Efecto del DFMT (medido el día 8) sobre la probabilidad de ovulación en vacas Angus.	66

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar estrategias que permitan incrementar la eficiencia reproductiva del rodeo bovino en pastoreo en zonas áridas, se realizaron tres experimentos en Los Llanos de La Rioja. **Experimento 1:** En 36 terneras pastoreando Buffel grass, se asignaron 4 tratamientos: Angus (A, n=9) y Criollo Argentino (CA, n=9) con suplementación (CS, ración energético-proteica, 85% de maíz partido y 15% concentrado proteico a razón del 1% del PV/día) desde el destete hasta el comienzo del primer servicio (15 meses de edad) y Angus (n=9) y Criollo Argentino (n=9) sin suplementación (SS). El servicio tuvo una duración de 60 días y se utilizó un 5% de toros. El diagnóstico de gestación se realizó por ecografía a los 40 días de finalizado el servicio. A partir de los 192 días de edad, el PV y la CC fueron evaluados cada 14 días y desde los 338 días de edad se realizaron ecografías para determinar el diámetro del folículo de mayor tamaño, el diámetro del cuerno uterino y el área ovárica. La pubertad se definió por la presencia del primer cuerpo lúteo y concentración de progesterona plasmática mayor a 1 ng/ml. A los 27 meses de edad, las vaquillonas recibieron el segundo servicio con 5% de toros. Las vaquillonas CS presentaron mayor desarrollo corporal y genital, alcanzando la pubertad  $37,6 \pm 3,0$  días antes que las vaquillonas SS. La suplementación no aumentó el porcentaje de preñez en vaquillonas (CS=89,0%; SS=83,0%;  $p > 0,05$ ), independientemente de la raza. En las hembras CS de ambas razas existió una tendencia ( $p = 0,09$ ) a mejorar los porcentajes de preñez (+27%) en el segundo servicio. **Experimento 2:** En el Campo Anexo "Los Cerrillos", 146 vacas pluríparas con cría al pie pastoreando Buffel grass con  $76,2 \pm 3,0$  días posparto, fueron asignados aleatoriamente 4 tratamientos: Vacas Angus (n=37) y Criollo Argentino (n=37) con amamantamiento restringido (AR): terneros con tablilla nasal durante 14 días que permanecen con sus madres y vacas Control (C): Angus (n= 35) y Criollo Argentino (n=37): terneros con amamantamiento *ad libitum*. El Día 0, las vacas recibieron un dispositivo intravaginal con progesterona durante 8 días y a los terneros se les colocó la tablilla nasal durante 14 días. La IATF se realizó con semen congelado y para el diagnóstico de preñez se utilizó la ultrasonografía a los 35 días. En los terneros se determinó el peso a los días 0, 14 y al destete (4 meses de edad) del experimento. No hubo interacción raza por tratamiento. El porcentaje de preñez no difirió entre tratamientos (AR=51,0%; C=53,0;  $p > 0,05$ ), independientemente de la raza. Al destete, los terneros del tratamiento C fueron 12,2 kg más pesados que los terneros del AR. **Experimento 3:** En el establecimiento "Balde el Tala", 109 vacas Angus pluríparas con cría al pie con  $59,9 \pm 0,7$  días de posparto fueron asignadas a los

mismos tratamientos y evaluaciones del experimento 2. La restricción del amamantamiento no aumentó ( $P>0,05$ ) el porcentaje de preñez (AR=66,0%; C=72,0%). Los terneros del tratamiento C fueron 8,6 kg más pesados al destete que los terneros del AR. Los resultados demostraron que: a) la suplementación energético-proteica en vaquillonas de raza A y CA desde el destete al primer servicio, mejoró el desarrollo corporal y los parámetros reproductivos, aunque no incrementó los porcentajes de preñez en el servicio a los 15 y 27 meses de edad y b) en vacas pluríparas, el tratamiento AR combinado con un tratamiento hormonal con progesterona para IATF no mejoró el porcentaje de preñez y afectó negativamente el peso de los terneros al destete.

Palabras clave: pubertad, suplementación, amamantamiento restringido, preñez, bovino.

## ABSTRACT

With the objective of evaluating strategies to increase the reproductive efficiency of cattle grazing in arid areas, we carried out three experiments Los Llanos of La Rioja region. **Experiment 1:** Thirty six female calves grazing buffel grass pasture (*Cenchrus ciliaris*) were randomly assigned to four treatments: Angus (n=9) and Criollo Argentino (n=9) with supplementation (WS, protein-energy ration, 85% cracked corn and 15% commercial protein concentrated) at the ratio of 1% live weight/day from weaning to the beginning of the first natural mating (15 months of age) and Angus (n=9) and Criollo Argentino (n=9) without supplementation (Control). Natural mating lasted 60 days with 5% bulls. Pregnancy diagnosis was performed by transrectal of ultrasonography 40 days after the end of mating. Live weight (LW) and body condition score (BCS) were determined every 14 days from the beginning of the experiment. Diameter of largest follicle, diameter of the uterine horn and ovarian area were evaluated from 338 days old. Puberty was determined by detection of corpus luteum and plasma progesterone concentration >1 ng/ml. A second natural mating was carried out at 27 months of age. Supplemented heifers showed greater LW, BCS and genital development, reaching puberty  $30.5 \pm 2.0$  days before than those without supplementation. Supplementation did not increase ( $P > 0.05$ ) the pregnancy rate (WS=89.0%; Control=83.0%) regardless of breed. However, a tendency ( $P < 0.09$ ) to improve the pregnancy rate (+27%) in the second service for WS females was observed. **Experiment 2:** At the "Los Cerrillos" farm, pluriparous suckled cows (A, n=72 and CA, n=74) with  $76.2 \pm 3.0$  days postpartum, and grazing buffel grass pasture, received four treatments: cows Angus (n=37) and Criollo Argentino (n=37) with nose-flap calves (restricted suckling, RS) and cows Angus (n=35) and Criollo Argentino (n=37) nursing unrestricted calves (Control, C). Day 0, cows received an intravaginal progesterone device during 8 days and calves were fit with a nose-flap for 14 days. The fixed-time AI (FTAI) was performed with frozen semen and 35 days after FTAI, pregnancy diagnosis was performed. On days 0, 14 and at the weaning (4 months of age) of the experiment, individual calf live weight was recorded. Pregnancy rates did not differ ( $P > 0.05$ ) between treatments (RS=51.0%; C=53.0%). At weaning, calves of C treatment were 12.2 kg heavier than calves of RS treatment. **Experiment 3:** At the "Balde Tala" farm, pluriparous suckling Angus cows (n=109) with  $59.9 \pm 0.7$  days postpartum were randomly assigned to similar treatments and measurements of Experiment 2. Restriction of suckling did not improve ( $P > 0.05$ ) the pregnancy rate (RS=66.0%; C=72.0%). Calves of C treatment were 8.6 kg heavier at weaning than calves of RS treatment. Results of these experiments showed that: a)

protein-energy supplementation from weaning to first service improved the body development and reproductive parameters in both breeds (A and CA), but did not increase the pregnancy rate of first (15 months) and second (27 months) natural mating; and b) in pluriparous cows, RS using nose-flaps in calves, combined with a hormonal treatment with intravaginal progesterone device for FTAI, did not improve the pregnancy rate and affected negatively the live weight of the calves at weaning.

Key words: puberty, supplementation, restricted suckling, pregnancy, cattle.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Llanos Riojanos comprenden un área de 4,8 millones de hectáreas (ha) que se encuentran ubicados en la región denominada Chaco Árido (Morello *et al.*, 1985), donde las precipitaciones no superan los 400 mm anuales y el principal recurso forrajero para la ganadería bovina y caprina es el pastizal natural. Debido a la excesiva deforestación y a la intensidad del pastoreo, se estima que la productividad forrajera se encuentra un 50% por debajo de su potencial (Blanco *et al.*, 2005) reduciendo significativamente la receptividad de los establecimientos.

Las razas bovinas predominantes y con mayor adaptación a la región son Aberdeen Angus, Hereford y sus cruzamientos con el ganado Criollo Argentino y Cebú (Namur *et al.*, 2002).

El principal producto que se obtiene en los sistemas ganaderos es el ternero, el cual se destina principalmente a recría y engorde en otras provincias (Villagrán, 2009). En la mayoría de los establecimientos, los índices de destete son menores al 50% y no superan los 6 kg de carne/ha/año, debido a la pérdida de la capacidad de carga y al manejo deficiente de los animales (Guevara *et al.*, 2009). Estas bajas tasas de procreo, determinadas por una elevada edad al primer servicio (27-39 meses) y largos períodos de anestro posparto (>120 días en vacas de primera cría) limitan la producción de carne lograda por hectárea (Viñoles *et al.*, 2015). Una alternativa para intensificar los sistemas de cría bovina, es reducir la edad al primer entore. Sin embargo, en esta región, no existen investigaciones donde se evalúe la respuesta productiva y reproductiva de las vaquillonas entoradas a los 15 meses. El beneficio de esta alternativa radica en eliminar una categoría improductiva del rodeo e incrementar consecuentemente, el número de animales en producción.

Los eventos que conducen a la pubertad en las vaquillonas dependen en gran parte del estado nutricional del animal. La baja tasa de ganancia de peso de las terneras y el bajo peso al destete se asocian con retrasos en la edad a la pubertad (Patterson *et al.*, 1992, Viñoles *et al.*, 2016). Una correcta nutrición después del destete tiene un profundo impacto sobre la eficiencia reproductiva de la vaquillona para carne (Hall, 2013). Numerosos trabajos han demostrado que el correcto aporte de nutrientes luego del destete afecta la edad a la pubertad, lo que determina que los animales lleguen ciclando regularmente y con un peso óptimo al primer servicio (Gasser *et al.*, 2006; Hall, 2013; Viñoles *et al.*, 2016).

Como se mencionó anteriormente, la duración del anestro posparto es una de las principales causas que afecta la eficiencia reproductiva y productiva en el ganado

bovino (Short *et al.*, 1990). Uno de los factores que incrementa su duración es el efecto del amamantamiento y la continua presencia del ternero (Lamb *et al.*, 1999), ya que incrementa los efectos negativos de los péptidos opioides endógenos y del estradiol sobre el hipotálamo y la hipófisis (Short *et al.*, 1990; Yavas y Walton, 2000). Por estos motivos, las técnicas que inhiben el estímulo del amamantamiento se presentan como alternativas de fácil aplicación, que permiten mejorar la eficiencia reproductiva en las vacas de cría y acortar el anestro. Entre las más utilizadas se encuentran el destete precoz, el destete temporario y la aplicación de la tablilla nasal (Alberio *et al.*, 1984; Breton *et al.*, 1991; Stahringer, 2003). Esta última, presenta la ventaja de su bajo costo y facilidad de manejo.

Otra alternativa para acortar la duración del anestro posparto, es el uso de dispositivos intravaginales impregnados con progesterona. La exposición a progesterona es un prerequisite necesario para que se produzca el estro posterior al parto. Además, el uso de esta hormona combinada con sales de estrógenos, permite realizar la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), técnica reproductiva importante para el mejoramiento genético.

Los tratamientos hormonales en combinación con estrategias de manejo para disminuir el efecto del amamantamiento pueden aumentar el desempeño reproductivo, acortando el anestro posparto y posibilitando la aplicación de la IATF (Bó y Cutaia, 2005). El uso combinado de la restricción del amamantamiento mediante la tablilla nasal con un tratamiento para inducción y sincronización de celos/ovulación con progesterona intravaginal, podría mejorar la tasa de preñez en vacas en anestro siendo una alternativa fácil y de bajo costo para mejorar los índices reproductivos en estos frágiles sistemas de producción.

## **1.1. Hipótesis**

### **1.1.1. En terneras prepúberes**

- a) La suplementación energético-proteica adelanta el inicio de la pubertad y mejora los porcentajes de preñez en los dos primeros servicios a los 15 y 27 meses de edad.
- b) En vaquillonas de raza Angus (A), el inicio de la pubertad se produce antes que en las terneras de raza Criollo Argentino (CA).

### **1.1.2. En vacas**

- a) El tratamiento con progesterona intravaginal para una inseminación artificial a tiempo fijo combinado con la restricción del amamantamiento mediante el uso de la tablilla nasal durante 14 días en los terneros, aumenta la tasa de preñez en vacas pluríparas.

## **1.2. Objetivo General**

Evaluar estrategias de manejo que permitan incrementar la eficiencia reproductiva del rodeo bovino en pastoreo en los Llanos de La Rioja.

## **1.3. Objetivos particulares**

**1.3.1. Experimento 1:** Evaluar el efecto de la suplementación energético-proteica en vaquillonas Angus y Criollo Argentino sobre:

- a) Parámetros de desarrollo corporal: peso vivo (PV), condición corporal (CC), alzada, espesor de grasa lumbar (P8), área pélvica (AP) y edad a la pubertad.

- b) Parámetros reproductivos: área ovárica (AOV), diámetro del folículo de mayor tamaño (DFMT), área del cuerpo lúteo (ACL), diámetro del cuerno uterino (DCU), concentración de progesterona plasmática (P4) y tasa de preñez.

**1.3.2. Experimento 2 y 3:** Evaluar el efecto de la restricción del amamantamiento con el uso de tablilla nasal en terneros combinado con un tratamiento hormonal para IATF en vacas para carne en pastoreo sobre parámetros reproductivos:

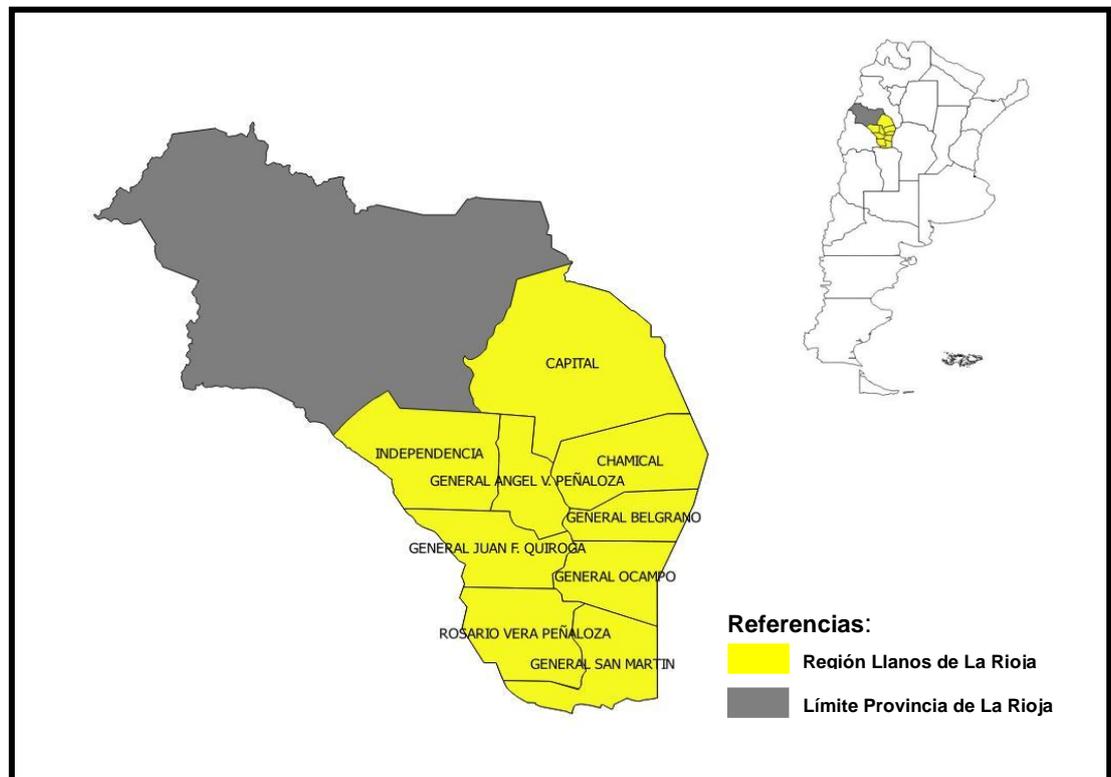
- a) Diámetro del folículo de mayor tamaño (DFMT), presencia de cuerpo lúteo (PCL), presencia de celo (PC) y tasa de preñez.

- b) Evaluación del peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) en vacas y terneros.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Caracterización geográfica y climática de Los Llanos de La Rioja

En la provincia de La Rioja, la región denominada “Los Llanos”, corresponde al Chaco Árido Argentino que se encuentra localizado en el centro-norte del país. Los Llanos Riojanos abarcan un área de 4.800.000 ha que comprende nueve departamentos de la provincia (Capital, Independencia, Ángel V. Peñaloza, Chamental, Gral. Belgrano, Gral. Ocampo, San Martín, Rosario V. Peñaloza, Juan F. Quiroga) (Figura 1).



**Figura 1:** Ubicación geográfica de la Región de Los Llanos de la Rioja a nivel provincial y nacional.

El clima es semiárido caracterizado por verano cálido e invierno suave (Morello *et al.*, 1985). La precipitación media anual disminuye de 450 mm al este a 200 mm al oeste, ocurriendo el 80% entre octubre y abril. La precipitación promedio anual presenta una alta variabilidad entre años (coeficiente de variación interanual: 32,6%). Así, es posible que para una misma localidad se presenten años húmedos superiores a 450 mm y otros años de sequía donde las precipitaciones son menores a 244 mm anuales.

## 2.2. Características de la ganadería en los Llanos de la Rioja

El 90% de la producción, tanto de ganado mayor como menor en la provincia de La Rioja, se desarrolla en los Llanos Riojanos. La principal actividad productiva de importancia es la ganadería extensiva bovina y en segundo lugar la caprina y ovina. La fuente de alimentación para los animales es la vegetación nativa, con el aporte de pequeñas superficies de pasturas introducidas. Los pastos, arbustos y árboles naturales presentan una marcada estacionalidad en su crecimiento que coincide con el período de mayores precipitaciones (octubre-abril) (Anderson *et al.*, 1977).

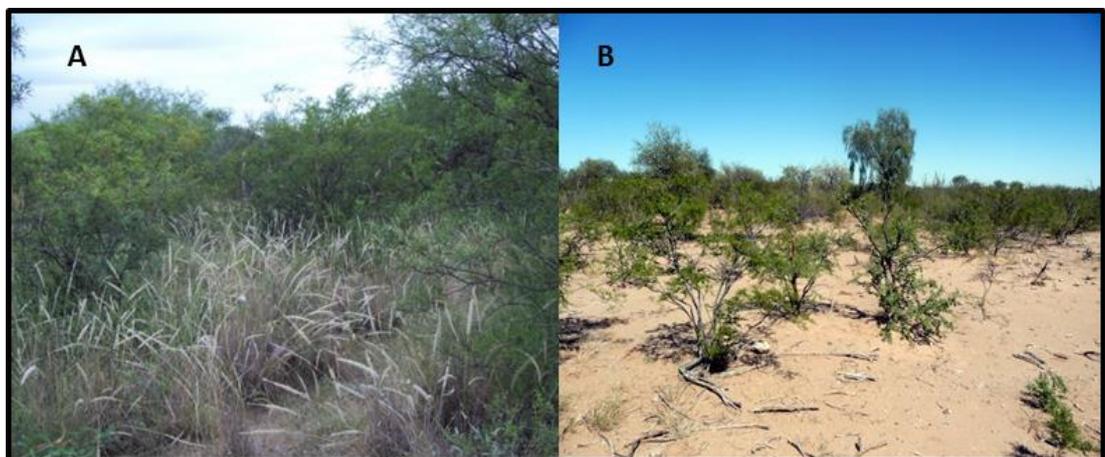
El stock de bovinos provincial es de 182.579 de cabezas (SENASA, 2018), de los cuales el principal producto que se obtiene de los sistemas ganaderos es el ternero que se destina a recría y engorde en otras provincias (Villagrán, 2009). Otro importante producto para la comercialización es la venta de vacas y vaquillonas de rechazo, las que generalmente son comercializadas con destino a invernada (Ferrando y Burghi, 1998a). Además, la producción de vacas gordas para consumo es una alternativa para diversificar los productos finales de los sistemas de cría extensiva.

La baja receptividad actual (18 UG/ha, Guevara *et al.*, 2009) y la falta de manejo del rodeo bovino (servicio continuo, escasa selección y manejo sanitario, destetes inoportunos, inadecuado manejo nutricional, entre otros) determina que el promedio regional de terneros logrados no supere el 50% y la producción de carne promedio alcance tan solo los 6 kg/ha (Ferrando *et al.*, 2006). Sólo un número reducido de productores realiza estacionamiento del servicio, práctica que se inicia entre el 15 y 31 de enero, con una duración de 90 días. El mismo se hace teniendo en cuenta que la parición coincida con la época de mayor cantidad y calidad de los recursos forrajeros (octubre-diciembre; Ferrando y Namur, 2011).

### 2.3. Vegetación nativa

En esta región de Los Llanos, la vegetación nativa es la principal fuente de forraje para los animales domésticos (Anderson *et al.*, 1980). La vegetación presenta una fisonomía de arbustal continuo con árboles aislados y un estrato herbáceo discontinuo conformado principalmente por pastos perennes (Morello *et al.*, 1985). Los principales géneros del estrato leñoso incluyen *Larrea*, *Aspidosperma*, *Prosopis* y *Mimozyanthus* y los de gramíneas perennes incluyen *Pappophorum*, *Trichloris*, *Setaria*, *Aristida*, *Chloris* y *Neobouteloua*. La estación de crecimiento se extiende desde el mes de septiembre hasta abril en especies leñosas y de noviembre a marzo en pastos.

Las gramíneas forrajeras nativas, por diversas causas como el sobrepastoreo y la tala indiscriminada, se encuentran en una etapa de deterioro que ha generado amplias áreas degradadas y expuestas al peligro de erosión, en las que la producción es prácticamente nula (Figura 2). Una de las estrategias más utilizadas para lograr la rápida restauración de la cobertura de pastos y la capacidad de carga de áreas altamente degradadas es el rolado y siembra del Buffel grass (Blanco *et al.*, 2013).



**Figura 2:** Imagen del pastizal natural de la región de los Llanos de la Rioja, (A) en estado diferido sin pastoreo y (B) pastizal natural degradado en el mismo período.

### 2.4. Buffel Grass (*Cenchrus Ciliaris*)

El Buffel grass es una de las pasturas tropicales introducidas en el país que tiene mayor aceptación en zonas áridas y semiáridas. Es originaria de África tropical y subtropical, India e Indonesia. Es una gramínea perenne, de raíces profundas que resiste la sequía, así como el pastoreo intensivo y la quema (Giraudó, 2003). Esta

forrajera requiere un mínimo de 300 mm de lluvia en su periodo de crecimiento. Comienza a rebrotar con las lluvias de primavera y se seca con las primeras heladas a fines de mayo y/o principios de junio. La temperatura óptima para su crecimiento se encuentra entre 25 y 35°C (Namur *et al.*, 2014).

La evaluación de distintas especies forrajeras en la EEA-INTA La Rioja, permitió identificar al Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L. cv. Texas 4464), como una pastura de excelente adaptación a las condiciones ambientales de la región (Namur *et al.*, 2014), logrando detener los procesos erosivos, recuperando en 2-3 años la capacidad productiva forrajera en las áreas más degradadas (Blanco *et al.*, 2001). Su introducción en los campos ganaderos, permite incrementar la producción de forraje desde 800-1.500 kg MS/ha/año (producción de pastizales naturales) a 2.500-5.000 kg MS/ha (producción de un lote de Buffel ya implantado). La práctica más difundida es implantarlo conjuntamente con el desmonte, detrás del rolo o la rastra de disco de tiro excéntrico. En estado vegetativo, el pasto tiene un alto porcentaje de hojas (mayores al 80%), alto nivel de proteína (superior al 10%) y buena digestibilidad (65-68%). Esta calidad de forraje permite obtener ganancias de peso en bovinos que varían entre 0,650 a 0,700 kg/cab/día (Namur *et al.*, 2014, Figura 3).



**Figura 3:** Pastura de Buffel grass en los Llanos de La Rioja en dos momentos del año (A) en estado vegetativo durante el período húmedo (octubre-abril) y (B) en estado diferido durante el período seco (mayo-septiembre).

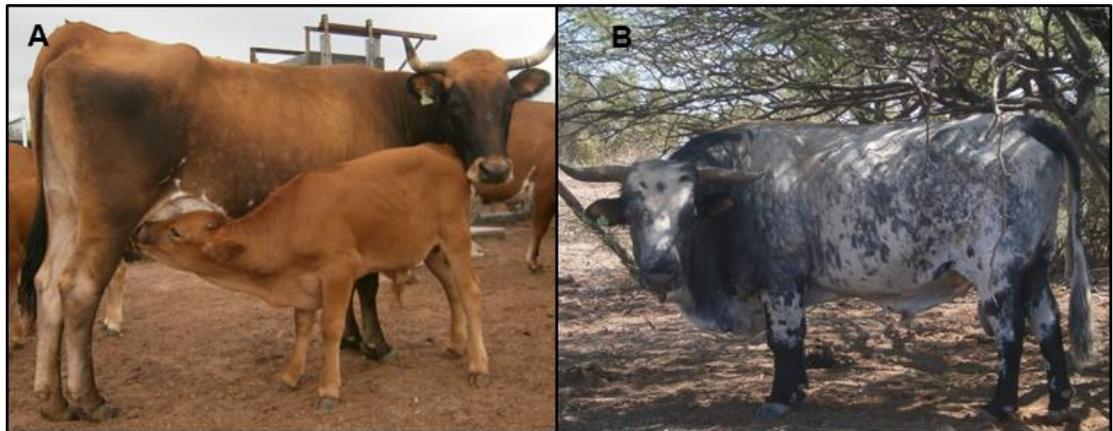
## 2.5. Razas evaluadas

### 2.5.1. Raza Criollo Argentino

El ganado bovino Criollo se originó de los primeros bovinos ingresados por Colón a las islas de las Grandes Antillas en 1493. Los conquistadores españoles trajeron bovinos de tipo Ibérico y fueron agrupados en diferentes razas, según sean del norte, del centro o del sur de América (Tagle y Inchausti, 1946). A partir de su ingreso se multiplicaron y se difundieron por todo el territorio argentino mediante la cría libre. En 1570 fueron llevados a Santa Fe y en 1580 a Buenos Aires (2ª Fundación), lo cual contribuyó a una mayor difusión en la zona pampeana. A fines del siglo XIX, esta raza fue desplazada de la zona templada del país hacia zonas marginales por la introducción de las razas británicas (Mezzadra y Melucci, 2005).

La vaca criolla es de tamaño mediano (400 a 440 kg), de conformación angulosa, su inserción de cola es alta y adelantada, lo que determina una mayor amplitud del canal del parto. Tiene una buena implantación de ubre, de mediano desarrollo y con buena disposición de sus cuartos. La producción de leche es suficiente para alimentar satisfactoriamente a su cría (de 4 a 6 litros diarios). El peso del toro varía entre 600 y 800 kg a la edad adulta. Esta raza se distingue por su mansedumbre y docilidad lo que facilita su manejo. Sus pelajes son todos los posibles en el *Bos taurus*, sobre las capas básicas blanca, doradilla y negra, con todas sus combinaciones conocidas (Sal Paz, 1985).

Con el objeto de conocer el comportamiento productivo y reproductivo en los Llanos Riojanos, la EEA-INTA La Rioja realizó evaluaciones en la raza pura y en sus cruzas durante 16 años. Estas evaluaciones fueron realizadas en áreas representativas de la zona, atravesando diferentes contingencias climáticas y con distintos sistemas de pastoreo. Los resultados obtenidos indican que los índices reproductivos y productivos se mantienen elevados (90% preñez), en condiciones de cría extensiva sobre pastizales naturales. Por todo lo anteriormente mencionado, la raza CA posee cualidades (facilidad de parto, habilidad materna, capacidad de desplazamiento, mansedumbre), que se traducen en índices productivos que permiten mejorar la ganadería regional. Todas estas cualidades son perfectamente conocidas por los productores de la región. Sin embargo, se trata de evitar tener un alto porcentaje de sangre Criollo debido a los menores precios obtenidos por sus terneros en la feria. Los resultados demuestran que la raza CA se adapta perfectamente a las condiciones de la región y es una herramienta clave para la producción de carne en zonas marginales (Namur *et al.*, 2002; Figura 4).



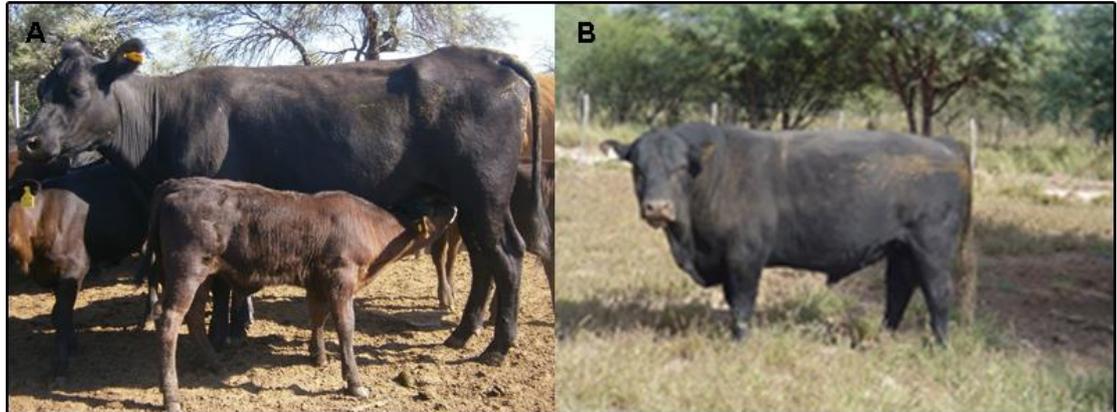
**Figura 4:** Animales de raza Criollo Argentino de la región de los Llanos de La Rioja, en (A) Vaca adulta de pelaje doradillo en amamantamiento y (B) toro adulto de pelaje overo negro.

### 2.5.2 Raza Angus

La raza se originó en el noroeste de Escocia, en los condados de Aberdeen, Kincardine y Angus, conocidos antiguamente con el nombre de Forfarshire (Tagle, 1975). Se caracteriza por ser un vacuno rústico, mocho y de pelajes negro o colorado (AAA, 2007). Posee una gran capacidad de adaptación, rusticidad, prolificidad y producción de carne de calidad.

En la Argentina, la raza Angus presenta puntajes intermedios de frame score (4-5), dadas las características del mercado local de producción de animales de tamaño corporal moderado. De las razas británicas, es la raza que presenta mayor facilidad de parto, ya que su ternero es de bajo peso al nacer, que compensa hasta el destete con un buen crecimiento diario. Esto la convierte en la raza ideal para zonas de monte o sierra, donde las vacas en parición no se pueden observar dos o tres veces por día (AAA, 2007).

En los Llanos de la Rioja, resultados de 11 años de evaluación realizados por Ferrando *et al.* (2006), demostraron que es una raza adaptada a la zona debido a los altos índices productivos. Posee índices de destete superiores al 80% cuando el manejo de los recursos forrajeros y del rodeo se realiza en concordancia con las condiciones ambientales (Figura 5). Los resultados indican que las hembras media sangre tanto Criollo Argentino x Angus como Angus x Criollo Argentino representan una importante alternativa para incrementar los índices productivos de cría de la región (Namur *et al.*, 2008).



**Figura 5:** Animales de la raza Angus en sistemas de cría de los Llanos de La Rioja: (A) vaca adulta en amamantamiento y (B) toro adulto.

## 2.6. Pubertad de la hembra bovina

La pubertad se puede definir como la presentación del primer comportamiento estral acompañado por el desarrollo de un cuerpo lúteo (CL) funcional que se mantiene por un período de tiempo propio para cada especie (Kinder *et al.*, 1987). Honaramooz *et al.* (2004) consideran que el inicio de la pubertad se produce cuando las concentraciones de progesterona plasmática superan 1,0 ng/ml y se detecta la presencia de un CL, ambos como indicadores de la primera ovulación.

Faure y Morales (2003), definieron la pubertad como un proceso gradual que aparece en la etapa de desarrollo somático de un individuo, donde se hace posible la reproducción y finaliza con la madurez sexual. Este proceso se caracteriza por la presencia de un marcado incremento en la frecuencia de los pulsos de secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), especialmente de la hormona luteinizante (LH), desarrollo de los genitales y de los caracteres sexuales secundarios.

### 2.6.1. Regulación endócrina de la pubertad

El inicio de la pubertad es el resultado de una serie de eventos complejos que ocurre dentro del eje endocrino reproductivo (Schillo *et al.*, 1992). De todos estos eventos, existe uno que está claramente entendido como la retroalimentación negativa del estradiol sobre la liberación de la hormona luteinizante (LH).

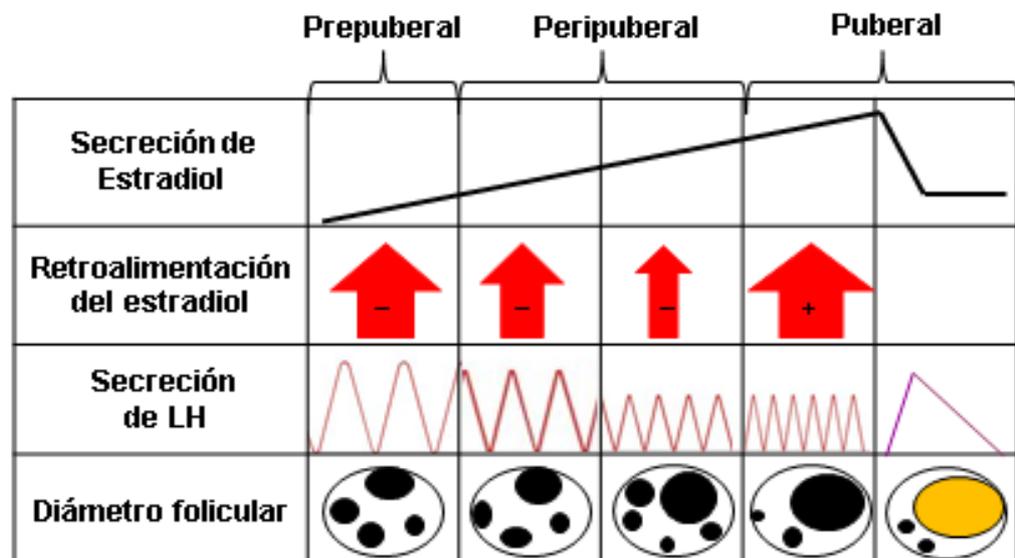
En hembras prepúberes la secreción de LH resulta de una disminución en el número de receptores de estradiol en el hipotálamo y/o la hipófisis (Day *et al.*, 1987). Esta disminución en la sensibilidad al estradiol permite un aumento de la secreción de gonadotropinas, el crecimiento del folículo, aumento en las concentraciones de

estradiol, LH y la ovulación (Atkins *et al.*, 2013). El hipotálamo en vaquillonas prepuberales es el último componente en el eje hipotálamo-hipofisario-ovárico en madurar, al recibir un estímulo apropiado, las terneras son capaces de liberar GnRH en cantidades adecuadas para liberar gonadotropinas y causar la ovulación de un folículo y la formación de tejido luteal (Kinder *et al.*, 1995).

Los cambios en los receptores de estrógeno y la kisspeptina son nuevos mecanismos en el eje hipotálamo-hipofisario-ovárico, que ayudan a explicar la maduración final del hipotálamo antes del inicio de la pubertad (Atkins *et al.*, 2013). El efecto inhibitorio del estradiol sobre la secreción de GnRH es indirecto, ya que las neuronas que contienen GnRH no tienen receptores de estrógenos. Las neuronas con estos receptores se encuentran en varias regiones del hipotálamo (Day *et al.*; 1998). La disminución de los receptores de estrógeno puede explicar la sensibilidad reducida al estradiol y el aumento de la secreción de GnRH y LH. La kisspeptina se ha convertido en un posible mediador entre los esteroides y la secreción de GnRH. Este potente estimulador de las secreciones de GnRH, tiene un fuerte control en los esteroides en el inicio de la pubertad en muchas especies (Smith *et al.*, 2008).

Esta disminución de sensibilidad al estradiol permite una mayor secreción de GnRH que produce la descarga pulsátil de LH (Day *et al.*, 1984, Schillo, *et al.*, 1992). Este aumento de LH prepuberal es esencial para estimular el aumento de la producción de estradiol a niveles lo suficientemente altos como para inducir la primera oleada preovulatoria de gonadotropinas, por retroalimentación positiva causando la primera ovulación (Day *et al.*, 1987).

El periodo peripuberal incluye aproximadamente los 50 días anteriores a la pubertad en las vaquillonas. El aumento de la secreción de LH causa una mayor producción de estradiol por parte de los folículos ováricos, lo que parece aumentar el desarrollo uterino. El diámetro máximo de los folículos dominantes continúa aumentando durante este periodo hasta la pubertad (Bergfeld *et al.*, 1994; Evans *et al.*, 1994a). Melvin *et al.* (1999) demostraron que la concentración de estradiol durante las ondas foliculares ováricas aumenta de una onda a otra a medida que las vaquillonas se acercan a la pubertad. En este periodo, la disminución progresiva de la retroalimentación negativa de estradiol y el aumento de la secreción de LH provocan que las concentraciones de estradiol finalmente alcancen niveles suficientes para inducir el aumento preovulatorio de LH (Figura 6).



**Figura 6:** Cambios endócrinos y ováricos que ocurren cuando la hembra bovina inicia la pubertad. Adaptado de Day y Anderson (1998).

Generalmente la pubertad en bovinos y ovinos presenta ciclos estrales de menor duración que pueden o no estar acompañados de celo y ovulación (Kinder *et al.*, 1995), donde la progesterona presenta períodos elevados de duración variable (Berardinelli *et al.*, 1979).

Gonzalez-Padilla *et al.* (1975) detectaron aumentos significativos en las concentraciones de progesterona plasmática durante un período de 20 días antes de la pubertad, determinando que el aumento puede ser de origen suprarrenal y/o por folículos ováricos luteinizados. Estos aumentos son de menor magnitud y duración que los observados durante una fase lútea normal.

La progesterona podría ser el resultado de la luteinización parcial de los folículos no ovulatorios y puede haber desempeñado un rol en la estimulación de la primera oleada preovulatoria de gonadotropinas que conduce a la primera ovulación (Evans *et al.*, 1994b). Los incrementos transitorios de progesterona, son debidos a la formación de cuerpos lúteos de vida corta que pueden aumentar el efecto al estrógeno (Nogueira *et al.*, 2003).

La fase lútea corta que precede a la pubertad posee un importante rol en el momento de la regresión lútea para el siguiente ciclo. Un incremento de progesterona seguido de un aumento de estradiol, es necesario para la liberación de prostaglandina (PGF<sub>2</sub>α) uterina, para una vida lútea normal en el siguiente ciclo (Garverick *et al.*, 1992).

Una característica que se presenta cuando las vaquillonas comienzan a ovular por primera vez son los ciclos estrales cortos. Se ha demostrado que las vaquillonas *Bos indicus* y *Bos taurus* desarrollan un cuerpo lúteo de corta duración después de la ovulación (Fajersson, citado por Bergfeld *et al.*, 1994). Evans *et al.* (1994b) mostraron que los cuerpos lúteos en un ciclo corto eran más pequeños y secretaron menos progesterona que los cuerpos lúteos del ciclo siguiente de duración normal.

### **2.6.2. Desarrollo corporal en la hembra bovina**

Durante la pubertad se adquiere la madurez sexual o capacidad para reproducirse, en donde aparecen los primeros caracteres sexuales secundarios y se produce el crecimiento y el desarrollo de los genitales. Este desarrollo, es un proceso gradual que acompaña el crecimiento general del cuerpo. El conocimiento de los factores que determinan la pubertad tiene gran importancia cuando se pretende entorar precozmente a las vaquillonas. Es decir, que para efectuar el primer entore, las vaquillonas tienen que alcanzar no solo la madurez sexual, sino también la madurez reproductiva, que es la condición del desarrollo que permite que la preñez no afecte el desarrollo final del cuerpo de la hembra (Bavera, 2000).

Las vaquillonas de razas para carne que alcanzan la pubertad a una edad temprana y conciben en la época de servicio, tienen mayor productividad y longevidad (Hall, 2013). La fertilidad disminuye un 21% cuando las vaquillonas tienen su primer servicio en su tercer celo luego de alcanzada la pubertad (78 %) con respecto al primer celo (57 %).el tercer ciclo estral, después de haberse establecido la pubertad (Byerley *et al.*, 1987). Por lo tanto, todas las herramientas que se puedan aplicar para mejorar la eficiencia en el primer servicio impactan significativamente en su posterior desempeño reproductivo.

Uno de los factores más críticos que afectan el éxito de la reproducción en vaquillonas es la nutrición a la que son sometidas durante el período comprendido desde su destete y hasta el inicio de la pubertad (Hall, 2013). Esta etapa está sometida a un mayor control por parte del manejo, siendo lo más importante que las vaquillonas logren un peso corporal crítico u "objetivo" antes de la época de servicio (Patterson *et al.*, 1992). Gasser (2013), sugirió que se podría usar un porcentaje (60%) del peso de la vaca adulta para garantizar que las vaquillonas estén suficientemente desarrolladas para tener una alta probabilidad de concepción.

Una herramienta presente en un programa de selección de las vaquillonas de reposición es el denominado score genital (SG). Esta práctica fue desarrollada por

Anderson *et al.* (1991) con el objetivo de evaluar el grado de desarrollo reproductivo previo al servicio. Se utiliza tanto en la selección de las vaquillonas de reemplazo como de apoyo en los programas de sincronización de celo. Se basa en la palpación del tamaño de los cuernos uterinos y las estructuras ováricas (diámetro ovárico, tamaño folicular y presencia de CL) utilizando una escala de 1 a 5 como se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Escore del tracto genital en bovinos. Adaptado de Anderson *et al.* (1991).

Escore Genital	Cuernos Uterinos	Largo del ovario (mm)	Altura del ovario (mm)	Ancho del ovario (mm)	Estructuras ováricas
1	Inmadura, < 20 mm diámetro, sin tono	15	10	8	Foliculos no palpables
2	20 a 25 mm diámetro, sin tono	18	12	10	Foliculos de 8 mm
3	> 20- 25 mm diámetro, tono leve o ligero	22	15	10	Foliculos de 8 a 10 mm
4	30 mm diámetro, buen tono	30	16	12	Foliculos de 10 mm, posible CL
5	> 30 mm diámetro, erecto	>32	20	15	CL presente

Se ha demostrado que la puntuación del SG puede predecir los resultados de reproducción en vaquillonas, aunque la precisión puede variar. El uso de la ecografía del tracto reproductivo en las vaquillonas puede proporcionar mejores estimaciones sobre el estado fisiológico, debido a la inexactitud que presenta la palpación transrectal en el SG. Holm *et al.* (2016) determinaron mediante evaluaciones ecográficas algunos predictores en las fallas reproductivas antes del servicio, entre los que se destacaron la ausencia de CL, foliculos con diámetro menor a 13 mm y reducido diámetro del cuerno uterino.

Respeto a la medición del área pélvica (AP), está asociada positivamente con el comienzo temprano de la pubertad y un aumento de la libido en los toros (Holm *et al.*, 2014; Holm *et al.*, 2016).

### 2.6.3. Factores que afectan el inicio de la pubertad

El inicio de la pubertad puede estar afectado por diversos factores, entre los que se destacan: los genético- raciales, la edad, el peso corporal y el plano nutricional.

### 2.6.3.1. Factores genéticos- raciales

Existe una variación genética- significativa dentro y entre razas del ganado bovino en la edad a la pubertad.

Martin *et al.* (1992) mostraron que las razas que con mayor velocidad de crecimiento y de mayor tamaño adulto alcanzan la pubertad a edades mayores que los grupos de razas que ganan más lentamente y de menor tamaño. Además, la pubertad también es afectada por la heterosis o vigor híbrido (González-Padilla, 1978). Según lo demostrado en otros estudios, los animales de raza pura alcanzan la pubertad más tarde que los cruza (Araujo, 2004, Martin *et al.*, 1992). Gregory *et al.* (1979) concuerdan con estos resultados concluyendo que el cruzamiento de razas puede lograr la pubertad a edades más tempranas dado por un efecto propio de la heterosis.

Por otro lado, Gregory *et al.* (1991) observaron que la circunferencia escrotal al año de edad en los toros tiene una correlación de 0.90 con el porcentaje de hembras púberes. Además, Martin *et al.* (1992) mostraron que la circunferencia escrotal es mayor cuando se realizan cruzamientos que en los toros de raza pura.

Wiltbank *et al.* (1969) observaron que, con altos niveles nutricionales, no varió el inicio de la pubertad en animales puros de raza Angus y Hereford y su cruza. Sin embargo, en animales mantenidos con bajo nivel nutricional, las vaquillonas cruza alcanzaron la pubertad a edades más tempranas que las razas puras. Los autores postulan que las vaquillonas cruza expresan el vigor híbrido por lo que alcanzan a menor edad la pubertad.

Existen marcadas diferencias entre razas en la edad al inicio de la pubertad. Ferrell (1982) comparó 6 razas (Aberdeen Angus, Hereford, Red Poll, Pardo Suizo, Charolais y Simmental) alimentadas con dietas con 3 tasas de ganancia diaria de peso posdestete (baja: 0,400 kg/d; media: 0,600 kg/d y alta: 0,800 kg/d) y observó que las razas continentales fueron más jóvenes y más pesadas que las británicas a la pubertad.

Las razas de *Bos indicus* presentan mayor edad a la pubertad en comparación con las vaquillonas *Bos Taurus* (Abeygunawardena y Dematawena, 2004). El inicio tardío de la pubertad en esta raza es de origen genético y medioambiental. En consecuencia, la selección por precocidad en estos biotipos puede ser un medio eficaz para reducir la edad a la pubertad y además, son necesarias las mejoras ambientales, particularmente en términos de mejorar la nutrición, para alcanzar la pubertad a edades más tempranas (Nogueira, 2004).

Las estimaciones de heredabilidad son variables entre 0,10 y 0,67 para la edad y se encuentran relacionadas con la raza, el manejo, los factores ambientales y la metodología empleada para determinar la pubertad (Laster *et al.*, 1979; Martin *et al.*, 1992).

### **2.6.3.2. Efecto de la edad y peso sobre la pubertad**

La edad a la pubertad en vaquillonas está determinada por una serie de variables genéticas y ambientales (Patterson *et al.*, 1992). Según Quintans (2002), una hembra no alcanzará la pubertad hasta que su estado de desarrollo le asegure la capacidad de parir y mantener su cría. Por esta razón, la pubertad puede estar poco relacionada con la edad cronológica del animal y muy fuertemente afectada por el estado de desarrollo, peso vivo y presencia adecuada de reservas corporales (Quintans, 2002).

Patterson *et al.*, (1992) indicó que alcanzar el peso corporal óptimo antes de la reproducción garantiza que el éxito reproductivo no esté limitado por la nutrición. Freetly *et al.* (2011) plantea que las vaquillonas entran a la pubertad cuando alcanzan una proporción (60-65%) del peso adulto proyectado. Por otro lado, Lancaster y Lamb (2014) evaluaron en vaquillonas *Bos taurus*, *Bos indicus* y *Bos taurus* × *Bos indicus*, que la edad mínima a la pubertad es probablemente diferente para cada tipo de raza. Las vaquillonas *Bos taurus* × *Bos indicus*, alcanzan la pubertad a edades más tempranas que las vaquillonas *Bos indicus*. Además, indicaron que las vaquillonas con altas tasas de ganancia de peso superan el peso corporal mínimo antes de alcanzar la edad necesaria para entrar en la pubertad. Estos autores indicaron que una vez que las vaquillonas alcancen entre el 55% y el 60% del peso corporal adulto, deberían comenzar a ciclar sin importar la tasa de ganancia, es decir, que a pesar que el peso a la pubertad puede seguir aumentando, se requiere de una edad mínima para alcanzar la pubertad.

### **2.6.3.3. Efecto de la nutrición sobre la pubertad**

Diversos autores, demostraron que la estrategia de suplementación durante la estación seca, mejora la tasa de crecimiento y reduce la edad a la pubertad y a la concepción. Por lo tanto, estos efectos pueden contribuir a una mayor producción en la vida del animal (Ferrel, 1982, Tegegne *et al.*, 1992; Buskirk *et al.*, 1995; Hall *et al.*, 1995).

Quintans *et al.* (2007) demostraron que la tasa de ganancia de peso invernal, en condiciones extensivas en terneras Hereford, Aberdeen Angus y sus cruza, fue el factor más importante para determinar el porcentaje de animales púberes y alcanzar la performance reproductiva para un servicio anticipado. Los tratamientos alimenticios fueron designados para lograr dos tasas de ganancias contrastantes: pérdida de peso (-0,116 kg/día), y ganancia de peso (0,398 kg/día). El efecto del biotipo no fue significativo. Un mayor número de terneras que ganaron peso durante el invierno, alcanzaron la pubertad al finalizar el período experimental respecto de aquellas que perdieron peso (83 vs 39%, respectivamente). Estos resultados indican que la tasa de ganancia de peso invernal influye en la cantidad de animales que alcanza la pubertad. Short y Bellows (1971) demostraron que la edad a la pubertad disminuye cuando la ganancia diaria de peso aumenta de 0,450 kg/cab/día a 0,680 kg/cab/día. Además, Burkirk *et al.* (1995) encontraron que las terneras con altos niveles de suplementación (3,680 kg/cab/día) posdestete presentaron 0,15 cm más de espesor de grasa dorsal, 5% mayor área pélvica y una mayor altura de cadera que las terneras alimentadas con baja suplementación (2,990 kg/cab/día).

Bergfeld *et al.* (1994) evaluaron dos tratamientos de ganancia de peso (0,900 vs 0,300 kg/cab/día), en vaquillonas de 8 meses de edad y no observaron diferencias en la tasa de crecimiento folicular, la duración de la onda folicular y el tamaño máximo del folículo ovulatorio entre los tratamientos. La edad y el peso a la pubertad fue diferente entre las vaquillonas que tuvieron alta ganancia de peso en comparación con las que tuvieron baja ganancia (372±7 y 435±9 días a la pubertad; 263±7 vs 221±3 kg, respectivamente).

Chelikani *et al.* (2003) mostraron que la energía y la proteína en la alimentación tienen una influencia significativa sobre la dinámica folicular durante los períodos pre y peripuberal en vaquillonas Holstein. El inicio tardío de la pubertad en las vaquillonas alimentadas con dietas bajas en energía y proteínas (asociados a un bajo nivel nutricional) que inhibe la secreción de LH, retrasa el desarrollo de los folículos dominantes y altera la composición corporal en la pubertad. Esto indica que la edad a la pubertad está determinada en gran medida por el plano nutricional.

Por otro lado, Gasser *et al.* (2006) reportaron que la pubertad puede ser inducida en las vaquillonas mediante un destete precoz y con una dieta de alto concentrado de energía. En este trabajo, 100% de las vaquillonas que alcanzaron la pubertad, fueron alimentadas con una dieta de alto concentrado energético (60% de maíz) y destetadas a los 104±2 días de edad, en comparación con aquellas vaquillonas que fueron

destetadas precozmente y alimentadas con una dieta control o destetadas a los 7 meses de edad (56 y 50%, respectivamente). Este método da como resultado el adelantamiento del desarrollo folicular ovárico y la secreción hormonal logrando que las terneras experimenten ciclos estrales múltiples antes del comienzo de su primer servicio, lo que podría mejorar la tasa de preñez.

En vaquillonas con un entore precoz a los 15 meses de edad, se observó que los animales sometidos a un bajo nivel nutricional en su primer invierno de vida alcanzaron menor porcentaje de preñez que con un buen nivel nutricional (Short y Bellows, 1971). Además, las vaquillonas que concebían, lo hacían al final del servicio, lo cual condiciona la posterior vida reproductiva del animal (Short y Bellows, 1971). Por el contrario, Ferrell (1982) no encontró diferencias en el porcentaje de preñez atribuido a diferencias en el nivel nutricional posdestete. En este sentido, Buskirk *et al.* (1995) en vaquillonas con mayor nivel de suplementación fueron púberes antes del comienzo del servicio que las de menor nivel de suplementación (70,9 vs 61,3%) y no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de preñez, ni en el porcentaje de parición del primer servicio.

La importancia de brindar una correcta nutrición en las vaquillonas es fundamental para aumentar las tasas de concepción, ya que tanto la subalimentación como la sobrealimentación traen efectos perjudiciales sobre la tasa de preñez. El aumento de la ganancia de peso posdestete, también puede mejorar el rendimiento posterior en la lactancia, lo que resulta en un mayor crecimiento del ternero (Buskirk *et al.*, 1995). Por lo tanto, aumentar la ganancia de peso después del destete puede lograr en las vaquillonas, una mayor eficiencia en la producción de su vida útil reproductiva.

#### **2.6.4. Efecto del nivel nutricional sobre la secreción de hormonas**

Existe información de que las hormonas metabólicas, como la hormona del crecimiento, la insulina, el IGF-1 y la leptina tienen funciones en el control del desarrollo folicular ovárico y es probable que sean importantes mediadores de los efectos de la ingesta alimentaria y del equilibrio energético sobre la fertilidad de las vaquillonas (Hall *et al.*, 1995; Bossis *et al.*, 1999).

El estatus nutricional, particularmente el balance energético negativo, tiene un importante efecto en el rendimiento reproductivo, afectando la edad a la pubertad (Day *et al.*, 1986; Kinder *et al.*, 1995). Las señales transmitidas por vía sanguínea, como metabolitos y hormonas metabólicas, reflejan los cambios en el estado nutricional y pueden influir en el control hipotalámico de la secreción hipofisaria de la LH (Schillo *et*

*al.*, 1992). Cuando el nivel nutricional es insuficiente, las concentraciones de las hormonas metabólicas y/o metabolitos en sangre son bajas, y esto condiciona la liberación de GnRH (Schillo *et al.*, 1992; Bossis *et al.*, 1999). Por ello, la medición de los metabolitos sanguíneos puede ser un indicador del estado nutricional (Randel, 1990).

También se han indicado cambios en los niveles de FSH, prolactina y estradiol (Faure y Fernández, 1998). De este modo, la subalimentación puede actuar directamente a nivel ovárico o hipofisario produciendo alteraciones que conducen a un pobre desarrollo folicular y deficiente producción de hormonas esteroides las cuales no pueden promover el celo (Faure y Fernández, 1998).

En este sentido, Diskin *et al.* (2003) mostraron que la restricción alimentaria en vaquillonas produce una reducción gradual en la tasa de crecimiento del folículo dominante, el diámetro máximo del mismo y la persistencia folicular. En contraste, en vaquillonas en anestro, la re-alimentación produce como resultado un aumento gradual en la tasa de crecimiento del folículo dominante y del diámetro preovulatorio a medida que se acerca el momento de la reanudación de la ovulación. Los péptidos opioides endógenos, la leptina, el neuropéptido Y (NPY) y la glucosa pueden jugar un rol importante en la regulación nutricional de la liberación de GnRH y, por lo tanto, de la secreción pulsátil de LH.

### *Glucosa*

La glucosa es una de las fuentes de energía más utilizada por el sistema nervioso central. La concentración de glucosa en sangre es un mediador específico de los efectos de la energía sobre la reproducción (Short y Adams, 1988). Los bajos niveles de glucosa pueden ser detectados por el hipotálamo, existiendo un umbral por debajo del cual la secreción de GnRH se ve afectada. La estimulación más allá del umbral para promover la secreción de la GnRH es posible mediante el aumento de la gluconeogénesis a través de la manipulación dietética (Randel, 1990). Foster y Nagatani (1999) sugieren que la glucosa puede ser una señal metabólica que proporciona información para el control de la secreción de GnRH. Por lo tanto, la glucosa parece estar centralmente involucrada en la liberación de LH y esto probablemente refleja su rol en la modulación de la liberación de GnRH.

### *Insulina*

Las restricciones en la dieta y el balance energético negativo disminuyen las concentraciones de insulina en sangre. Además de su rol en el metabolismo de los carbohidratos, la insulina también actúa como una señal metabólica que influye en la liberación de LH por la hipófisis. Asimismo, se ha demostrado que desempeña un importante papel en la regulación de la respuesta ovárica a las gonadotropinas (Diskin *et al.*, 2003). Yelich *et al.* (1995) encontraron que animales sometidos a alta ganancia diaria posdestete (superior a 1,0 Kg/cab/día) tuvieron mayores concentraciones de insulina en sangre a la pubertad (25,8 vs 14,4 UI/ml), respecto a los de moderada ganancia (0,600 Kg/cab/día). Hall *et al.* (1995) observaron que el nivel de insulina aumentó en forma lineal a medida que la pubertad se acercaba, esto puede deberse al resultado del aumento de la ingesta de forraje. Además, el aumento de las concentraciones de insulina puede utilizarse como un marcador de una mayor disponibilidad de energía.

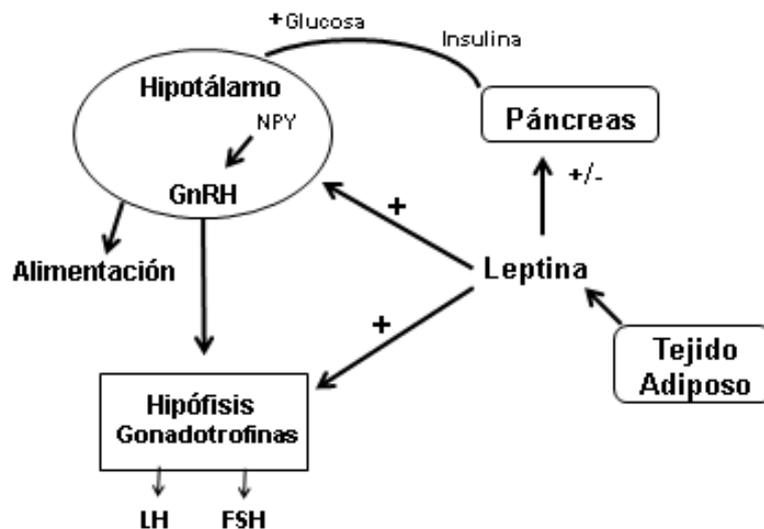
### *Hormona de crecimiento (GH)*

Un retraso en el comienzo de la pubertad, debida a la disminución de los pulsos de LH se atribuye a la restricción de nutrientes (Yelich *et al.*, 1995). Esto se correlacionó con los cambios en la concentración y la amplitud de los pulsos de GH antes de la pubertad. En animales con alimentación restringida, las concentraciones de GH en plasma fueron mayores, mientras que la insulina y el IGF-1 disminuyeron, existiendo entre ambas hormonas una importante relación funcional de naturaleza anabólica sobre la reproducción (Schillo *et al.*, 1992; Bossis *et al.*, 1999). En este sentido, Yelich *et al.*, (1995) encontraron una disminución de las concentraciones de esta hormona, previo al comienzo de la pubertad. En cambio, Lammoglia *et al.*, (2000) no registraron cambios en la concentración de la misma en el período previo a la pubertad en vaquillonas con ganancias iguales alimentadas con grasa en la dieta.

### *Leptina*

Se ha demostrado que la leptina es sintetizada principalmente por el tejido adiposo y regula la ingesta de alimentos, contribuye a la regulación del metabolismo energético, el comportamiento en la alimentación y la reproducción (Williams *et al.*, 2002). Varios estudios (Williams *et al.*, 2002; Barb y Kraeling, 2004) han proporcionado pruebas de que la leptina puede contribuir a una serie de importantes eventos reproductivos, incluida la pubertad. La leptina actúa como una señal metabólica que

vinculan eje hipotalámico-hipofisario y el páncreas en determinadas condiciones nutricionales (Williams *et al.*, 2002). A medida que las concentraciones de leptina circulante aumentan durante el desarrollo puberal o durante el intervalo posparto, se alcanza un umbral estimulador pituitario que permite la activación del eje hipotálamo-pituitario-gonadal (Barb y Kraeling, 2004). La producción o los niveles circulantes de leptina aumentan con la glucosa, la insulina, el estradiol, el cortisol y el fotoperíodo creciente. El ayuno a corto plazo en vaquillonas peripuberales en crecimiento, provoca reducciones marcadas de la leptina circulante y en consecuencia, la disminución de los pulsos de LH y las concentraciones séricas de insulina e IGF-1. Se ha demostrado que los efectos de la leptina podrían estar mediados en parte por el neuropeptido-Y (NPY), el cual es el primer regulador de la acción de la leptina sobre la liberación de GnRH en el hipotálamo (Williams *et al.*, 2002, Figura 7).



**Figura 7:** Representación esquemática de los efectos de la leptina en el páncreas endocrino y el eje hipotálamo-hipofisario en animales. Adaptado por Williams *et al.*, (2002).

#### *Factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1)*

El IGF-1 es un indicador de los eventos reproductivos después de alcanzar las condiciones nutricionales y el peso corporal adecuado en bovinos. Posee un rol importante en el desarrollo folicular, el crecimiento fetal y la espermatogénesis (Kumar y Anand Laxmi, 2015). Además, tiene efectos en diferentes tipos de células que

regulan el metabolismo de los carbohidratos, las grasas y las proteínas. Las concentraciones plasmáticas de IGF-I están positivamente asociadas con la condición corporal y la ingesta de nutrientes (Yelich *et al.*, 1996). Las bajas concentraciones de IGF-1 están asociadas con el retraso de la pubertad (Hiney *et al.*, 1996), debido a un retraso en el crecimiento del folículo, una disminución en el contenido de estradiol y posiblemente un retraso en el aumento de LH (Simpson *et al.*, 1991). Viñoles *et al.* (2016) demostraron que las terneras destetadas con un alto plano nutricional, exhiben mayores concentraciones de IGF-1. Este factor se encuentra asociado con un mayor desarrollo corporal y una pubertad más temprana, lo que determina que las terneras lleguen ciclando regularmente al primer servicio con 15 meses de edad.

## **2.7. Suplementación en la recria bovina**

Una de las alternativas para aumentar la producción durante el invierno en un sistema pastoril es el suministro de suplementos (Aello y Di Marco, 2014). En las regiones donde los principales recursos forrajeros son los pastizales y las pasturas subtropicales se presenta una marcada estacionalidad en la producción del forraje (primavera-verano-otoño), siendo el crecimiento escaso a nulo durante el invierno (Balbuena, 2002a). Durante esta época, los pastizales y las pasturas se caracterizan por presentar 4-6% de proteína cruda, menos del 50 % de digestibilidad de materia seca y 1,4 a 1,8 Mcal/kg/MS de energía metabolizable. La baja concentración de proteína limita el aporte de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y condiciona el crecimiento de las bacterias ruminales, lo cual genera una lenta degradación con mayor tiempo de permanencia del forraje en rumen, limitando así el consumo de energía. Esta característica de los pastizales, afecta el desarrollo y repercute en el peso de las vaquillonas durante su crecimiento (Slanac *et al.*, 2004).

La suplementación es una de las tecnologías disponibles que permite aumentar la producción a través de una mejor utilización del pasto, atenuando o corrigiendo el déficit de calidad y cantidad del forraje disponible. El objetivo de la suplementación consiste en aumentar la ganancia de peso (efecto aditivo) o la carga animal (efecto sustitutivo), y en muchas situaciones estos efectos no se presentan aislados (Aello y Di Marco, 2014). Además, se utilizan para cubrir situaciones de emergencia (sequías, inundaciones) y para evitar deficiencias minerales (suplementación mineral; Balbuena, 2002a).

En la regiones subtropicales de Argentina, los alimentos utilizados para la suplementación son los concentrados proteicos (expeller de algodón, de soja, de

girasol), concentrados energéticos (maíz, sorgo) y energético-proteicos (semilla de algodón, afrecho de trigo, semitín de arroz). Además, se dispone de una variedad de subproductos de la agroindustria que se ubican en la categoría de concentrados energético-proteicos y se utilizan sin procesamiento previo, lo que constituye una ventaja adicional (Balbuena, 2002).

Durante el período invernal las vaquillonas deben obtener ganancias de peso de 0,400 a 0,500 kg/cab/día para asegurar una buena performance reproductiva durante su primer servicio (De León, 2004). Durante el primer invierno, las vaquillonas al destete lograron un incremento en la ganancia de peso cuando fueron suplementadas con semillas de algodón ofrecidas a niveles equivalentes al 0,7% del peso vivo, logrando ganancias de 0,300 a 0,400 kg/cab/día (Balbuena *et al.*, 1998).

En el Chaco árido, el pastizal natural y el Buffel grass son los principales recursos forrajeros para la alimentación de los bovinos. El inicio de la recria posdestete coincide con la estación seca disponiéndose de forraje diferido de baja calidad con ganancias de peso que no superan los 0,200 kg/cab/día (Avila *et al.*, 2017). Ferrando y Burghi (1998a) en los Llanos de La Rioja, evaluaron en vaquillonas y en vacas de descarte, el efecto de la suplementación sobre la ganancia diaria de peso vivo pastoreando Buffel grass diferido. Los productos utilizados para la suplementación fueron semillas de algodón, maíz y un balanceado comercial al 1% del peso vivo. Las vaquillonas suplementadas lograron obtener ganancias superiores a 0,500 Kg/cab/día de aumento diario respecto a las vaquillonas que no recibieron suplementación. Los animales suplementados no presentaron diferencias en las ganancias diarias de peso con los distintos productos utilizados.

Salado y Fumagalli (2003), evaluaron el efecto de la suplementación energético-proteica en novillos pastoreando Gatton panic (*Panicum maximum*) durante el período estivo-otoñal. La suplementación estuvo compuesta por 50% de sorgo seco molido y 50% de semillas de algodón. Los resultados demostraron que los animales suplementados aproximadamente al 1% del peso vivo aumentaron la ganancia de peso diaria alrededor de 0,500 Kg/cab/día.

La utilización de monensina provoca una modificación en la relación acético-propiónico en el rumen logrando obtener un efecto positivo sobre la ganancia de peso en bovinos suplementados sobre pasturas. Stahringer *et al.* (2000), demostraron que el agregado de monensina en la suplementación sobre pasturas subtropicales en vaquillonas cruzas cebú tuvieron una mayor ganancia diaria de peso que las del grupo sin suplementación ( $0,686 \pm 0,3$  vs  $0,504 \pm 0,3$ , respectivamente). Por otro lado,

observaron que la utilización del suplemento (con o sin monensina) permitió mejorar la tasa de ganancia de peso de las vaquillonas. Además, el uso de este ionóforo tuvo un impacto positivo sobre la aptitud reproductiva preservicio, logrando una mayor cantidad de vaquillonas ciclando, con un incremento en el score genital y el volumen ovárico.

El uso de la suplementación discontinua, a tasas bajas a moderadas, es una herramienta que permite facilitar la adopción de la práctica de suplementación en condiciones de pastoreo y disminuir los costos de la misma. Tanto la semilla de algodón como el expeller de trigo suministrados como suplemento 3 veces por semana permiten lograr moderadas ganancias de peso (Balbuena *et al.*, 2002b). Asimismo, Avila *et al.* (2013), mostraron que mediante 2 niveles de suplementación energético-proteico (1% y 0,7% del peso vivo) y 2 frecuencias de suministro del alimento (7 y 3 veces por semana), se obtienen tasas de ganancia de peso invernales de alrededor de 0,450 kg/cab/día que permitirían alcanzar el peso acorde (270-280 kg) para un entore a los 15 meses de edad de las vaquillonas.

## **2.8. Anestro posparto**

El anestro posparto puede definirse como el período de ausencia de ovulación y estro después del parto (Short *et al.*, 1990). En este período tiene lugar una completa involución uterina y el restablecimiento de la funcionalidad del eje hipotálamo-pituitaria-ovario-útero (Yavas y Walton, 2000). Generalmente, en el bovino, la involución uterina completa se produce entre 4 y 7 semanas posparto (Lindell *et al.*, 1982) y la funcionalidad del eje hipotálamo-pituitaria-ovario-útero se restablece alrededor del día 20 posparto (Short *et al.*, 1990). Desde el punto de vista endócrino, el anestro posparto se caracteriza por una deficiente secreción de gonadotrofinas, principalmente LH.

### **2.8.1. Factores que afectan el anestro posparto**

En vacas de cría, la duración del anestro posparto está afectado por varios factores, entre los más importantes se encuentran el amamantamiento, la nutrición, la estación del año y la edad de la vaca al parto. Otros factores de menor importancia son el estrés, la raza, la bioestimulación, la distocia y la retención de placenta (Yavas y Walton, 2000).

### 2.8.2. Mecanismos endócrinos

El principal déficit endócrino asociado con el anestro posparto en vacas es la falta de liberación pulsátil de LH (Williams, 1990). El control de la reanudación del ciclo estral posparto se logra mediante una compleja relación entre el hipotálamo, la hipófisis y el ovario. Aunque muchos factores afectan la duración del anestro posparto, la nutrición y el amamantamiento son los principales factores que influyen en la restauración de la actividad sexual cíclica en el posparto (Montiel *et al.*, 2005).

La menor secreción de LH se debe a una menor liberación de GnRH durante el período de posparto temprano. El contenido hipotalámico de GnRH es más alto en vacas durante el anestro posparto que en vacas cíclicas y no cambia hasta el día 30 y 45. Esto demuestra que durante el período de anestro la hormona se sintetiza normalmente, sin embargo se encuentra afectada su liberación (Wettemann *et al.*, 2003). Durante este período, el patrón de pulsos de LH tiene una frecuencia baja (<1 pulso cada 4 horas), debiendo incrementarse previo a la ovulación a 1-2 pulsos por hora (Short *et al.*, 1990)

La inhibición de la liberación de GnRH se debe a la acción directa de péptidos opioides endógenos (principalmente  $\beta$ - endorfinas) producidos en el cerebro y la hipófisis anterior en respuesta al estímulo del amamantamiento (Garcia-Winder *et al.*, 1984; Yavas y Walton, 2000). La administración de naloxona produce un bloqueo del receptor de opioides sobre la secreción de LH, después de aproximadamente 40 días después del parto. Estos resultados explican que, la inhibición en la secreción de LH estaría mediada, al menos en parte, por los péptidos opioides (Whisnant *et al.*, 1986). Por otra parte, se incrementa la sensibilidad del hipotálamo a la retroalimentación negativa ejercida por el estradiol producido por el ovario, provocando un mayor efecto inhibitorio sobre la secreción de LH (Yavas y Walton, 2000).

A medida que el período posparto transcurre, el hipotálamo se vuelve menos sensible al efecto inhibitorio que posee el estradiol (Garcia-Winder *et al.*, 1984). Como consecuencia de ello, se produce un incremento en la frecuencia de liberación de los pulsos de GnRH y LH, por lo que el folículo dominante escapa de la atresia y continúa con su desarrollo. Esto resulta en un incremento en la secreción pulsátil de LH, que conduce al pico preovulatorio de LH y ovulación.

### 2.8.3. Efecto del amamantamiento y presencia del ternero

La falta de ovulación mediada por los efectos del amamantamiento representa uno de los mayores problemas reproductivos en los establecimientos productores de carne bovina a nivel mundial (Williams *et al.*, 1996).

En vacas para carne, que se encuentran amamantando, el desarrollo folicular y la formación del folículo dominante ocurren tempranamente después del parto ( $10,2 \pm 0,5$  días). Sin embargo, la ocurrencia de ovulaciones de estos folículos es muy baja, alrededor del 11%, y de ocurrir, se producen en promedio a los 30,6 días después del parto (Murphy *et al.*, 1990). En vacas Holstein, la primera ovulación después del parto ocurre en promedio el día 27 (rango de 12-58 días). La principal diferencia en la dinámica folicular durante el anestro posparto en vacas para carne con respecto a las lecheras, radica en el efecto de la presencia del ternero sobre la secreción hormonal. La presencia del ternero ejerce dos efectos supresores de la ovulación. El primero de ellos, se debe al contacto físico directo, establecido por el contacto del ternero con su madre a través de un mecanismo nervioso a nivel de la glándula mamaria o el estímulo táctil en la región inguinal. El segundo, está relacionado con la presencia de señales olfativas y/o visuales propias entre la vaca y su ternero (Williams *et al.*, 1996, Griffith y Williams, 1996).

Short *et al.* (1972) compararon los intervalos posparto en vacas mastectomizadas (sin ternero al pie), vacas con ubre intacta sin amamantamiento y con amamantamiento. Short *et al.* (1972) observaron que vacas mastectomizadas y sin ternero al pie presentaron períodos de anestro más cortos (12 días) que vacas con ubre intacta sin amamantamiento (25 días) y el mayor intervalo posparto (65 días) ocurrió en las vacas con ubre intacta que amamantaron sus terneros. Por otro lado, Viker *et al.* (1993) y Stevenson *et al.* (1994) observaron que la duración del anestro posparto en vacas mastectomizadas fue similar, que en las hembras con ubre intacta, cuando permanecen con sus terneros al pie. Estos estudios indicaron que la presencia continua del ternero con su madre (independiente del amamantamiento) puede ser un componente importante en la regulación de la ovulación posparto.

En este sentido, Hoffman *et al.* (1996) determinaron que la presencia del ternero sin amamantamiento prolonga el intervalo hasta la primera ovulación posparto (22,5 días), pero no en la misma medida que un ternero continuamente presente con amamantamiento *ad libitum* (35,4 días). Por lo tanto, los tratamientos que restringen el amamantamiento también deben restringir la asociación estrecha entre las vacas y los terneros para reducir la duración del anestro posparto.

#### 2.8.4. Nutrición

La nutrición es un factor esencial para la restauración de la actividad sexual cíclica. Cuando el consumo de nutrientes es inadecuado y las reservas de energía corporal están agotadas, se extiende el período de anestro posparto (Wettemann *et al.*, 2003). El estado nutricional en los períodos pre y posparto influye en el posterior desempeño reproductivo. El nivel de energía después del parto influye en el intervalo desde el parto hasta el primer estro y en las tasas de concepción en vacas que fueron restringidas antes del parto (Wiltbank *et al.*, 1964). Por lo tanto, la ingesta inadecuada de proteínas y energía durante la preñez o la lactancia temprana resulta en un período más largo entre partos en vacas para carne (Montiel *et al.*, 2005).

Las reservas de grasa corporal regulan la secreción de hormonas hipotalámicas e hipofisarias que controlan la función ovárica (Roberson *et al.*, 1992). Las dietas con bajo contenido de energía disminuyen las concentraciones de LH en vacas posparto (Randel, 1990). Otros autores postulan que estos efectos están mediados por la inhibición en la secreción de GnRH preovulatoria (Short *et al.*, 1990, Wiltbank *et al.*, 2002).

Una medida muy difundida para estimar el nivel de reservas corporales en las vacas con cría es la evaluación de la condición corporal (CC; Short *et al.*, 1990). Esta técnica permite evaluar las reservas de energía del cuerpo disponibles para el metabolismo, el crecimiento y la lactación (Montiel *et al.*, 2005). La disminución de la ingesta preparto, prolonga el anestro posparto y se refleja en una disminución en el puntaje de la CC al parto (Wiltbank *et al.*, 1964). Wright *et al.* (1992) observaron que la CC al parto fue determinante en el reinicio de la actividad ovárica. Las vacas con moderada y alta CC ( $CC > 5$ ; escala de 1 a 9) presentaron anestro posparto más corto que las vacas de baja CC ( $CC = 4$ ). Es posible que la CC en el momento del parto sea uno de los factores más importantes en el desempeño reproductivo en vacas para carne.

Sin embargo, las variaciones en las ganancias de peso que ocurren antes y después del parto, influyen en la duración del anestro posparto. La marcada variación estacional, tanto en la cantidad como en la calidad del forraje disponible a lo largo del año, provoca prolongados períodos de anestro posparto (McIvor, 1981). Esto es particularmente crítico durante el período periparto, cuando se requiere forraje de calidad superior por lo menos durante el último trimestre de la preñez y durante 8-12 semanas después del parto. En las regiones donde el consumo de alimento depende

de la disponibilidad de forraje, que es influenciado por la época de lluvias, es difícil proporcionar la energía y proteína necesarias para esta etapa crítica (Montiel *et al.*, 2005).

Además, el consumo de nutrientes resulta en concentraciones aumentadas de insulina, IGF-1 y leptina en el plasma sanguíneo por el aumento de las reservas de grasa corporal y pueden tener efectos en la hipófisis para aumentar la secreción de LH (Wettemann *et al.*, 2003). El aumento de la secreción pulsátil de LH estimula la función ovárica, el retorno al estro con la ovulación y el posterior desarrollo de un cuerpo lúteo funcional (Randel, 1990).

## **2.9. Estrategias de manejo para disminuir el efecto del amamantamiento**

Como se describió anteriormente, el amamantamiento ejerce un efecto negativo sobre la reproducción después del parto, por lo tanto, se han desarrollado diferentes técnicas de manejo para acortar el periodo de anestro posparto. Entre las técnicas más estudiadas, se encuentran, entre otras: el destete precoz, el amamantamiento restringido, el destete temporario, la restricción al amamantamiento con tablilla nasal (“enlatado”) y el creep feeding.

### **2.9.1. Destete**

El destete consiste en la supresión definitiva de la lactancia. Según el momento en que se realice se puede clasificar en:

Destete convencional: debe realizarse a los 180 a 210 días de edad del ternero.

Destete anticipado: se realiza a los 120 días de edad.

Destete precoz: se realiza a los 60 días de edad.

Destete híper precoz: se realiza a los 30 a 45 días de edad.

La adopción de estas técnicas es restringida y generalmente se utiliza cuando hay déficit de forrajes por sequías o anegamientos, ya que permite que las vacas ingresen al servicio sin los altos requerimientos nutricionales asociados con la lactación (Bó y Cutaia, 2005). La interrupción de la lactancia provoca un doble efecto sobre el comportamiento reproductivo de las vacas. En primer lugar, la reducción drástica de los requerimientos nutricionales de los animales mejora rápidamente la CC y, en segundo lugar, se anulan los procesos inhibitorios de la presencia del ternero que afectan La reanudación de los ciclos estrales durante el posparto (Monje *et al.*, 1996)

En este sentido, Breton *et al.* (1991) observaron en vacas Braford pluríparas cola de parición, sometidas a un destete precoz (60 días) tuvieron mayores tasas de ganancia diaria de peso y tasas de preñez que las sometidas a un destete convencional (210 días). Este incremento de peso de los vientres, produce un balance energético positivo en los animales que, junto con la ausencia del ternero, explicarían el reinicio de la actividad sexual cíclica posparto. Además, presenta otras ventajas como el aumento de la carga debido a que disminuye los requerimientos de las hembras y por lo tanto se incrementa la producción de terneros por unidad de superficie (Stahringer, 2003).

Varios autores, concluyen que el efecto positivo de esta técnica es que el destete precoz reduce significativamente el intervalo parto-estro y mejora las tasas de concepción en vacas con cría. El mayor impacto del destete precoz se obtiene en hembras que presentan CC pobre y posparto menor de 60 días (Sampedro *et al.*, 1998; Stahringer, 2003; Galli *et al.*, 2005).

#### **2.9.1.1. Efecto del destete sobre el ternero**

Quintans *et al.* (2013) en un trabajo sobre vacas primíparas, en el que compararon la evolución del peso entre terneros destetados precozmente respecto a los destetados durante 10 días y luego continuaron con sus madres, observaron que los terneros que fueron destetados precozmente ganaron menos peso que el otro grupo.

En los Llanos de La Rioja, Ávila *et al.* (2015) evaluaron el efecto sobre el peso final, del destete precoz en terneras (82 días de edad) comparado con el destete convencional (187 días de edad). Los resultados demostraron que las terneras destetadas precozmente tienen 20 kg menos de peso y 5 cm menos de altura final que las terneras con destete tradicional.

La desventaja de esta metodología, es el incremento en los costos de producción del ternero destetado precozmente, ya que requiere de suplementación y una mayor mano de obra. Además, puede haber a una reducción de la ganancia de peso del ternero destetado precozmente respecto de los que permanecieron al pie de la madre (Stahringer *et al.*, 1999). Sin embargo, el destete precoz es una práctica que se implementa en los sistemas de cría, con el objetivo de disminuir los requerimientos nutricionales de las hembras y la eliminación del efecto ternero para mejorar los índices reproductivos del rodeo.

### 2.9.2. Amamantamiento restringido

Esta técnica se basa en amamantar al ternero una vez por día durante 30 a 60 minutos para reducir la duración del anestro posparto. Se realiza a partir de los 30 días de ocurrido el parto y su duración está condicionada por el retorno al celo (Robson *et al.*, 2007). En vacas de primer parto con ternero al pie y con el amamantamiento restringido a una vez por día, se logró disminuir el intervalo parto-primer celo de 168 a 69 días (Randel, 1981).

Reeves y Gaskins (1981), han encontrado reducciones en la duración del anestro posparto de 20 días con esta práctica. La ganancia diaria de peso y el peso al destete de los terneros no se ve afectada por esta práctica.

La principal ventaja de esta técnica es evitar el costo de la crianza artificial del ternero (Randel, 1981). Sin embargo, la desventaja de este manejo en sistemas extensivos es que las vacas amamantadas una vez al día permiten el amamantamiento de otros terneros, perdiéndose el efecto buscado a través de esta práctica (Reeves y Gaskins, 1981).

### 2.9.3. Destete temporario

El destete temporario consiste en separar los terneros de sus madres por cortos periodos de tiempo (48, 72 ó 96 horas) en corrales alejados. Con esta técnica, se suprime el amamantamiento, el contacto visual y auditivo de las vacas con sus terneros. Esta separación incrementa la secreción de LH e induce la ovulación y el estro (Williams *et al.*, 1993). En vacas cebú con 90 días posparto, el destete temporario por 96 horas permitió que el 67,6% de las vacas presentaran estro comparado con el 26,6% en vacas con terneros sin restricción (Soto-Belloso *et al.*, 1997). En vacas Hereford de moderada a baja CC, la separación de los terneros por un período de 96 o 144 horas no fue suficiente para promover la ovulación (Quintans *et al.*, 2004).

Esta práctica ha sido una de las más utilizadas para reducir los efectos negativos de la lactancia, por su bajo costo y su relativa facilidad de aplicación. Si bien los resultados han demostrado ser variables, dependen de la profundidad del anestro (superficial o profundo), de la CC y de la categoría de las hembras (primíparas o pluríparas) (Alberio *et al.*, 1984).

#### **2.9.4. Restricción del amamantamiento con tablilla nasal (“enlatado”)**

Esta técnica, también conocida como “enlatado”, consiste en una restricción temporaria del amamantamiento mediante la colocación de tablillas en los ollares del ternero por un período variable (7, 14 o 21 días). Las tablillas le impiden al ternero mamar, pero no suprimen el vínculo vaca-ternero. Esta práctica se puede realizar a partir de los 60 días de edad del ternero y/o con un peso superior a 75 kg. Esto se debe, a que el ternero necesita alcanzar una maduración suficiente de sus preestómagos que le permite procesar alimentos groseros (Stahringer, 2003).

La respuesta a esta técnica es variable y está relacionada con la CC de las vacas al momento del servicio. En áreas con pastizales similares a la región del Este Chaqueño, Stahringer (2003) indicó que la CC debería ser de 3 ó mayor al inicio del servicio (escala de 1 a 9) para que el enlatado pueda tener un impacto positivo sobre el porcentaje de preñez. Por su lado, Sampedro *et al.* (1993) mejoraron las tasas de preñez en vacas con una CC menor a 2 y 3 (escala de 1 a 9). Diferentes trabajos, han demostrado que la duración adecuada para realizar la restricción del amamantamiento en terneros es de 14 días, debido a que se logran buenos porcentajes de preñez y el ternero tiene menores pérdidas de peso al destete comparado con el enlatado por 21 días (Sampedro *et al.*, 1999, Stahringer, 2003).

##### **2.9.4.1. Efecto de la restricción del amamantamiento sobre el ternero**

El enlatado tiene un efecto negativo sobre la ganancia de peso de los terneros. Durante la primera semana de la colocación de la tablilla nasal se producen las menores ganancias de peso por el estrés del ternero. Sampedro *et al.* (1993), demostraron que se produce una pérdida de peso al destete de 5 kg por cada semana de duración del enlatado y que la pérdida de peso se puede extender por un período de alrededor de 2 semanas luego de retirada la tablilla. La pérdida de peso total durante el período de enlatado fue entre 10 a 15 kg (Sampedro *et al.*, 1998; Stahringer, 2003).

#### **2.9.5. Suplementación del ternero al pie de la madre (Creep feeding)**

El Creep Feeding es la suplementación diferencial del ternero al pie de la madre, donde el ternero además de consumir la leche materna y la pastura, recibe algún tipo de suplementación. Esta técnica es utilizada cuando la producción de leche es limitada

para los terneros, en potreros con alta carga de animales y en épocas en que los pastizales naturales o pasturas no presentan la calidad y/o disponibilidad suficiente que pueden reducir el peso al destete. Este efecto negativo se puede revertir ofreciendo alimentación suplementaria a los terneros (Bagley *et al.*, 1987, Eversole, 2001, Viñoles *et al.*, 2013). Se ha mostrado que las ventajas de la alimentación por creep feeding, además del aumento de peso de los terneros, incluyen el aumento de peso, la condición corporal y la tasa de preñez de la madre (Stricker *et al.*, 1979). Sin embargo, este efecto es inconsistente. Nogueira *et al.* (2006) en terneros Nelore demostraron que es una alternativa útil para aumentar la ganancia diaria de peso y el peso al destete, aumentando también el peso de sus madres al final del servicio. Sin embargo, no aumentó la tasa de preñez en vacas primíparas con baja CC. Fordyce *et al.* (1996) observaron que el creep feeding hasta el destete puede disminuir la ingestión de leche y por lo tanto reducir el estímulo de succión, lo cual provocó un retorno más temprano de la actividad ovárica posparto. Por el contrario, Viñoles *et al.* (2013) demostraron en vacas pluríparas que el creep feeding no afectó la producción de leche, el peso y la CC, por lo que no tuvo cambios en su desempeño reproductivo. El creep feeding causó mayor ganancia diaria de peso vivo y el peso al destete de los terneros.

En este sentido, el creep feeding puede aliviar cierta presión de pastoreo, pero los terneros continúan amamantando, por lo cual no disminuye la demanda de nutrientes para la vaca; como resultado, el destete precoz puede ser más beneficioso que el creep feeding en condiciones de sequía (Eversole, 2001).

De todas las estrategias de manejo para disminuir el efecto del amamantamiento, el destete precoz es la técnica de mayor impacto para restablecer la actividad sexual posparto, mientras que, las otras técnicas de manejo su efectividad depende de las diferentes situaciones que se presenten. De todas estas técnicas, el creep feeding, es la que menos efecto tiene sobre la reducción del intervalo posparto.

## **2.10. Tratamientos hormonales para inseminación artificial**

La inseminación artificial (IA) es la principal herramienta utilizada en los programas de mejora genética. Durante los últimos años se ha producido un gran avance en el desarrollo de tratamientos hormonales inductores de ovulación sincronizada que permite realizar una inseminación artificial a tiempo prefijado (IATF), sin necesidad de detectar celo que constituye la problemática principal como limitante para la implementación de la IA (Alberio, 2003). Además, los programas de IATF permiten la

inseminación en vacas con cría al pie y de baja CC (Cutaia *et al.*, 2003). Por lo tanto, los tratamientos que se utilicen para la sincronización de celos deben controlar tres aspectos fisiológicos fundamentales: la fase luteal, el desarrollo folicular y la ovulación sincronizada.

En la actualidad, existen tratamientos hormonales que permiten inducir la actividad sexual cíclica en vacas en anestro posparto, en vaquillonas impúberes y en hembras sexualmente cíclicas que permiten la aplicación de una IATF. Estos tratamientos incluyen la utilización de progesterona (P4) o progestágenos asociados a una sal de estradiol y prostaglandina o sus análogos sintéticos o en su reemplazo de la hormona liberadora de gonadotrofinas. La aplicación de gonadotrofina coriónica equina al finalizar el tratamiento en muchas situaciones aumenta la fertilidad a la IATF.

### **2.10.1. Control de la fase luteal**

EL control de esta fase del ciclo estral se puede llevar a cabo mediante la aplicación de drogas que sean capaces de imitar la acción del CL (progesterona o progestágenos) o que produzcan su lisis (prostaglandinas).

#### **2.10.1.1. Progesterona o progestágenos**

Los tratamientos con progesterona (P4) y progestágenos han demostrado ser los métodos más efectivos para inducir la ciclicidad durante el anestro posparto en vacas de cría. Los productos con progestágenos disponibles en Argentina son los dispositivos intravaginales impregnados con progesterona (P4). El desarrollo de estos dispositivos de silicona representó un importante avance en el control de la fisiología ovárica en vacas en anestro (Rathbone *et al.*, 2001). La P4 liberada por estos dispositivos tienen como objetivo imitar una fase luteal corta que se produce previo al reinicio de la actividad sexual cíclica después del parto. Por otro lado, en vacas cíclicas, la aplicación de progesterona exógena tiene por finalidad imitar una fase luteal hasta que la regresión del cuerpo lúteo haya ocurrido en todos los animales.

Los tratamientos con progestágenos administrados durante más tiempo que el periodo de vida del CL (mayor a 14 días), causan una buena sincronía de celo, pero de baja fertilidad. Esta reducción de la fertilidad se encuentra asociada con la formación de folículos ováricos persistentes y la ovulación de un ovocito envejecido (Revah y Buttler, 1996). Para evitar esto es necesario sincronizar la onda folicular, de manera que todos los animales tengan un folículo en crecimiento y con capacidad de ovular un ovocito viable después de la remoción del progestágeno (Bó *et al.*, 2001). La

duración de los tratamientos con dispositivos impregnados con P4 varía de 7 a 9 días. Este corto período de P4 evita la ovulación de un folículo persistente.

#### **2.10.1.2. Prostaglandinas (PGF<sub>2</sub>α)**

La PGF<sub>2</sub>α y sus análogos son compuestos que causan la regresión morfológica y funcional del CL, proceso llamado luteólisis. Las propiedades luteolíticas de la PGF<sub>2</sub>α dependen del momento en que se administra. Entre los 7 y 17 días del ciclo estral (diestro), el cuerpo lúteo está desarrollado y es sensible al efecto luteolítico (Odde, 1990; Callejas, 2004).

Esta hormona no posee efecto en dos momentos del ciclo estral: a) Después del celo (1 a 5 días) dado que se ha producido la ovulación y el CL está en desarrollo, y b) en el diestro tardío (18 a 21 días), porque la luteólisis se produce por acción de la PGF<sub>2</sub>α endógena (Seguin *et al.*, 1989). Tampoco es efectiva en el período de reposo sexual en vacas en anestro posparto durante el amamantamiento y en animales en anestro con balance energético negativo debido a la ausencia del CL (Lucy *et al.*, 2004).

#### **2.10.2. Control del desarrollo folicular**

La finalidad de esta fase es la eliminación del folículo dominante y permitir la emergencia de una nueva onda de crecimiento folicular en un momento específico. Los tratamientos hormonales funcionan produciendo ovulación o atresia del folículo dominante y acelerando la atresia de los demás folículos de la onda. Las hormonas utilizadas se dividen generalmente en tratamientos que se basan en estradiol (benzoato de estradiol, valerato de estradiol y el cipionato de estradiol) y en la hormona liberadora de gonadotropinas (Colazo y Mapletoft, 2017).

##### **2.10.2.1. Estrógenos**

Los estrógenos son utilizados para sincronizar el desarrollo de las ondas foliculares y la ovulación en el ganado para carne y leche. El tratamiento más utilizado actualmente consiste en la aplicación de benzoato de estradiol al colocar el dispositivo con P4. La administración de estradiol al inicio del tratamiento con progestágenos provoca la atresia del folículo dominante y promueve la emergencia de una nueva onda de crecimiento folicular (Bó *et al.*, 1995), evitando así la formación de un folículo persistente que está asociado a una menor fertilidad. La administración de una dosis de benzoato de estradiol a las 24 horas de retirado la fuente de progestágeno, provoca

el pico preovulatorio de LH mejorando la sincronización de las ovulaciones (Day, 2004).

Otra alternativa es la administración del cipionato de estradiol al retiro del dispositivo. El cipionato tiene la propiedad de poseer una vida media más prolongada que el benzoato de estradiol actuando durante más tiempo y con una curva de concentración de estradiol en sangre menos pronunciada. Con esta propiedad es posible aplicarlo al retiro del dispositivo y permite que transcurra el tiempo necesario para que el folículo ovulatorio alcance un diámetro adecuado antes de que ocurra la ovulación (Menchaca *et al.*, 2013).

#### **2.10.2.2. Hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH)**

La GnRH es un potente agonista que induce la liberación de FSH y LH en la hipófisis, alterando los patrones de pulsabilidad de estas hormonas (Roche *et al.*, 1998). Esta propiedad ha sido utilizada en vacas para elevar los deficientes niveles de LH presentes durante el posparto e inducir ovulación.

Diversos trabajos intentaron inducir la ovulación en vacas posparto utilizando la administración exógena de GnRH de diferentes maneras: una sola dosis inyectable, entre los días 21 y 31 en vacas de cría (Wettemann *et al.*, 1982), la administración intermitente cada 2 horas, después de los 20 días posparto (Spicer *et al.*, 1986) o la infusión continua aplicada entre los 9 y 35 días posparto (Lofstedt *et al.*, 1981; Jagger *et al.*, 1987). El mecanismo por el cual la GnRH induce la aparición de nuevas ondas foliculares se basa en inducir la ovulación del folículo dominante y su éxito depende de la presencia de un folículo dominante con capacidad ovulatoria en el momento del tratamiento. La capacidad para ovular se adquiere cuando el folículo ovárico tiene un diámetro mínimo de 8,5 mm en vacas *Bos indicus* (Sá Filho y Vasconcelos, 2011) y 10,0 mm en vacas *Bos Taurus* (Sartori *et al.*, 2013). El tratamiento más difundido consiste en la aplicación de GnRH al momento de la colocación del dispositivo con progesterona para inducir la liberación de LH y la ovulación del folículo dominante si hubiese uno presente, con la emergencia de una nueva onda folicular aproximadamente 2 días después. El dispositivo se retira a los 7 días junto con la administración de PGF2 $\alpha$ . Posteriormente, se realiza la segunda dosis de GnRH en el momento de la IATF para sincronizar la ovulación (Menchaca *et al.*, 2017).

### **2.10.2.3. Hormona gonadotrofina coriónica equina (eCG)**

La eCG, también llamada gonadotrofina del suero de la yegua preñada (PMSG), es una hormona producida por las copas endometriales de la yegua gestante, que posee en la vaca un efecto similar a la hormona folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH).

El efecto más importante de la eCG es la estimulación del crecimiento del folículo dominante y en consecuencia el aumento de la tasa de ovulación (Bó y Baruselli, 2014). El uso de dispositivos con progesterona en combinación con eCG ha mostrado un incremento en el porcentaje de preñez en vacas con cría al pie que se encuentran en anestro y con baja CC (Cutaia *et al.*, 2003). La aplicación de una dosis de 400 UI de eCG en el momento de retirado el dispositivo con progesterona, no incrementa los porcentajes de preñez en vacas con buena CC (Bó *et al.*, 2002; Cutaia *et al.*, 2003). Sin embargo, Callejas *et al.* (2015) observaron un efecto positivo en los porcentajes de preñez en vacas con buena CC. Estos autores concluyen que el rango posparto evaluado, desde los 34 a 67 días, en vacas con cría que se encuentran generalmente en anestro, el uso de la eCG de la tuvo un efecto estimulador y permitió mejorar en los porcentajes de preñez.

## **2.11. Manejo del amamantamiento y tratamientos hormonales en IATF**

### **2.11.1. Destete precoz e IATF**

Como se mencionó anteriormente, el destete precoz es una técnica efectiva para acortar el anestro posparto en las vacas, ya que suprime los altos requerimientos nutricionales asociados con la lactación. Menchaca *et al.* (2013) evaluaron el efecto de los progestágenos, el destete precoz y la combinación de progestágenos con destete precoz sobre los porcentajes de preñez. El destete se realizó al mismo momento de la colocación de los dispositivos con P4 y los animales fueron inseminados a las 52-56 horas de retirado los dispositivos. Los resultados obtenidos demostraron que la asociación del destete precoz y un tratamiento con progestágeno logró un 21,7% más de preñez a la IATF (56,5% vs 34,8%; DIB + destete precoz vs DIB sólo, respectivamente) y aproximadamente más del 30% de preñez a los 30 días de servicio comparado con la aplicación del destete precoz sólo.

Por su parte, Vittone *et al.* (2011) evaluaron el efecto del momento de aplicación del destete precoz en vacas con cría tratadas con progesterona intravaginal. Este estudio permitió determinar que, en vacas de baja CC, el destete precoz realizado 10 días antes o al inicio de un tratamiento con progesterona/estrógenos produjo un mayor tamaño del folículo dominante (preovulatorio) y una mayor tasa de ovulación. Sin

embargo, la tasa de preñez sólo fue mejorada cuando el destete se realizó al inicio del tratamiento hormonal en las vacas de baja CC.

### **2.11.2. Destete temporario e IATF**

Varios estudios han demostrado el efecto beneficioso del destete temporario para la inducción de la ovulación en vacas en anestro posparto. Vasconcelos *et al.* (2008) evaluaron los efectos de tratamientos que combinan dispositivos con P4 y el destete temporario por 48 horas en vacas Angus x Nelore en anestro posparto. Las vacas recibieron el dispositivo con progesterona durante 7 días, al retiro del mismo se realizó el destete temporario logrando mejorar las tasas de preñez (4,3% vs 8,2% vs 24,3%; con destete temporario, dispositivo con P4 y la combinación de destete temporario + el dispositivo con P4, respectivamente).

Contrariamente a estos resultados, Pinheiro *et al.* (2009) demostraron que el uso de la eCG, el destete temporario y la combinación de ambos, no aumentaron la tasa de preñez en las vacas Nelore (con 40 a 80 días posparto) y con una buena CC de 2 a 3,5 (escala de 1 a 5) que fueron tratadas con progesterona en un protocolo de sincronización para IATF. Los resultados obtenidos fueron para el tratamiento control 50%; destete temporario: 41,5%; eCG: 54,3% y eCG + destete temporario: 43,3%.

De acuerdo a lo reportado por estos autores, plantean que estos resultados pueden deberse a que el efecto del destete temporario puede variar según la ciclicidad de la vaca, la edad del ternero, el estado nutricional y la raza.

### **2.11.3. Restricción del amamantamiento con tablilla nasal e IATF**

Maraña Peña *et al.* (2005) evaluaron durante dos años consecutivos, el efecto de la aplicación de la tablilla nasal en los terneros sobre la tasa de preñez. Las vacas con cría al pie (60-80 días posparto) recibieron un dispositivo con progesterona durante 8 días. La colocación de la tablilla nasal se realizó el día de colocación del tratamiento y el retiro se hizo el día de la IATF. No se encontraron diferencias en la tasa total de preñez entre años. Sin embargo, hubo una interacción año x enlatado debido a que las vacas que se encontraban ganando peso en el primer año, tuvieron un mayor porcentaje de preñez con el uso de la tablilla (46,7%) que las vacas del grupo control (39,7%). En el segundo año, las vacas que se encontraban perdiendo peso, el uso de la tablilla en los terneros no mejoró el porcentaje de preñez comparado con el tratamiento control (36,6% vs 49,2%, respectivamente). Estos resultados, podrían deberse a que el efecto del enlatado de los terneros está influenciado por las

condiciones del año. Las vacas en el primer año tuvieron una respuesta inmediata al enlatado, debido a la disponibilidad y calidad del forraje.

Rosatti *et al.*, 2016, observaron que la restricción del amamantamiento con tablilla nasal en los terneros durante 14 días en combinación con un tratamiento para inducción de celo con P4 aumentó la tasa de preñez en vacas con intervalo parto-tratamiento corto en comparación con vacas del grupo control (70,6% vs 26,7%, respectivamente). Una desventaja de esta técnica es el efecto negativo sobre el peso vivo de los terneros, ya que disminuyó durante todo el período en que se aplicó la restricción del amamantamiento, diferencias que se mantuvieron hasta el destete definitivo.

Los reportes sobre esta metodología son escasos y los resultados son contradictorios y varían en función de muchos factores. Por ello, generar información en los rodeos de la región de “Los Llanos de La Rioja” sobre la respuesta a estas metodologías de bajo costo y fácil aplicación, resulta de mucho interés en estos sistemas que presentan dificultades para incrementar la performance reproductiva de los animales.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Experimento 1

##### 3.1.1. Lugar de trabajo y momento de realización

El experimento se realizó en el Campo Experimental Las Vizcacheras perteneciente a la Estación Experimental INTA La Rioja (30°22` latitud Sur; 66°17` longitud Oeste), en 12 parcelas de Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) de 3,25 has cada una. El trabajo se llevó a cabo en el período comprendido desde mayo del 2016 a mayo del 2018.

##### 3.1.2. Precipitaciones

En el Campo Experimental Las Vizcacheras de la Estación Experimental INTA La Rioja, se registraron las precipitaciones durante todo el período en el que se desarrolló el experimento (mayo 2016- mayo 2018). Los datos fueron provistos por la estación de meteorología perteneciente al Grupo de investigación agua, clima y suelo de la misma experimental. En relación a las precipitaciones que se producen en la región, el año se divide en 2 períodos: un período seco que comprende los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo que abarca desde octubre hasta abril que concentra cerca del 80% de las precipitaciones anuales.

##### 3.1.3. Animales utilizados y manejo

Se utilizaron 18 terneras A y 18 terneras CA nacidas en el mes de noviembre de 2015. Los animales permanecieron al pie de la madre hasta los 160±2,0 días de edad, momento de inicio del período de acostumbramiento (30 días de duración). Luego de ello, a los 6 meses de edad (192±2,0 días), la mitad de los animales recibió una suplementación energético-proteica que continuó hasta que alcanzaron los 15 meses de edad. La descripción de la misma se realiza en el siguiente apartado (3.1.4). Los servicios de las vaquillonas a los 15 y 27 meses de edad, se realizaron con 5% de toros y tuvieron una duración de 60 días (febrero-marzo de 2017/2018). En todos los casos, el diagnóstico de gestación se realizó a los 40 días de finalizado el servicio (mayo del 2017/2018).

### **3.1.4. Tratamientos**

Los animales seleccionados fueron asignados al azar en 4 grupos homogéneos por peso y edad para cada raza. Los tratamientos se asignaron según la combinación de los factores raza y suplementación, quedando los siguientes:

- Angus sin suplementación (A-SS; n=9)
- Angus con suplementación (A-CS; n=9)
- Criollo Argentino sin suplementación (CA-SS; n=9)
- Criollo Argentino con suplementación (CA-CS; n=9)

Las vaquillonas que fueron suplementadas desde el 2 de junio del 2016 hasta el 2 de febrero del 2017 (245 días), recibieron 5 días por semana, una ración energético-proteica constituida por una mezcla de 85% maíz partido (3,4 Mcal/kgMS, 9% PB y 13% FDN) y 15% de un concentrado proteico comercial (2,3 Mcal/kgMS, 40,6% PB y 31,4% FDN), presentando una concentración energética de  $3,3\pm 0,15$  Mcal/kgMS,  $13,4\pm 0,5\%$  PB y  $15,1\pm 0,4\%$  FDN. El suplemento se administró a una tasa diaria del 1% del peso vivo y la ración fue ajustada cada 60 días.

### **3.1.5. Mediciones sobre los animales**

#### **3.1.5.1 Peso vivo (PV)**

Las vaquillonas fueron pesadas individualmente cada catorce días hasta que ingresaron al primer servicio a los 15 meses de edad. Durante el período de servicio se pesaron una vez por mes y nuevamente, al inicio del servicio a los 27 meses de edad. La evaluación se realizó en una báscula con una capacidad para 1000 kg y con una precisión del orden de 1 kg. Todas las pesadas se realizaron por la mañana, con ayuno sólido y líquido previo de 18 horas.

Los terneros nacidos del primer servicio a los 15 meses, fueron pesados con una balanza pilón digital en el mismo día del parto.

#### **3.1.5.2. Ganancia diaria de peso vivo (GDPV)**

Se estimó para cada período (seco y húmedo) desde el destete (día 0) hasta la finalización del primer servicio a los 15 meses de edad.

### **3.1.5.3. Condición corporal (CC)**

La CC se determinó cada 14 días en forma visual desde el inicio del experimento hasta que las vaquillonas ingresaron al primer servicio a los 15 meses y nuevamente al inicio del servicio con 27 meses de edad, aplicándose la escala de 1 a 5. (1= extremadamente flaca y 5=extremadamente gorda, Houghton *et al.*, 1990).

### **3.1.5.4. Alzada**

Las mediciones de la alzada se determinaron desde el suelo hasta la altura de la cadera del animal con una cinta métrica adosada a una varilla de hierro. Se realizaron en cada animal al inicio del experimento y al ingreso de las vaquillonas al servicio a los 15 meses de edad.

### **3.1.5.5. Espesor de grasa de lumbar (P8)**

El P8 es la profundidad del tejido graso en la intersección de los músculos *glúteus médium* y *biceps femoris* en la región de la cadera. El sitio puede ubicarse en forma equidistante entre la tuberosidad coxal y la tuberosidad isquiática del animal. Previamente a la medición, se retiró la suciedad en el área a evaluar con una rasqueta metálica, se esparció aceite vegetal para asegurar el contacto adecuado del transductor y con ello lograr una imagen de buena calidad. Para esta evaluación se utilizó un equipo de ultrasonografía (HONDA HS 2100V) con transductor lineal transrectal, función multifrecuencial (5,0 MHz). Las mediciones se realizaron: al inicio y al comienzo del servicio a los 15 meses de edad.

### **3.1.5.6. Área pélvica (AP)**

Se determinó como el producto entre la altura y el ancho de la abertura pélvica, con un pelvómetro hidráulico modelo Krautmann. La medición se realizó en las vaquillonas al comienzo del servicio a los 15 meses de edad.

### **3.1.5.7. Medición de progesterona plasmática (P4)**

A partir de los 12 meses de edad (360 días) y hasta la detección del primer cuerpo lúteo, se realizaron semanalmente extracciones de sangre con el objetivo de medir la concentración plasmática de P4. Las muestras fueron tomadas por punción de la vena yugular, se colocaron en tubos heparinizados y centrifugados a 600g durante 15

minutos. El plasma obtenido fue conservado a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de realizar la medición hormonal. La determinación se realizó a través de un Kit comercial de RIA (IM1188 Beckman Coulter) previamente utilizado con plasma bovino (Baumrucker *et al.*, 2014). Todas las muestras se procesaron con un coeficiente de variación intra-ensayo menor a 5%, para concentraciones comprendidas entre 0,15 y 55,0 ng/ml. Se utilizó un método con una sensibilidad de 0,15 ng/ml.

### **3.1.6. Estudios ultrasonográficos del tracto reproductivo**

A partir de los 11 meses de edad ( $338\pm 2,0$  días) se realizaron ecografías cada 7 días para determinar la presencia y el área del cuerpo lúteo y con un intervalo de 14 días para evaluar el diámetro del folículo de mayor tamaño (DFMT), el diámetro del cuerno uterino (DCU) y el área ovárica (AOV). Estas evaluaciones se realizaron en todas las vaquillonas hasta que se detectó la presencia del primer cuerpo lúteo. Luego de ello, las hembras con CL, dejaron de ser evaluadas. Sólo se continuó con las determinaciones en las vaquillonas que no presentaron CL hasta que ingresaron al primer servicio con 15 meses de edad. Estos estudios fueron realizados utilizando un ecógrafo de tiempo real HONDA HS 2100V, equipado con un transductor transrectal lineal (7,5 MHz).

- **Diámetro del folículo de mayor tamaño (DFMT)**

El diámetro (mm) del folículo se calculó en cada ovario como el promedio del diámetro vertical y transversal en su mayor.

- **Área del cuerpo lúteo (ACL)**

El área ( $\text{cm}^2$ ) del cuerpo lúteo se determinó con un calliper electrónico en cada ovario y se delineó en su mayor sección.

- **Diámetro del cuerno uterino (DCU)**

El diámetro (mm) del cuerno uterino se determinó mediante la evaluación del ancho de un cuerno y se delineó con un calliper electrónico.

- **Área ovárica (AOV)**

El área ( $\text{cm}^2$ ) ovárica se realizó en su mayor sección y se delineó con un calliper electrónico.

### 3.1.7. Determinación del inicio a la pubertad

Los criterios utilizados para determinar el inicio de la pubertad en las vaquillonas fueron:

- ✓ la detección de un cuerpo lúteo por ultrasonografía y
- ✓ una concentración de progesterona mayor a 1 ng/ml (Honaramooz *et al.*, 2004).

### 3.1.8. Período de servicio por 60 días

El primer servicio de las vaquillonas se realizó, a los 15 meses de edad ( $437 \pm 2,3$  días y desde el 2 de febrero al 3 de abril de 2017) y el segundo servicio se realizó a los 27 meses de edad ( $805 \pm 2,3$  días de edad, desde el 6 febrero hasta el 9 de abril de 2018). Se utilizaron toros de ambas razas (5%) y los animales pastorearon parcelas de Buffel grass (15 ha cada parcela) sin suplementación con ternero al pie.

### 3.1.9. Tasa de preñez

La tasa de preñez en las vaquillonas fue evaluada a los 40 días de finalizado el primer y segundo servicio a los 15 y 27 meses de edad.

### 3.1.10. Intervalo inicio del servicio-parto

El intervalo inicio del servicio-parto (en días) se determinó desde el primer día de iniciado el primer servicio a los 15 meses de edad (2 de febrero del 2017) hasta la fecha de parto de cada vaquillona.

### 3.1.11. Mediciones en la pastura

Con el objeto de determinar la disponibilidad de forraje (kgMS/ha) en las parcelas de Buffel grass se cortaron por parcela 20 muestras de  $0,5 \text{ m}^2$  a lo largo de una transecta de 600 m, estas determinaciones se realizaron en dos momentos: previo al inicio del experimento (30 de mayo del 2016) y al finalizar los tratamientos (2 de febrero del 2017). Posteriormente las muestras fueron secadas en estufa por 48 horas a  $60^\circ\text{C}$  y luego pesadas. Para evaluar la calidad del forraje, en cada momento y parcela se tomaron 5 submuestras con las cuales se hizo un pool por parcela. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio para la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS, método Daisy Ankom) y proteína bruta (PB, método Kjeldahl).

## **3.2. Experimento 2**

### **3.2.1. Lugar de trabajo y momento de realización:**

Este experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental “Los Cerrillos” perteneciente a la Estación Experimental La Rioja (29° 58’ latitud Sur; 65° 53’ longitud Oeste). El trabajo se desarrolló durante dos años consecutivos:

- Año 2016: desde el 15 de febrero hasta el 15 de abril del 2016.
- Año 2017: desde 14 de febrero hasta el 14 de abril del 2017.

Durante el experimento, los animales estuvieron pastoreando sobre una pastura de Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*).

### **3.2.2. Precipitaciones**

Se registraron las precipitaciones durante los dos años consecutivos de la duración del experimento (desde mayo de 2016 hasta abril de 2017 inclusive) en el Campo Los Cerrillos. Los datos fueron provistos por la estación de meteorología perteneciente al Grupo de investigación en agua, clima y suelo de la misma experimental.

### **3.2.3. Animales y manejo**

Se utilizaron 146 vacas pluríparas con cría al pie (72 vacas Angus y 74 vacas Criollo Argentino) con un intervalo parto-tratamiento (IPT) de  $80,2 \pm 3,0$  días para la raza A y de  $72,2 \pm 3,0$  días para la raza CA. El comienzo del experimento (D0) se consideró al momento de la aplicación de los dispositivos (tratamiento hormonal) para la sincronización de celos lo que coincidió con la colocación de las tablillas nasales en los terneros. El estudio finalizó con la obtención de los pesos de los terneros al destete.

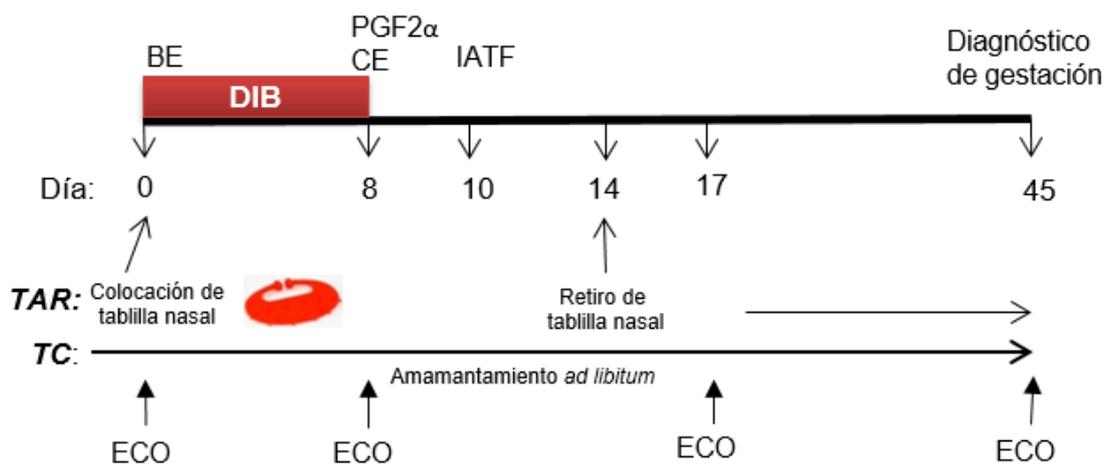
### **3.2.4. Tratamientos**

Al inicio del experimento (día 0) los animales de cada raza fueron asignados aleatoriamente a los siguientes tratamientos:

- Angus con amamantamiento restringido: terneros con tablilla nasal durante 14 días y que permanecen con sus madres (A-AR; n=37).
- Angus Control: terneros con amamantamiento *ad libitum* (A-C; n=35).

- Criollo Argentino con amamantamiento restringido: terneros con tablilla nasal durante 14 días y que permanecen con sus madres (CA-AR; n=37).
- Criollo Argentino Control: terneros con amamantamiento *ad libitum* (CA-C; n=37).

Todas las vacas fueron tratadas con dispositivo intravaginal impregnado con 0,5 g de progesterona (DIB, Syntex, Argentina) durante 8 días. Al momento de colocar el dispositivo (día 0) se aplicó una inyección intramuscular de 2 mg de benzoato de estradiol (Gonadiol; Syntex, Argentina). Al retiro del dispositivo (día 8) se aplicaron 500 µg de cloprostenol sódico (PGF2α; Ciclase DL, Syntex, Argentina) y 1 mg de cipionato de estradiol (Cipiosyn; Syntex, Argentina). Todas las vacas fueron inseminadas a las 50 horas (día 10) de retirado el dispositivo con semen congelado proveniente de toros de raza A y CA. En el día 0, a los terneros con restricción en el amamantamiento (AR) se les colocó una tablilla en los ollares de la nariz durante 14 días y los terneros del grupo Control (C) amamantaron *ad libitum*. En la Figura 8 se presenta un esquema de los tratamientos en función del protocolo de inducción/sincronización de celos utilizado.



**Figura 8:** Presentación esquemática de los tratamientos.

**BE:** benzoato de estradiol; **PG2α:** prostaglandina; **CE:** cipionato de estradiol; **IATF:** inseminación artificial a tiempo fijo; **ECO:** ecografía. **TAR:** tratamiento amamantamiento restringido; **TC:** tratamiento control.

### **3.2.5. Mediciones sobre los animales**

#### **3.2.5.1. Peso vivo (PV)**

Las vacas fueron pesadas al inicio del experimento por la mañana, con ayuno sólido y líquido de 18 horas en una báscula con capacidad para 1,000 kg y con una precisión del orden de 1 kilogramo. Los terneros fueron pesados individualmente en los días 0 y 14 del experimento y al destete (con 4 meses de edad promedio).

#### **3.2.5.2. Condición corporal (CC)**

Se determinó la CC en todas las vacas en forma visual al inicio del experimento, aplicándose la escala de 1 a 5 (1= extremadamente flaca, 5=extremadamente gorda, Houghton *et al.*, 1990).

#### **3.2.5.3. Presencia de celo (PC)**

La detección de celos se realizó marcando una franja de pintura (Celotest, Biotay) de 20 cm de largo x 5 cm de ancho en la zona sacrococcígea el día 8 del tratamiento. La observación se realizó al momento de la IATF y las vacas con franja despintada en más de un 30% fueron consideradas en celo.

### **3.2.6. Estudios ultrasonográficos**

En los días 0, 8 y 17 se realizaron observaciones ováricas por medio de ecografía a tiempo real utilizando un ecógrafo HONDA HS 2100V con un transductor lineal transrectal (7,5 MHz).

Se realizaron ecografías el día 0 para caracterizar el estado ovárico previo al inicio del tratamiento y se consideró como vaca cíclica a aquella que presentó un CL.

Al momento de retirar el dispositivo (día 8) se observaron los ovarios de cada vaca y se consideró el folículo dominante al folículo de mayor tamaño observado. Para ello los ovarios de cada vaca fueron monitoreados en varios planos. El diámetro (mm) del folículo de mayor tamaño se calculó como el promedio del diámetro vertical y transversal en su mayor sección.

La ovulación se determinó mediante la presencia del CL observada en el día 17 del experimento.

El diagnóstico de gestación se realizó por medio de ultrasonografía a los 35 días pos IATF.

### 3.3. Experimento 3

#### 3.3.1. Lugar de trabajo y momento de realización

El experimento se realizó en el establecimiento ganadero “Balde El Tala” (31°44` latitud Sur; 66°02` longitud Oeste), ubicado en el sector sur de Los Llanos de La Rioja, en el Departamento General San Martín. El trabajo se llevó a cabo desde el 10 enero (Día 0 del experimento) hasta el 22 de junio del año 2017 (momento en que se destetaron los terneros). Al momento de aplicación de los tratamientos (Día 0) los animales pasaron a un potrero de 153 ha de Buffel grass (disponibilidad media de 1500 kg/ha, 65% de digestibilidad y 10% proteína) durante todo el período experimental hasta el diagnóstico de gestación a los 30 días pos IATF (20 de febrero del 2017).

#### 3.3.2. Animales y manejo

Se utilizaron 109 vacas pluríparas de raza Angus, con cría al pie y con un IPT de 59,4±07 días (media±EE).

#### 3.3.3. Tratamientos

Las hembras utilizadas fueron asignadas aleatoriamente a uno de 2 tratamientos:

- Amamantamiento restringido (AR; n=56): terneros con tablilla nasal durante 14 días y que permanecen con sus madres
- Control (C; n=53): terneros con amamantamiento *ad libitum*

Al inicio del experimento (día 0;) todas las vacas fueron tratadas con un dispositivo intravaginal impregnado con 0,5 g de progesterona (Procrear, Synkro xy, Proagro S.A) y una inyección intramuscular de 2 mg de benzoato de estradiol (BE, Synkro xy, Proagro S.A). Al retiro del dispositivo (día 8) se aplicaron 500 µg de cloprostenol sódico (PG2α, Synkro xy, Proagro S.A) y 1 mg de cipionato de estradiol (CE, Synkro xy, Proagro S.A). A las 52-56 horas (día 10) de retirado el dispositivo se realizó la IATF por un mismo operador con semen congelado de un mismo toro. En el Día 0, a los terneros con restricción en el amamantamiento (AR) se les colocó una tablilla en los ollares durante 14 días y los terneros del grupo Control (C) permanecieron con el amamantamiento *ad libitum*. Todos los terneros (n=109) fueron pesados en los días 0,

14 y el día del destete (con 7 meses de edad promedio) A los 15 días de finalizada la IATF, los animales ingresaron al servicio natural durante 90 días con 5% de toros de raza A.

Las mediciones sobre los animales y las evaluaciones ultrasonográficas realizadas en este experimento fueron las mismas que las realizadas en el experimento 2.

### **3.4. Diseño experimental y análisis estadísticos**

- Experimento 1

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial: el factor suplementación con 2 niveles (Sin suplementar, SS y Con suplementación, CS) y el factor raza con dos niveles (Angus, A y Criollo Argentino, CA).

La ganancia de peso vivo (GPV) de las vaquillonas se analizó para cada animal mediante regresión no lineal con un modelo de dos tramos del peso en función del tiempo. Los coeficientes obtenidos a partir del modelo utilizado se promediaron por unidad experimental y luego se realizó un modelo lineal y mixto con estructura autoregresiva.

Para la evaluación de los parámetros de desarrollo corporal y parámetros reproductivos se ajustaron modelos lineales mixtos. Se consideraron la suplementación y la raza como efectos fijos y el animal como efecto aleatorio. La heterogeneidad de varianza se modeló en las variables donde fue necesario, para seleccionar el modelo adecuado. Las variables binarias (preñada-vacía, púber-no púber) se analizaron mediante modelos lineales generalizados mixtos. Para la evaluación de la distribución de los partos se utilizó el test exacto de Fisher y se agruparon las fechas de parto en 4 períodos: período 1 (5/11/2017-15/11/2017), período 2 (15/11/2017-25/11/2017), período 3 (25/11/2017-5/12/2017) y período 4 (5/12/2017-15/12/2017). Se trabajó con un nivel de significación del 5% para considerar efectos significativos. Los análisis se efectuaron empleando el software estadístico Infostat/P versión 2017 (Di Rienzo, *et al.*, 2017).

- Experimentos 2 y 3

En el experimento 2 se utilizó un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial. Se consideraron el tratamiento y la raza como efectos fijos, el año y el potrero como efectos aleatorios. En el experimento 3 se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, siendo los tratamientos como los efectos fijos. En los dos experimentos, las variables físicas se evaluaron mediante modelos lineales mixtos. La

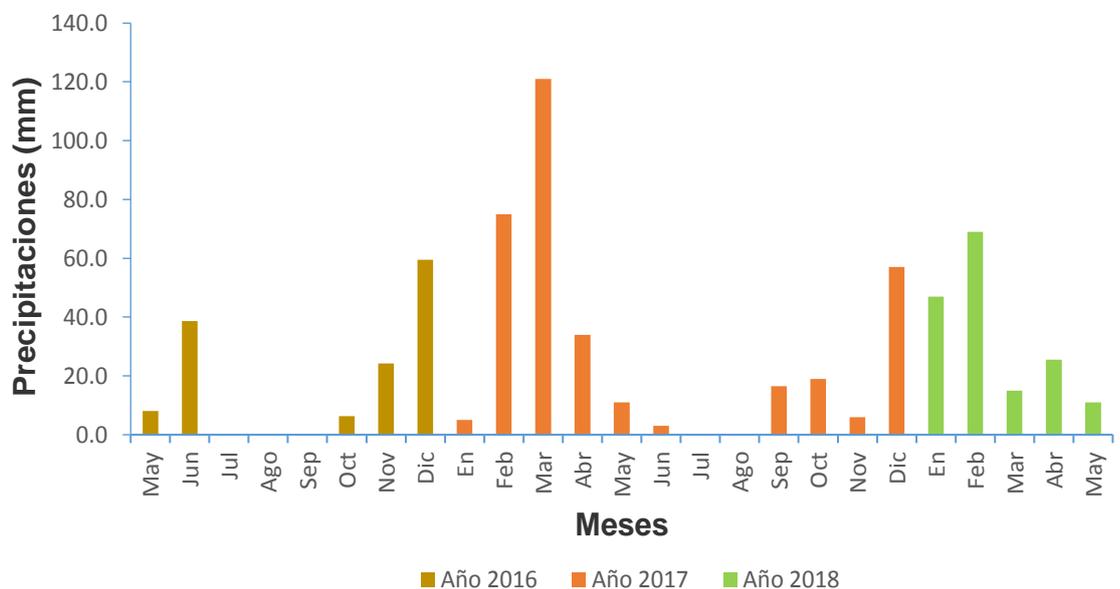
heterogeneidad de varianza se modeló en las variables donde fue necesario, para seleccionar el modelo adecuado. Las variables binarias (preñada-vacía, con-sin celo, con-sin CL) fueron analizadas mediante modelos lineales generalizados mixtos y se utilizó un modelo de regresión logística para relacionar las variables binarias con variables cualitativas. Se trabajó con un nivel de significancia del 5%. Los análisis se efectuaron empleando el software estadístico Infostat/P versión 2017 (Di Rienzo *et al.*, 2017).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Experimento 1:

#### 4.1.1. Precipitaciones durante el período experimental

En la Figura 9 se observan las precipitaciones mensuales registradas durante el período en que se realizó el experimento (inicio: destete de las terneras y finalizó con el diagnóstico de preñez realizado a los 27 meses de edad).



**Figura 9:** Registro mensual de las precipitaciones en el Campo experimental “Las Vizcacheras”, durante el período de estudio (mayo del 2016 a mayo del 2018). Datos proporcionados por la estación meteorológica del grupo de agua, clima y suelo de la EEA INTA La Rioja.

#### 4.1.2. Mediciones en la pastura

La pastura de *Cenchrus ciliaris* (Buffel grass) presentó al inicio del experimento una disponibilidad (media $\pm$ DE) de 5.520 $\pm$ 460 Kg MS/ha con una calidad de PB=4,4 $\pm$ 0,25% y DIVMS=48,5 $\pm$ 2,5%. Al finalizar los tratamientos (2 de febrero del 2017) la disponibilidad fue de 3.600 $\pm$ 700 Kg MS/ha con una PB=3,4 $\pm$ 0,1% y DIVMS=44,9 $\pm$ 1,4%.

#### 4.1.3. Medidas corporales al inicio del experimento

No se observó efecto de la interacción ( $p>0,05$ ) entre el tratamiento y la raza en ninguna de las variables estudiadas.

Al inicio del experimento, los animales de la raza A presentaron mayor edad, PV, CC y P8 que los animales CA, mientras que la alzada fue mayor en los CA ( $p<0,05$ ; Tabla 2).

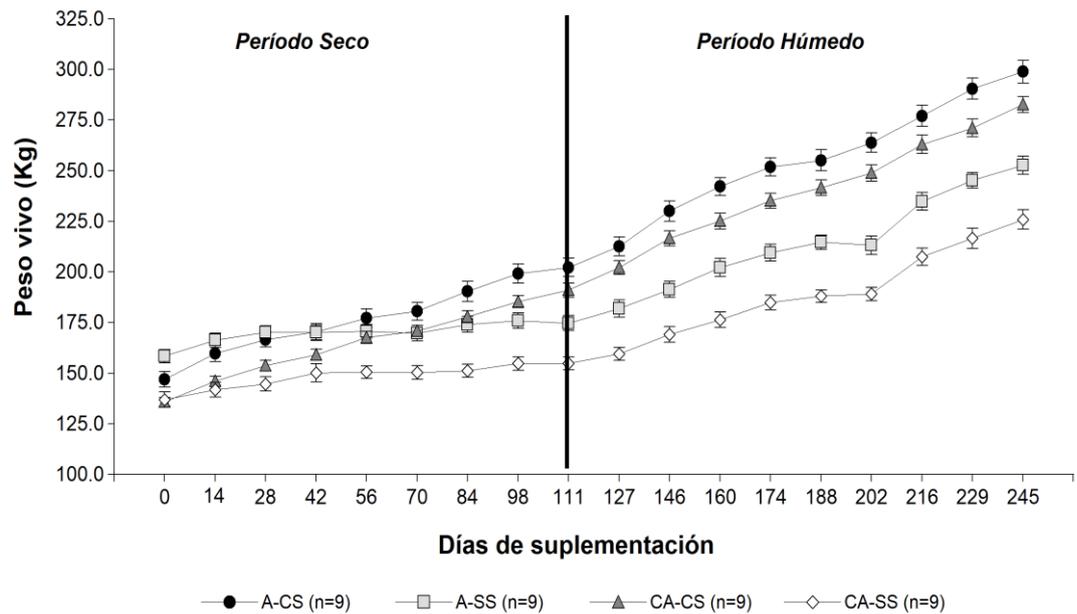
**Tabla 2.** Medidas corporales (media $\pm$ EE) en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS).

	Suplementación		p	Raza		P
	CS (n=18)	SS (n=18)		A (n=18)	CA (n=18)	
Edad (días)	190,5 $\pm$ 2,0	193,5 $\pm$ 2,0	0,297	200,1 $\pm$ 2,0	183,9 $\pm$ 2,0	0,001
PV (kg)	141,4 $\pm$ 2,4	147,6 $\pm$ 2,4	0,075	152,6 $\pm$ 2,4	136,4 $\pm$ 2,4	0,001
CC (1 al 5)	2,7 $\pm$ 0,1	2,7 $\pm$ 0,1	0,401	2,8 $\pm$ 0,1	2,6 $\pm$ 0,1	0,005
Alzada(cm)	97,2 $\pm$ 0,7	98,5 $\pm$ 0,7	0,202	96,3 $\pm$ 0,7	99,4 $\pm$ 0,7	0,003
P8 (mm)	2,5 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,1	0,004	2,4 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,1	0,002

PV: Peso vivo; CC: condición corporal; P8: espesor de grasa lumbar.

#### 4.1.4. Evolución del peso vivo y ganancia diaria de peso

En la Figura 10 se observa la evolución del peso de las vaquillonas desde el inicio de la suplementación hasta el inicio del primer servicio.



**Figura 10:** Evolución del peso vivo (media±EE) en vaquillonas Angus (A) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (A-CS), sin suplementación (A-SS) y vaquillonas Criollo Argentino (CA) con suplementación (CA-CS) y sin suplementación (CA-SS). El día 0 corresponde al inicio de la suplementación (junio 2016; 192±0,2 días de edad) y el día 245 al primer servicio y fin de la suplementación (febrero de 2017; 437 días de edad). La línea hace referencia al día 111±2,8 (media±EE) de evaluación y representa el punto de quiebre, momento en que se produce el cambio de peso de los animales entre el período seco y el período húmedo.

No se observó efecto de la interacción entre el tratamiento y la raza ( $p>0,05$ ) sobre la ganancia diaria de peso. Independientemente de la raza, la suplementación incrementó la ganancia diaria de peso, lográndose diferencias entre tratamientos (CS vs SS) de 0,340 kg/día en el período seco y de 0,110 kg/día en el período húmedo. A partir de los 111±2,8 días, se produjo el punto de quiebre, en el que cambiaron las ganancias diarias de peso de las vaquillonas entre ambos períodos (Tabla 3).

La ganancia diaria de peso en el período húmedo fue mayor ( $p<0,017$ ) en las vaquillonas A que en las CA (Tabla 3).

**Tabla 3.** Ganancia diaria de peso (media±EE) durante el período seco (mayo-septiembre) y húmedo (octubre-febrero), en vaquillonas suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS) de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA).

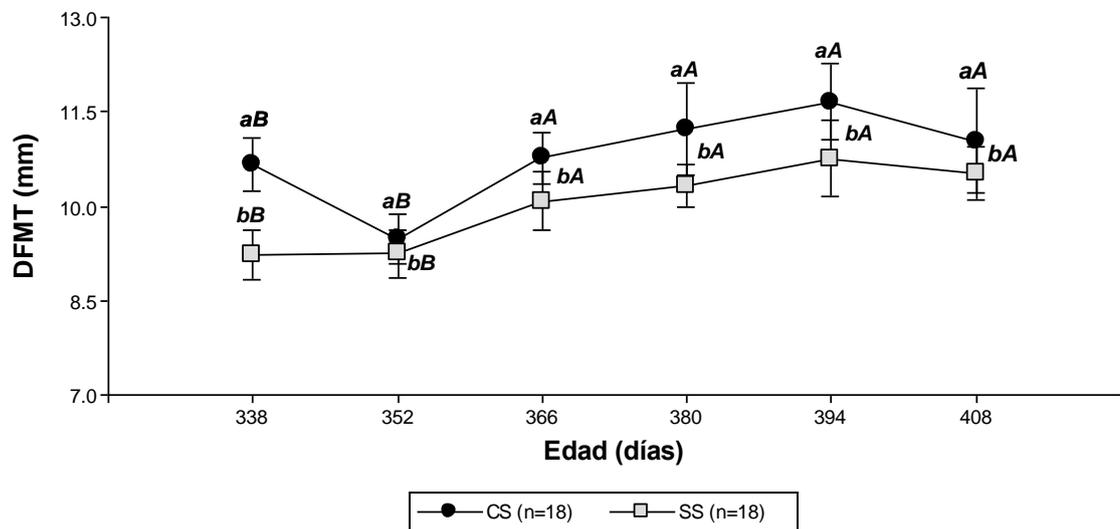
	Suplementación			Raza		
	CS (n=18)	SS (n=18)	p	A (n=18)	CA (n=18)	p
GDPS (kg/cab/día)	0,469±0,1	0,126±0,1	0,001	0,287±0,1	0,309±0,1	0,259
Punto de quiebre (días)	106,1±2,8	127±2,8	0,001	112,7±2,8	120,4±2,8	0,060
GDPH (kg/cab/día)	0,689±0,1	0,579±0,1	0,001	0,652±0,1	0,617±0,1	0,017
GDPT (kg/cab/día)	0,580±0,1	0,360±0,1	0,001	0,480±0,1	0,469±0,1	0,333

**GDPS:** Ganancia diaria de peso período seco (precipitaciones que no superan el 20% anual); **GDPH:** Ganancia diaria de peso período húmedo (precipitaciones que concentran el 80% anual). **GDPT:** Ganancia diaria de peso total.

#### 4.1.5. Estudios ultrasonográficos

##### 4.1.5.1. Diámetro del folículo de mayor tamaño (DFMT)

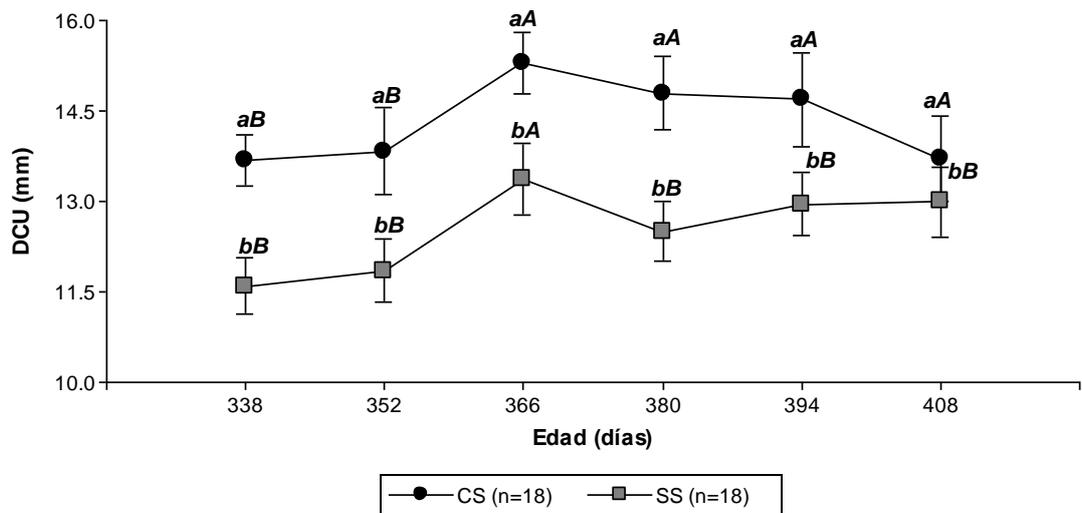
No se observó efecto de la interacción entre el tratamiento, la raza y la edad (días) ( $p>0,05$ ) sobre el DFMT. Independientemente de la raza, las vaquillonas suplementadas presentaron un DFMT significativamente mayor que las del grupo sin suplementar (CS: 10,8±0,3 mm vs SS: 10,0±0,3 mm respectivamente;  $p=0,010$ ; media±EE). Se observó un efecto de la edad en el DFMT, ya que aumentó significativamente después de los 366±2,0 días de edad ( $p=0,001$ ; figura 11).



**Figura 11:** Evolución del diámetro del folículo de mayor tamaño (DMFT; media±EE) en vaquillonas Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS). Medias con letras minúsculas diferentes entre CS y SS difieren estadísticamente ( $p<0,05$ ). Medias con letras mayúsculas diferentes entre días de evaluación difieren estadísticamente ( $p<0,05$ ).

#### 4.1.5.2. Diámetro del cuerno uterino (DCU)

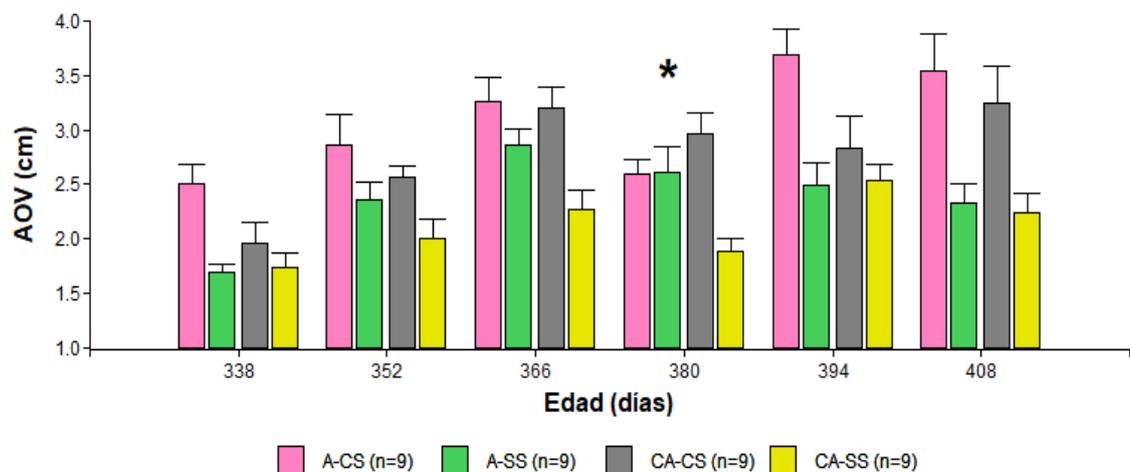
No se observó efecto de la interacción entre el tratamiento, la raza y la edad (días) ( $p>0,05$ ) sobre el DCU. Independientemente de la raza, la suplementación aumentó significativamente el DCU comparado con las vaquillonas que no fueron suplementadas (CS:  $14,3\pm0,3$  mm vs SS:  $12,5\pm0,3$  mm respectivamente;  $p=0,001$ ). Se observó un efecto de la edad en el DFMT, ya que aumentó significativamente después de los  $366\pm2,0$  días de edad ( $p=0,034$ ; Figura 12).



**Figura 12:** Evolución del diámetro del cuerno uterino (DCU; media±EE) en vaquillonas Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS). Medias con letras minúsculas diferentes entre CS y SS difieren estadísticamente ( $p<0,05$ ). Medias con letras mayúsculas diferentes entre días de evaluación difieren estadísticamente ( $p<0,05$ ).

#### 4.1.5.3. Área Ovárica (AOV)

Existió un efecto significativo de la interacción entre el tratamiento, la raza y la edad (días) sobre el AOV ( $p < 0,003$ ), siendo mayor el AOV para las vaquillonas CS de raza CA evaluado a los  $380 \pm 2,0$  días de edad. La menor medida del AOV se observó a los  $338 \pm 2,0$  días de edad, en comparación con las otras edades evaluadas ( $p = 0,001$ ; Figura 13).



**Figura 13:** Evolución del área ovárica (AOV; media $\pm$ EE) en vaquillonas Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) y sin suplementación (SS). (\*efecto de la interacción: tratamiento x raza x día;  $p < 0,05$ ).

#### 4.1.5.4. Área del cuerpo lúteo (ACL) y concentración de progesterona plasmática (P4) en vaquillonas que alcanzaron la pubertad.

No se observó efecto significativo ( $p > 0,05$ ) de la interacción entre el tratamiento y la raza sobre ninguna de las variables evaluadas. El tratamiento no afectó el ACL y las concentraciones de progesterona en las vaquillonas evaluadas ( $p > 0,05$ ). Los resultados se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Área del cuerpo lúteo (ACL) y concentración de progesterona plasmática (P4) (media±EE) en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS).

	Suplementación			Raza		
	CS (n=18)	SS (n=3)	p	A (n=12)	CA (n=9)	p
<b>ACL (cm<sup>2</sup>)</b>	2,28±0,1	2,73±0,4	0,334	2,53±0,2	2,24±0,2	0,518
<b>P4 (ng/ml)</b>	3,9±0,9	4,5±2,1	0,511	3,7±1,2	4,8±1,4	0,396

ACL: Área del cuerpo lúteo, P4: concentración de progesterona plasmática.

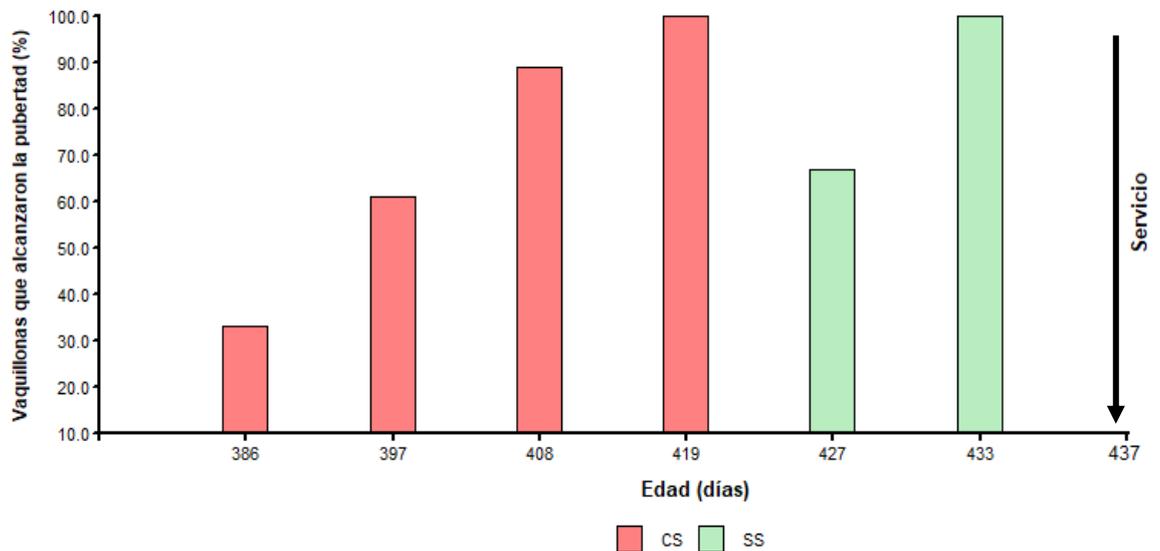
#### 4.1.6. Edad y peso vivo a la pubertad

Independientemente de la raza, la suplementación desde el destete hasta el primer servicio (15 meses), indujo la pubertad en el 100% (18/18) de las vaquillonas A y CA, mientras que en las hembras sin suplementación fue sólo del 16,6% (3/18; p=0,001; Fig. 14). El 83,3% (15/18) restante de las hembras SS, ingresó al primer servicio en anestro prepuberal. Las vaquillonas suplementadas iniciaron la pubertad 37,6±3,0 días antes que las vaquillonas SS (p=0,001). La suplementación afectó el peso vivo a la pubertad (p=0,001), siendo la raza A más pesada (p=0,003; Tabla 5) que la raza CA. El porcentaje acumulado de vaquillonas que alcanzó la pubertad se muestra en la Figura 14.

**Tabla 5.** Edad y peso vivo (media±EE) en vaquillonas que alcanzaron la pubertad suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta el primer servicio a los 15 meses de edad y sin suplementación (SS) de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA).

	Suplementación			Raza		
	CS (n=18)	SS (n=18)	p	A (n=18)	CA (n=18)	p
<b>Edad (días)</b>	398,5±3,0	436,1±3,0	0,001	421,3±3,0	413,2±3,0	0,064
<b>PV(Kg)</b>	262,5±3,5	237,9±3,5	0,001	258,1±3,5	242,3±3,5	0,003

PV: Peso vivo. En los animales que no alcanzaron la pubertad hasta el final del experimento, los valores de las variables se corresponden con los datos de la medición final.



**Figura 14:** Porcentaje acumulado (%) de vaquillonas suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta el primer servicio a los 15 meses de edad ( $437 \pm 2,3$  días) y sin suplementación (SS) que iniciaron la pubertad en función de la edad en días.

#### 4.1.7. Mediciones corporales a los 15 meses de edad

No se encontró efecto significativo de la interacción en ninguno de los parámetros evaluados ( $p > 0,05$ ). Las vaquillonas CS presentaron mayor ( $p = 0,001$ ) PV, CC, Alzada, AP y P8 que las vaquillonas SS a una misma edad. Las vaquillonas de raza A presentaron mayores valores ( $p < 0,05$ ) de PV, CC y P8 que las vaquillonas CA. Sin embargo, la raza CA presentó mayor alzada que la raza A ( $p < 0,05$ ; Tabla 6).

**Tabla 6.** Mediciones corporales a los 15 meses de edad (media $\pm$ EE) en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS).

	Suplementación			Raza		
	CS (n=18)	SS (n=18)	p	A (n=18)	CA (n=18)	p
Edad (días)	434,5 $\pm$ 2,3	439,7 $\pm$ 2,3	0,124	446,3 $\pm$ 2,3	427,9 $\pm$ 2,3	0,001
PV (kg)	290,8 $\pm$ 3,3	239,3 $\pm$ 3,3	0,001	275,8 $\pm$ 3,3	254,3 $\pm$ 3,3	0,001
CC (1 al 5)	3,3 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,1	0,001	3,2 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1	0,001
Alzada(cm)	121,5 $\pm$ 0,6	118,2 $\pm$ 0,6	0,001	117,1 $\pm$ 0,6	122,6 $\pm$ 0,6	0,004
AP (cm <sup>2</sup> )	200,7 $\pm$ 2,7	187,9 $\pm$ 2,7	0,001	200,7 $\pm$ 2,7	193,2 $\pm$ 2,7	0,056
P8 (mm)	5,2 $\pm$ 0,2	3,3 $\pm$ 0,2	0,001	4,8 $\pm$ 0,2	3,7 $\pm$ 0,2	0,001

PV: Peso vivo; CC: condición corporal; AP: área pélvica; P8: espesor de grasa lumbar.

#### 4.1.8. Peso vivo al comienzo y final del servicio a los 15 meses de edad y ganancia diaria de peso

No se observó efecto significativo ( $p>0,05$ ) de la interacción entre suplementación y raza sobre el PV al principio y final del servicio. El PV, tanto al inicio como al final del servicio fue mayor ( $p=0,001$ ) en las vaquillonas que fueron suplementadas con respecto a las que no fueron y la raza A fue más pesada que la raza CA. La ganancia diaria de peso, presentó diferencias significativas ( $p=0,002$ ) entre los tratamientos evaluados, siendo mayor en las vaquillonas sin suplementación y de raza A ( $p=0,015$ ; Tabla 7).

**Tabla 7.** Peso vivo al inicio y final (media $\pm$ EE) del período de servicio y ganancia diaria de peso en vaquillonas de 15 meses de edad de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS).

	Suplementación			Raza		
	CS (n=18)	SS (n18)	p	A (n=18)	CA (n=18)	p
PV (Kg) inicio del servicio	290,8 $\pm$ 3,3	239,3 $\pm$ 3,3	0,001	275,8 $\pm$ 3,3	254,3 $\pm$ 3,3	0,001
PV (Kg) final del servicio	307,4 $\pm$ 3,3	271,7 $\pm$ 3,3	0,001	304,2 $\pm$ 3,3	274,9 $\pm$ 3,3	0,001
GDPV (Kg/día) (Febrero- Abril)	0,276 $\pm$ 0,3	0,539 $\pm$ 0,3	0,002	0,472 $\pm$ 0,3	0,343 $\pm$ 0,3	0,015

**PV:** Peso vivo; **GDPV:** ganancia diaria de peso vivo.

#### 4.1.9. Peso vivo y condición corporal a los 27 meses de edad

No se observó efecto significativo ( $p>0,05$ ) de la interacción entre el tratamiento y la raza sobre el peso vivo y la CC en vaquillonas de 27 meses de edad. Los valores para PV y CC no presentaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los animales que recibieron suplementación (desde el destete hasta el primer entore) con respecto a las vaquillonas que no fueron suplementadas (Tabla 8). Sin embargo, las vaquillonas de raza A presentaron mayor PV y CC que las de raza CA ( $p<0,05$ ).

**Tabla 8.** Peso vivo y condición corporal (media $\pm$ EE) preservicio en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) de 27 meses de edad suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS).

	Suplementación		p	Raza		p
	CS (15)	SS (15)		A (15)	CA (15)	
PV (kg)	309,0 $\pm$ 3,9	301,2 $\pm$ 3,9	0,176	316,5 $\pm$ 3,9	293,6 $\pm$ 3,9	0,004
CC (1 al 5)	2,8 $\pm$ 0,1	2,7 $\pm$ 0,1	0,152	2,8 $\pm$ 0,1	2,6 $\pm$ 0,1	0,003

PV: Peso vivo; CC: condición corporal; IPS: intervalo parto-servicio.

#### 4.1.10. Parámetros reproductivos en vaquillonas entoradas a los 15 y 27 meses de edad

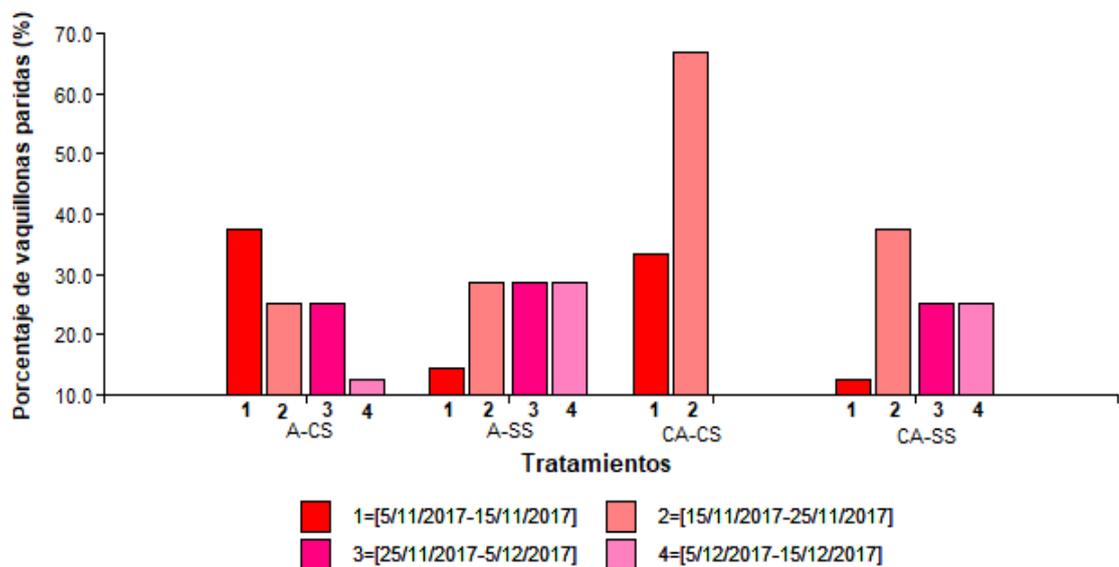
No se observó efecto significativo de la interacción ( $p > 0,05$ ) entre el tratamiento y la raza sobre ninguna de las variables estudiadas en los dos servicios a los 15 y 27 meses de edad. La suplementación energético-proteica en vaquillonas de raza A y CA desde el destete hasta el primer servicio, no aumentó la tasa de preñez ( $p = 0,628$ ), la tasa de parición ( $p = 0,423$ ) y no se encontró diferencias en la distribución de los partos ( $p = 0,746$ ; Figura 15). Sin embargo, el peso vivo de los terneros de raza A al nacimiento fue superior que los de la raza CA ( $p = 0,001$ ; Tabla 9). El intervalo desde el parto al segundo servicio, tampoco presentó diferencias significativas entre el tratamiento ( $p = 0,178$ ) y la raza ( $0,614$ ; Tabla 9).

Independientemente de la raza, la suplementación no aumentó el porcentaje de preñez ( $p = 0,092$ ; Tabla 9) en los animales de 27 meses de edad. Considerando ambos servicios de 15 y 27 meses, la suplementación tampoco afectó el porcentaje de preñez ( $p = 0,117$ ; Tabla 9).

**Tabla 9.** Parámetros reproductivos en vaquillonas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta los 15 meses de edad y sin suplementación (SS).

Primer servicio 15 meses de edad	Suplementación		Raza	
	CS (n=18)	SS (n=18)	A (n=18)	CA (n=18)
Tasa de preñez (%)	89,0 (16)	83,0 (15)	83,0 (15)	89,0 (16)
Intervalo servicio-parto (días)	291,9±3,1	297,4±3,1	293,9±3,1	295,4±3,1
Tasa de parición (%)	83,0 (15)	83,0 (15)	83,0 (15)	83,0 (15)
Peso al nacimiento (kg)	23,7±0,7a	24,4±0,6a	26,8±0,7a	21,4±0,6b
<b>Segundo servicio</b>				
27 meses de edad	(n=15)	(n=15)	(n=15)	(n=15)
IPS (días)	77,1±3,1	71,0±3,1	75,1±3,1	72,9±3,1
Tasa de preñez (%)	87,0 (13)	60,0 (9)	80,0 (12)	67,0 (10)
Preñez total (%)	88,0 (29/33)	73,0 (24/33)	82,0 (27/33)	79,0 (26/33)

ab Valores con letras diferentes en la misma fila difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

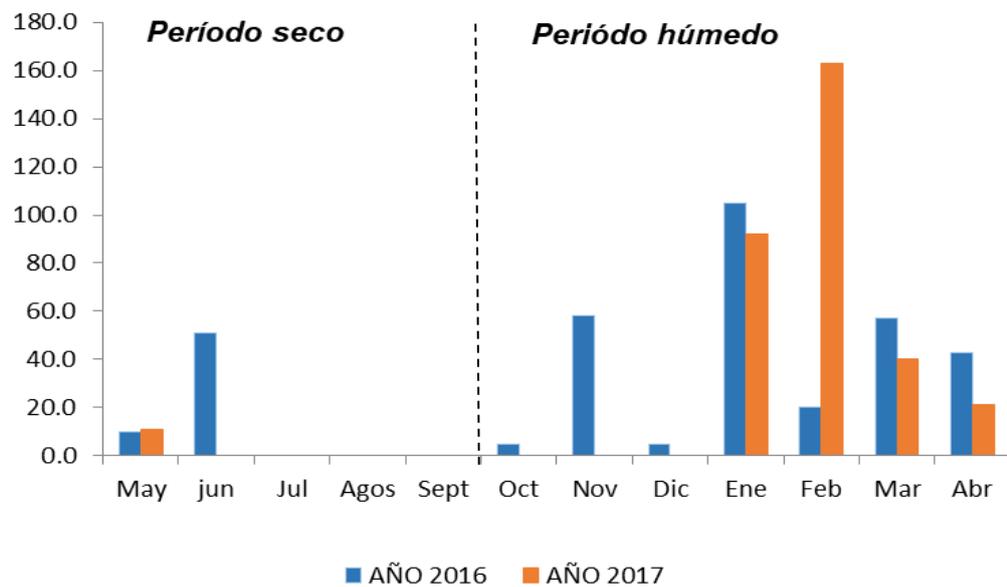


**Figura 15:** Porcentaje relativo porcentual (%) de vaquillonas paridas de raza Angus (A) y Criollo Argentino (CA) suplementadas con grano de maíz partido y concentrado proteico (CS) desde el destete hasta el primer servicio a los 15 meses de edad y sin suplementación (SS), en función de la fecha de parto.

## 4.2. Experimento 2

### 4.2.1. Precipitaciones durante el periodo experimental

En la Figura 16 se observan las precipitaciones mensuales registradas durante los años 2016 y 2017 correspondiente al período seco y húmedo.



**Figura 16:** Registro mensual de las precipitaciones en el Campo “Los Cerrillos” de la EEA INTA La Rioja, años 2016 y 2017. Datos proporcionados por la estación meteorológica del grupo de agua, clima y suelo de la EEA INTA La Rioja.

### 4.2.2. Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y ciclicidad al inicio del experimento

No se observó interacción significativa ( $p > 0,05$ ) entre el tratamiento y la raza sobre ninguna variable estudiada. Al inicio del experimento no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el PV, la CC, el IPT y la tasa de ciclicidad entre las vacas con AR y las vacas C. Independientemente de los tratamientos, la raza A presentó mayor IPT en comparación con la raza CA ( $p < 0,001$ ; Tabla 10).

**Tabla 10.** Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y porcentaje de vacas cíclicas (media±EE) al inicio del experimento en vacas con amamantamiento restringido (tablilla nasal durante 14 días en terneros; AR) y control (C) en razas Angus (A) y Criollo Argentino (CA)

	Amamantamiento restringido			Raza		
	AR (n=74)	C (n=72)	p	A (n=72)	CA (n=74)	p
<b>PV (kg)</b>	395,8±13,6	392,6±13,6	0,574	399,7±15,6	388,8±15,6	0,624
<b>CC (1-5)</b>	3,0±0,1	3,0±0,1	0,803	3,1±0,1	2,9±0,1	0,342
<b>IPT (días)</b>	76,7±3,0	75,7±3,0	0,567	80,2±3,0	72,2±3,0	0,001
<b>Vacas cíclicas (%)</b>	57,0 (42)	43,0 (31)	0,099	50,0 (36)	50,0 (37)	0,968

PV: Peso vivo; CC: condición corporal; IPT: intervalo parto-tratamiento.

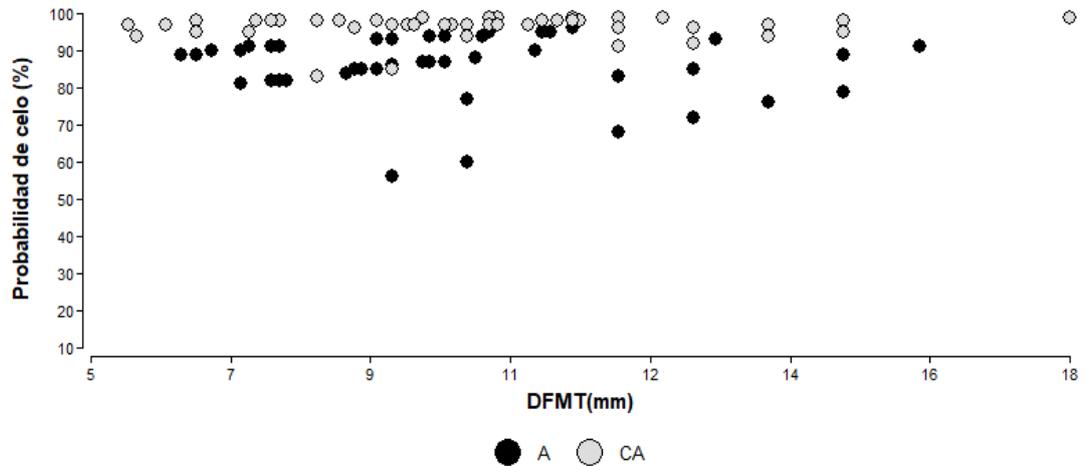
#### 4.2.3. Diámetro del folículo de mayor tamaño al retiro del dispositivo (día 8)

No se observó efecto significativo ( $p>0,05$ ) de la interacción entre el tratamiento y la raza sobre el DFMT. Al retiro del dispositivo (día 8) el DFMT no difirió entre los tratamientos ( $p=0,674$ ) ni entre las razas ( $p>0,864$ ; Tabla 11).

#### 4.2.4. Tasa de celo

No se encontró efecto significativo ( $p>0,05$ ) de la interacción entre el tratamiento y la raza sobre la tasa de celo. El porcentaje de hembras en celo observado a las 50 horas de retirado el dispositivo no fue afectado por el tratamiento ( $p=0,085$ ) ni la raza ( $p=0,066$ ; Tabla 11).

La figura 17 muestra el resultado de la regresión logística utilizando la raza como variable de clasificación. El DFMT se utilizó como variable regresora y la presencia de celo (%) como variable dependiente en el total de los vientres. No hubo diferencias significativas en el porcentaje de celo para los tratamientos en relación al DFMT ( $p>0,05$ ). Sin embargo, las vacas de raza CA tienen mayores probabilidades de presentar celo que la raza A ( $p<0,05$ ).



**Figura 17:** Efecto del diámetro del folículo de mayor tamaño (DFMT, medido el día 8) sobre la probabilidad de celo (%) en vacas de raza A (Angus) y CA (Criollo Argentino;  $p=0,022$ ).

#### 4.2.5. Tasa de ovulación

No se detectó efecto significativo ( $p<0,05$ ) de la interacción entre el tratamiento y la raza sobre la tasa de ovulación. Sin embargo, se observó una mayor tendencia a la ovulación en las hembras raza A (Tabla 11).

#### 4.2.6. Tasa de preñez

No se detectó efecto significativo ( $p<0,05$ ) de la interacción entre el tratamiento y la raza.

Las tasas de preñez no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0,854$ ) y entre las razas ( $p=0,138$ ). Los resultados se presentan en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Parámetros reproductivos en vacas con amamantamiento restringido (AR) y control (C) en razas Angus (A) y Criollo Argentino (CA).

	Amamantamiento restringido		p	Raza		p
	AR (n=74)	C (n=72)		A (n=72)	CA (n=74)	
DFMT (mm)	10,9±1,8	10,7±1,8	0,674	10,7±1,8	10,8±1,8	0,864
Tasa de celo (%)	93,0 (69)	85,0 (61)	0,085	83,0 (60)	95,0 (70)	0,066
Tasa de ovulación (%)	96,0 (71)	93,0 (67)	0,448	99,0 (71)	91,0 (67)	0,062
Tasa de preñez IATF (%)	51,0 (38)	53,0 (38)	0,854	58,0 (42)	46,0 (34)	0,138

**DFMT:** Diámetro del folículo de mayor tamaño.

#### 4.2.7. Peso vivo de los terneros

No se observó interacción significativa ( $p>0,05$ ) entre el tratamiento y la raza sobre ninguno de los parámetros evaluados. El PV de los terneros en el día 0 no presentó diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los tratamientos y entre las razas. Luego de la aplicación de los tratamientos (día 14) los terneros del grupo C fueron 8,0 Kg más pesados que los terneros sometidos al AR ( $p=0,002$ ). Asimismo, al destete, los terneros del tratamiento C fueron 12,2 kg más pesados ( $p=0,001$ ) que los del AR. En cambio, no hubo diferencias entre razas en el día 14 y al momento del destete ( $p>0,089$ ).

Desde el día 0 hasta el día 14, la ganancia diaria de peso vivo (GDPV; kg/cab/día) de los terneros del tratamiento C fue mayor ( $p=0,001$ ) que la del tratamiento AR. Este mismo efecto se observó desde el día 14 hasta el destete ( $p=0,001$ ). En cambio, no hubo diferencias en la GDPV entre las razas en los períodos evaluados ( $p>0,05$ ).

El PV de los terneros y la GDPV en los diferentes períodos se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Peso vivo y ganancia diaria de peso de los terneros (media $\pm$ EE) con amamantamiento restringido (AR) y Control (C) en Angus (A) y Criollo Argentino (CA)

	Amamantamiento restringido			Raza		
	AR	C	p	A	CA	p
PV Día 0 (Kg)	82,2 $\pm$ 5,6	83,7 $\pm$ 5,6	0,457	86,9 $\pm$ 5,6	79,1 $\pm$ 5,6	0,157
PV Día 14 (Kg)	89,3 $\pm$ 2,9	97,3 $\pm$ 2,9	0,002	97,7 $\pm$ 2,9	88,8 $\pm$ 2,9	0,147
GDPV (gr/cab) (0-14)	0,489 $\pm$ 0,2	0,982 $\pm$ 0,2	0,001	0,775 $\pm$ 0,2	0,696 $\pm$ 0,2	0,379
GDPV (gr/cab) (14-destete)	0,767 $\pm$ 0,2	0,942 $\pm$ 0,2	0,001	0,727 $\pm$ 0,3	0,982 $\pm$ 0,3	0,629
Destete (Kg)	115,0 $\pm$ 4,2	127,2 $\pm$ 4,1	0,001	130,5 $\pm$ 4,1	111,7 $\pm$ 4,2	0,089

PV: Peso vivo; GDPV: Ganancia diaria de peso vivo.

### 4.3. Experimento 3

#### 4.3.1. Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y ciclicidad al inicio del experimento

El PV, la CC, el IPT y el porcentaje de vacas cíclicas al inicio del experimento fueron analizados para caracterizar el estado de los vientres de raza A utilizados en el experimento. No se observaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en ninguna de las variables evaluadas (Tabla 13).

**Tabla 13.** Peso vivo, condición corporal, intervalo parto-tratamiento y porcentaje de ciclicidad (media $\pm$ EE) al inicio del experimento en vacas A con amamantamiento restringido (AR) y Control (C).

	<b>Amamantamiento restringido</b>		
	<b>AR (n=56)</b>	<b>C (n=53)</b>	<b>p</b>
PV (kg)	387,2 $\pm$ 5,4	383,8 $\pm$ 5,5	0,663
CC (1-5)	3,1 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1	0,124
IPT (días)	59,5 $\pm$ 1,0	59,3 $\pm$ 1,0	0,826
Vacas cíclicas (%)	23,0 (13)	19,0 (10)	0,580

PV: Peso vivo; CC: condición corporal; IPT: intervalo parto-tratamiento.

#### 4.3.2. Diámetro del folículo de mayor tamaño al retiro del DIB (día 8)

El DFMT no presentó diferencias significativas ( $p>0,093$ ) entre los tratamientos (Tabla 14).

#### 4.3.3. Tasa de celo, ovulación y preñez

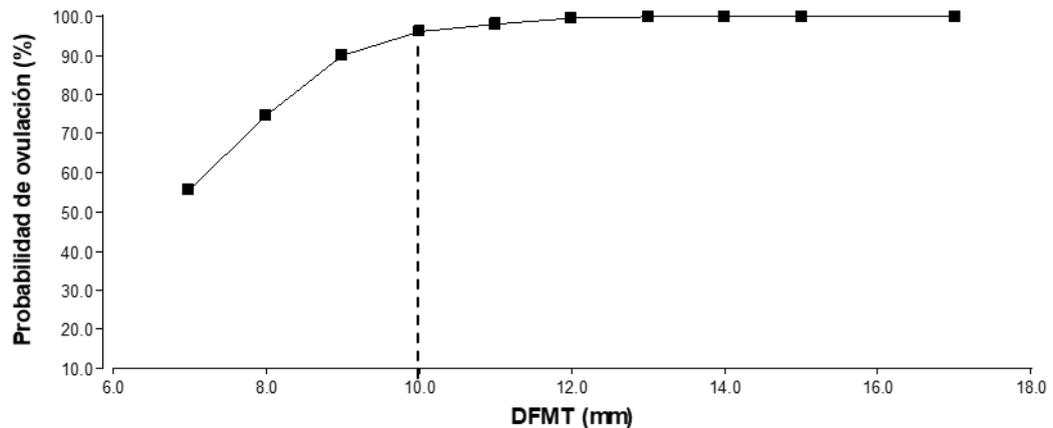
Las tasas de celo, ovulación y preñez del tratamiento AR no fue estadísticamente diferente ( $p>0,05$ ) en comparación con las vacas del grupo C (Tabla 14).

**Tabla 14.** Parámetros reproductivos en vacas con amamantamiento restringido (AR) y Control (C).

	<b>Amamantamiento restringido</b>		
	<b>AR (n=56)</b>	<b>C (n=53)</b>	<b>p</b>
PV (kg)	387,2 $\pm$ 5,4	383,8 $\pm$ 5,5	0,663
CC (1-5)	3,1 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,1	0,124
IPT (días)	59,5 $\pm$ 1,0	59,3 $\pm$ 1,0	0,826
Vacas cíclicas (%)	23,0 (13)	19,0 (10)	0,580

DFMT: Diámetro del folículo de mayor tamaño.

La figura 18 muestra el resultado de la regresión logística utilizando los tratamientos como variable de clasificación. El DFMT como variable regresora y la tasa de ovulación (%) como variable dependiente utilizando el total de los vientres. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el porcentaje de ovulación en relación al DFMT ( $p>0,05$ ), pero por cada incremento (1,0 mm) en el diámetro folicular, las vacas tienen mayor probabilidades de ovular ( $p<0,006$ ). A partir de 10,0 mm en el diámetro folicular, la probabilidad de ovulación se mantuvo constante.



**Figura 18:** Efecto del DFMT (medido el día 8) sobre la probabilidad de ovulación en vacas Angus ( $p < 0,006$ ).

#### 4.3.4. Peso vivo de los terneros

En el día 0 del experimento no se observaron diferencias significativas ( $p = 0,834$ ) entre los tratamientos en el PV (Kg) de los terneros. Sin embargo, los terneros del tratamiento C en el día 14 fueron 7,3 Kg más pesados que los terneros del tratamiento AR ( $p = 0,003$ ). Asimismo, esta diferencia se mantuvo y al momento del destete, los terneros del tratamiento C fueron 8,6 kg más pesados ( $p = 0,015$ ).

Desde el día 0 hasta el día 14, la GDPV (kg/cab/día) del tratamiento C fue mayor ( $p = 0,001$ ) que la del tratamiento AR. En cambio, durante el periodo comprendido entre el día 14 y el destete, no hubo diferencias significativas ( $p = 0,465$ ) en la GDPV entre los tratamientos.

El PV de los terneros y la GDPV en los diferentes periodos evaluados se observan en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Peso vivo y ganancia diaria de peso en terneros (media $\pm$ EE) con amamantamiento restringido (AR) y Control (C).

	Amamantamiento restringido		p
	AR	C	
PV Día 0 (Kg)	67,5 $\pm$ 1,3	67,9 $\pm$ 1,3	0,834
PV Día 14 (Kg)	74,0 $\pm$ 1,4	81,3 $\pm$ 1,4	0,003
GDPV (kg/cab) (0-14)	0,442 $\pm$ 0,1	1,052 $\pm$ 0,1	0,001
GDPV (kg/cab) (14-destete)	0,532 $\pm$ 0,1	0,544 $\pm$ 0,1	0,465
Destete (Kg)	153,3 $\pm$ 2,4	161,9 $\pm$ 2,5	0,015

**PV:** Peso vivo; **GDPV:** Ganancia diaria de peso vivo.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo demuestran que la suplementación energético-proteica en las terneras desde el destete hasta el primer servicio, permite la inducción más temprana de la pubertad pero sin mejorar los índices reproductivos del rodeo al realizar el primer servicio a los 15 meses de edad. Esto es contrario a lo informado por Short y Bellows, (1971) y Patterson *et al.* (1989), ya que la suplementación no mejoró los porcentajes de preñez obtenidos a los 15 meses, aunque se observó una tendencia a ser mayor en el segundo servicio (27 meses). Otra estrategia evaluada en este trabajo para aumentar los índices reproductivos del rodeo, fue la utilización de la tablilla nasal en los terneros para restringir el amamantamiento y reducir el impacto negativo de la lactancia sobre la actividad reproductiva de la vaca cuando se realiza un tratamiento hormonal para IATF. Sin embargo, el uso de la tablilla nasal en los terneros durante dicho tratamiento no incrementó las tasas de preñez en vacas pluríparas con buena CC y con un ITP de al menos 60 días, aunque afectó negativamente el peso de los terneros tratados. Los resultados de la aplicación de estas herramientas de manejo serían dependientes del balance energético de la hembra del cual depende la actividad reproductiva. Las estrategias aquí evaluadas pueden constituirse en medidas tácticas que permitan aumentar el índice de procreo de los rodeos en pastoreo sobre pastizales naturales y con gran variabilidad en su producción total y estacional.

- *En terneras prepúberes*

La suplementación energético-proteica en terneras a partir del destete, adelantó el inicio de la pubertad en vaquillonas de ambas razas. Durante el período seco, las vaquillonas suplementadas aumentaron diariamente 0,343 kg/cab/día más que los animales que no recibieron suplementación. En este período, aunque la disponibilidad de forraje diaria es alta, la calidad nutricional de la pastura disminuyó, por lo cual los animales SS sólo lograron mantener su peso. Estos resultados coinciden con los reportados por Ávila *et al.* (2007) durante el período seco en vaquillonas con bajos y altos niveles de suplementación. Durante el período húmedo, las vaquillonas suplementadas ganaron sólo 0,110±0,1 kg/cab/día más que las SS. Esta menor diferencia en la GDPV de las terneras podría deberse a la mejora en la calidad del forraje que se presenta durante este período (Ferrando *et al.*, 2004). Asimismo, en el período húmedo, las vaquillonas A presentaron mayores ganancias que las

vaquillonas CA y estos resultados son coincidentes con lo reportado por Ferrando *et al.* (1997).

En diferentes trabajos, se ha observado que el aumento de la tasa de ganancia de peso posdestete adelanta la edad a la pubertad (Wiltbank *et al.*, 1969; Ferrell, 1982). En el presente experimento, la suplementación permitió que el 100% (18/18) de las vaquillonas alcancen la pubertad a los 398,5 días de edad (13 meses), mientras que en el grupo sin suplementar solo el 16,6% (3/18) alcanzó la pubertad a los 14 meses de edad. Estos datos concuerdan con lo reportado por Short y Bellows (1971), quienes encontraron que el nivel de alimentación en vaquillonas cruza, durante el invierno, tiene una marcada influencia sobre la edad a la pubertad. En ese estudio, los porcentajes de animales que alcanzaron la pubertad (433, 411 y 388 días de edad) fueron 83%, 97% y 100% para los tratamientos de baja, media y alta ganancia invernal.

Diferentes trabajos han reportado que la edad a la pubertad en las vaquillonas está directamente relacionado con el peso y la CC (Short y Bellows, 1971; Hall *et al.*, 1995). En las vaquillonas *Bos taurus*, el inicio de la pubertad se estima que ocurre cuando los animales alcanzan aproximadamente el 60% del peso adulto (Freetly *et al.*, 2011). Por lo tanto, en este experimento, las vaquillonas CS alcanzaron la pubertad con el 65,6% (262,5/400 kg) de su peso adulto. Asimismo, las vaquillonas SS iniciaron la pubertad con el 59,5% (237,9/400 kg) del peso adulto.

Aunque la bibliografía reporta que la raza o el biotipo tienen efecto sobre la edad a la pubertad de las vaquillonas (Gregory *et al.*, 1979; Ferrell, 1982), en las razas evaluadas en el presente trabajo no se observó diferencia entre ambas razas en la edad a la pubertad. Fredrickson, (2008) reportó que la raza CA alcanza la pubertad antes que las razas británicas, debido a la capacidad de adaptación a las condiciones desfavorables. Por su parte, Tortonesi (1986) observó que la raza CA en pastoreo fue más tardía en edad a la pubertad que la raza A (526,0±32,7 y 513,0±26,7 días, respectivamente). En contraste, Pardo (2017) observó que las vaquillonas de raza CA, Angus y Hereford en pastoreo, no presentaron diferencias en la edad a la pubertad (492,3±11,6 vs 464,6±9,5 vs 478,6±10,2, respectivamente). En el presente trabajo, los resultados indican que las vaquillonas de raza CA alcanzan la pubertad al mismo tiempo que las A, cuando son suplementadas.

Independientemente de la raza, la suplementación aumentó el DFMT y esta diferencia se detectó a partir de los 366 días de edad y se mantuvo hasta los 408 días, momento en que se realizó la última evaluación. Es probable que, la suplementación

desde el destete, reduzca el efecto inhibitorio del estradiol sobre la secreción de LH (Day y Anderson, 1998). El aumento en la frecuencia de los pulsos de liberación de LH provoca un incremento en el diámetro del folículo dominante (Gasser *et al.*, 2006). Una dieta con alta proporción de energía en vaquillonas prepúberes, produce un rápido aumento en el diámetro folicular (Bergfeld *et al.*, 1994). Este aumento de energía en la dieta incrementa las concentraciones de IGF-1, que estimulan la proliferación y diferenciación de las células de la granulosa de los folículos ováricos y los cambios endocrinos que ocurren antes del inicio de la pubertad (Maquivar *et al.*, 2011).

El DCU, el DFMT, la presencia y el diámetro del CL, son determinaciones utilizadas para evaluar el estado reproductivo de la vaquillona y predecir la fertilidad (Holm *et al.*, 2016). En este estudio, se observó que la suplementación en las vaquillonas aumentó los valores del DCU en todas las edades evaluadas. Asimismo, Holm *et al.* (2016) indicaron que, mediante el uso de la ecografía transrectal, el DCU en vaquillonas debiera ser mayor a 14,0 mm para ser consideradas aptas para el servicio. En el presente trabajo se observó que la suplementación permitió que las vaquillonas alcancen el DCU necesario para ingresar al primer servicio. Por otro lado, la falta de un aporte energético tuvo un efecto negativo sobre el DCU en las vaquillonas del grupo control (12,5 mm).

La diferencia en el AOV se presentó para las vaquillonas suplementadas de raza CA evaluado a los  $380 \pm 2,0$  días de edad. Honaramooz *et al.* (2004), demostraron que el crecimiento de los ovarios se produce en dos momentos, entre los 14 y 98 días y nuevamente entre los 238 y 420 días de edad. A partir de entonces, el tamaño de los ovarios permanece sin cambios hasta que se produce la ovulación. Por el contrario, Monteiro *et al.* (2013) observaron un aumento continuo del tamaño ovárico hasta que las vaquillonas llegaron a la pubertad. Además, demostraron que el AOV es mayor en vaquillonas púberes en comparación con vaquillonas no púberes. Cushman *et al.* (2009) demostraron que el tamaño de los ovarios está relacionado con la cantidad de folículos antrales y podría ser un indicador de las tasas de preñez, ya que las vaquillonas con bajo número de folículos antrales tienen menor fertilidad.

- *En vaquillonas*

La suplementación incrementó todos los parámetros del desarrollo corporal evaluados en las vaquillonas preservicio. Las hembras suplementadas antes del servicio fueron  $51,5 \pm 3,3$  kg más pesadas que los animales SS y los de raza A presentaron mayor PV, CC y P8 que los CA. Sin embargo, las vaquillonas CA tuvieron

mayor alzada que las de raza A. Estos datos coinciden con los reportados en trabajo previos (Reimonte, 2002; Melucci *et al.*, 2008).

Las vaquillonas CS tuvieron un AP  $12,8 \pm 2,7$  cm<sup>2</sup> mayor que las SS. Sin embargo, en ambos grupos los valores superaron los 140 cm<sup>2</sup>. Según reportes de Campero *et al.* (1995) los problemas de distocia en vaquillonas Angus entoradas a los 15 meses se presentan cuando su AP es menor a 140 cm<sup>2</sup>. Además, Larson *et al.*, (2016) indicaron que se debe establecer un AP mínima como criterio de clasificación de 130-150 cm<sup>2</sup> al año de edad.

En el presente trabajo, las terneras con mayor GDPV durante el período seco tuvieron un mayor espesor de grasa lumbar (P8) en comparación con las terneras de baja GDPV. Estos resultados coinciden con los reportados por Balbuena *et al.* (2018) quienes observaron un mayor P8 en vaquillonas Braford suplementadas durante el invierno. A diferencia de lo reportado por Di Marco *et al.* (2007), el P8 de las vaquillonas suplementadas que iniciaron la pubertad fue superior a 5,0 mm. Estos autores indicaron que se requieren niveles mínimos de espesor de grasa en el punto P8 de entre 1,8 - 2,0 mm para que las vaquillonas puedan comenzar la pubertad. En el presente estudio, la raza A presentó mayor P8 que la raza CA. Asimismo, Pardo (2017), demostró una mayor deposición de grasa a la pubertad en las razas británicas y sus cruza superiores a 4,5 mm, excepto en el CA que fue de 3,5 mm. Hopper *et al.* (1993) indicaron que las vaquillonas A poseen una mayor capacidad para acumular reservas de grasa para mantenimiento y otros eventos fisiológicos durante el desarrollo prepuberal.

Al inicio del servicio a los 15 meses de edad, el PV de las vaquillonas que fueron suplementadas previo al mismo, fue mayor que en las vaquillonas del grupo control. Sin embargo, la GDPV durante este período, fue mayor en las hembras sin suplementación. Esto podría deberse a la mejora en la cantidad y calidad del forraje disponible, como consecuencia del incremento de las precipitaciones, que normalmente se produce durante el período del servicio (Ferrando y Burgui, 1998b). Esto permitió que las vaquillonas sin suplementar logren ganancias de 0,250 kg/día por encima de las que fueron suplementadas. Incluso, las hembras CA suplementadas perdieron peso en el último mes del servicio. Ryan (1990), describe este resultado como "crecimiento compensatorio", y es el aumento en la tasa de crecimiento que se produce luego de un período de restricción alimentaria y la duración de la compensación es directamente proporcional a la severidad de la restricción. El costo de mantenimiento de los animales restringidos es más bajo, debido al menor peso

corporal y masa de tejido visceral. En coincidencia con lo observado, las vaquillonas que fueron restringidas presentaron una mayor ganancia de peso durante el primer mes del servicio, que luego disminuyó paulatinamente con el tiempo (Aello y Di Marco, 2014). Asimismo, los pesos finales, aún después del período compensatorio, no lograron alcanzar los valores de las vaquillonas suplementadas. Ferrando y Burgui (1998b) reportaron en zonas áridas, resultados semejantes en vaquillonas suplementadas y sin suplementación (0,606 Kg/día vs 0,540 kg/día, respectivamente). En este trabajo, las vaquillonas de raza A tuvieron las mayores GDPV y fueron las más pesadas al finalizar el servicio.

La suplementación no mejoró la tasa de preñez y no se observaron diferencias entre las razas evaluadas. Asimismo, Lynch *et al.* (1997) no observaron diferencia en el porcentaje de preñez cuando las vaquillonas desde el destete tuvieron ganancias constantes en comparación con las vaquillonas que solo ganaron peso en los últimos 45 a 50 días antes del entore. Sin embargo, Short y Bellown (1971) y Paterson *et al.*, (1989) observaron incrementos en los índices de preñez en las vaquillonas suplementadas versus las sin suplementar. Es probable que en las vaquillonas del grupo control, el cambio en calidad y disponibilidad del forraje que incrementó la GDPV, también haya tenido un efecto de flushing nutricional logrando una mejora en la performance reproductiva del grupo sin suplementación. En este sentido, Pérez Clariget *et al.* (2007) mostraron que la suplementación energética por cortos períodos de tiempo o flushing, antes o durante los primeros días del entore, mejoró los índices de preñez en vaquillonas en anestro y con baja condición corporal.

La suplementación no afectó el intervalo servicio parto. Contrariamente a lo esperado, las vaquillonas suplementadas que fueron más precoces para iniciar la pubertad, no fueron cabeza de parición. Incluso sus partos se produjeron al mismo tiempo que las vaquillonas sin suplementación, que fueron las menos precoces. Esto podría deberse a una combinación de factores. Por un lado el aumento en las ganancias de peso (flushing) y por otro, podría asociarse a una respuesta en la bioestimulación. Diferentes autores (Roberson *et al.*, 1991; Rekwot *et al.*, 2000) han demostrado que la interacción social entre toros y vaquillonas prepúberes adelanta la edad a la pubertad. Incluso, se ha observado que existe un efecto estimulante de la presencia de otras hembras en celo sobre la duración del período de anestro posparto en vacas (Wright *et al.*, 1994).

La suplementación no aumentó el peso al nacimiento de los terneros. Por otro lado, el peso al nacimiento de los terneros A fue 5,4 kg mayor que los terneros CA. El peso

de los terneros A fue similar a los reportados por Ferrando *et al.* (2006) en vacas pluríparas en esta región y en la raza CA coinciden con lo encontrado por Holgado *et al.* (2017) en vaquillonas CA entoradas a los 15 meses de edad.

El entore de las vaquillonas a los 15 meses de edad durante 60 días, tiene la ventaja de eliminar una categoría improductiva del rodeo (vaquillonas de 1 a 2 años), permitiendo mantener un mayor número de vientres y más terneros nacidos a lo largo de la vida reproductiva de la vaca. Sin embargo, adelantar la edad al primer servicio implica un aumento en los costos de alimentación, mano de obra, instalaciones y requiere disponer de un potrero de reserva con alta disponibilidad de forraje al momento del parto para controlar las pariciones y por lo tanto disminuir las pérdidas de los terneros. En este caso, la suplementación no mejoró la tasa de preñez de las vaquillonas tratadas, posiblemente debido a que la disponibilidad forrajera de buena calidad al momento del servicio no fue una limitante y pudo compensar la restricción en los animales del grupo control. Sin embargo, se observó que en el segundo servicio (27 meses), las vaquillonas que fueron suplementadas hasta los 15 meses, presentaron un 27% más de preñez que las del grupo control. Debido al bajo número de animales en los que se evaluó, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Este resultado podría deberse a que las hembras suplementadas hasta los 15 meses de edad, fueron las más precoces a la pubertad y presentaron los mayores valores en los parámetros evaluados de desarrollo corporal. Asimismo, Holm *et al.*, (2009) demostraron que las vaquillonas con mayor SG antes del primer servicio, fueron cabeza de parición y tuvieron mayor probabilidad de quedar preñadas, ya que pueden recuperarse con mayor facilidad después del parto y prepararse para concebir nuevamente en el segundo servicio. Los animales de esta categoría tienen mayores requerimientos nutricionales para el crecimiento y la lactancia, lo que induce a un mayor balance energético negativo durante el período posparto. En este sentido, una nutrición deficiente durante la lactancia conduce a un período parto-concepción más prolongado (Carrillo, 1988).

A partir de los resultados obtenidos, independientemente de la raza, se demostró que la suplementación adelanta la edad a la pubertad. La mayor preocupación de un entore a los 15 meses, en estos frágiles sistemas de producción, es la capacidad de esas vaquillonas de volver a quedar preñadas en el segundo servicio (Hickson *et al.*, 2008). Sin embargo, podemos inferir que la suplementación estratégica antes de los 15 meses de edad, permite que los animales tengan un mayor desarrollo corporal y genital, logrando mejorar los porcentajes de preñez al segundo servicio a los 27 meses

de edad. antes de los 15 meses de edad, permite que los animales tengan buenos índices reproductivos en su segundo servicio a los 27 meses de edad.

- *En vacas*

En vacas de cría, el amamantamiento y el balance energético negativo son los dos factores más importantes que aumentan la duración del anestro posparto debido a su efecto negativo sobre la frecuencia de los pulsos de LH y el desarrollo folicular (Wiltbank *et al.*, 2002). El destete temporario es una intervención de bajo costo, que en combinación con el protocolo hormonal propuesto, ha permitido mejorar la fertilidad en vacas índicas posparto (Sa Filho *et al.*, 2009). En estos dos estudios (exp. 2 y 3) la restricción del amamantamiento mediante el uso de la tablilla nasal en los terneros, en combinación con un tratamiento con P4 intravaginal para IATF, no aumentó la tasa de preñez en vacas pluríparas de raza A y CA. Es probable que, la falta de succión no haya sido estímulo suficiente para contrarrestar el efecto inhibitorio de los péptidos endógenos liberados por la percepción materna del ternero durante todo el tratamiento (Rund *et al.*; 1989; Yavas y Walton, 2000). En un trabajo reciente, observamos que las vacas con AR presentaron alrededor de un 20% más de preñez que el grupo control, aunque dado el bajo número de animales estudiados los resultados no fueron estadísticamente significativos (AR: 20/33 vs C: 13/31; Rosatti *et al.*, 2016). Sin embargo, Maraña Peña *et al.* (2005) demostraron que el uso de la tablilla nasal en los terneros mejoró la tasa de preñez en vacas, sólo cuando presentaron un balance energético positivo y una CC > 2,5 (escala de 1 a 5).

El PV y la CC no mostraron diferencias significativas al inicio de los exp. 2 entre los tratamientos y las razas, asimismo en el experimento 3, tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos. Las vacas presentaron en ambos experimentos una CC con valores que superaron un puntaje de 2,5 en la escala de 1 a 5. Bajo estas favorables condiciones, es probable que la restricción en el amamantamiento no haya sido un estímulo suficiente para mejorar las variables evaluadas. En coincidencia con estos resultados, Vittone *et al.* (2011) reportaron que en vacas pluríparas con cría al pie y con alta CC (5,5; escala de 1 a 9) el destete definitivo durante un tratamiento hormonal para IATF no mejoró los índices reproductivos. Sá Filho *et al.* (2009) demostraron que las vacas con una CC mayor a 3,5 (escala de 1 a 5) presentaron mayores tasas de preñez que las de menor CC. Por otro lado, la baja CC al comienzo de un protocolo para IATF en vacas, está asociado con una baja respuesta reproductiva (Bó *et al.*, 2007; Meneghetti *et al.*, 2009). Los protocolos de

sincronización del estro y de la ovulación pueden ayudar a superar los efectos negativos de una baja CC sobre la reproducción y asimismo reactivar la función ovárica. Bó *et al.* (2007) demostraron que los animales tratados con dispositivos con P4 deben tener una CC mayor a 2,5 (escala de 1 a 5) para lograr tasas de preñez mayores al 50%.

Otro factor que condiciona la respuesta reproductiva a los tratamientos de inducción y sincronización de celos y ovulación en vacas, es el intervalo parto-tratamiento (Sá Filho *et al.*, 2010). Diferentes reportes indican que a medida que aumenta el intervalo posparto, el hipotálamo se vuelve menos sensible al efecto inhibitorio que posee el estradiol. Esto conduce a un incremento en la frecuencia de liberación de GnRH y LH, estimulando el desarrollo folicular y la ovulación (García-Winder *et al.*, 1984; Yavas y Walton, 2000). El IPT en el exp. 2 fue de  $76,2 \pm 3,0$  días y en el exp. 3 de  $59,4 \pm 0,7$  días. Estos intervalos fueron superiores al período requerido para la reactivación de la actividad ovárica (40 a 48 días; Wright y Malmo, 1992). Es así que al inicio del exp. 2, el 50% de las hembras de ambas razas se encontraban ciclando. Como consecuencia de ello, probablemente el porcentaje de celo y ovulación observado superó el 85%, independientemente de la restricción del amamantamiento. Pinheiro *et al.* (2009) sugirieron que los tratamientos hormonales para IATF deberían iniciarse a partir de los 40 días posparto, en vacas con buena CC con resultados cercanos al 50% de preñez. Por otro lado, Baruselli *et al.* (2013) indicaron que si el tratamiento de sincronización para IATF en animales *Bos Indicus* es realizado antes de los 60 días posparto, es necesaria la utilización de eCG en todos los animales para aumentar las tasas de concepción, independientemente de su CC.

En el presente trabajo, independientemente de la raza, la restricción del amamantamiento no incrementó el DFMT observado en el día 8. El diámetro alcanzado fue mayor a 10,0 mm, límite por encima del cual el folículo dominante adquiere la capacidad ovulatoria (Sartori *et al.*, 2001). En un trabajo de Mackey *et al.* (2000), la restricción del amamantamiento una vez por día durante 60 minutos en vacas con buena CC y tratadas con P4, no mejoró el diámetro del folículo al finalizar el tratamiento. Contrariamente, en vacas de baja CC, Vittone *et al.* (2011) observaron que el destete definitivo al comienzo del tratamiento hormonal aumentó el diámetro del folículo preovulatorio. Además, estos autores observaron que en las vacas con cría (sin destete) el folículo dominante no superó los 9 mm de diámetro. De la misma manera, Rosatti *et al.* (2016) demostraron que el uso de la tablilla nasal aumentó el diámetro del folículo preovulatorio en vacas Braford pluríparas.

En los dos experimentos realizados (exp. 2 y 3), el porcentaje de celo observado después del tratamiento hormonal no aumentó en vacas con AR, siendo el promedio 89% en el exp. 2 y 54% en el exp. 3. Aunque las tasas obtenidas no fueron estadísticamente diferentes entre tratamientos, existió una tendencia a ser superiores en las vacas con AR. En el exp. 2, el 93% de las vacas con AR entró en celo comparado con el 85% en el grupo control. En el exp. 3 el porcentaje de celo no alcanzó estos valores, las vacas con AR presentaron 17% más de celo que las del grupo control. Estos resultados coinciden con lo reportado por Rosatti *et al.* (2016) quienes encontraron que las vacas con AR presentaron un 21% más de celo que las vacas del grupo control.

La tasa de ovulación no difirió ni entre los tratamientos, ni entre las razas y fue superior al 90% (exp. 2 y exp. 3). Este resultado indicaría que, en las condiciones del presente trabajo, el amamantamiento no fue una restricción para alcanzar la ovulación. Vittone *et al.* (2011) reportaron que en vacas de alta CC (5,5; escala de 1 a 9), el destete definitivo no logró mejorar las tasas de ovulación. Sin embargo, cuando la CC de las vacas fue baja y no se realizó el destete, el porcentaje de ovulación observado fue inferior al 35%. Los resultados del presente trabajo, son superiores a los reportados previamente por nuestro grupo en vacas A en anestro con cría al pie (57%) y cíclicas (74%) con cría al pie (Manes *et al.*, 2012). Asimismo, el grado de CC en el que se encontraban las vacas al inicio del trabajo, el IPT mayor a 60 días y el alto nivel de ciclicidad (50%) permitieron alcanzar las altas tasas de celo y ovulación, independientemente de la restricción del amamantamiento.

En el mismo sentido, la tasa de preñez no presentó diferencias entre los tratamientos. Como se mencionó anteriormente, la CC de las vacas y el IPT no fueron una limitante sobre las tasas de ovulación y preñez obtenidas luego del protocolo hormonal utilizado. Por el contrario, en vacas con baja CC, el destete definitivo ejerció un efecto positivo sobre la tasa de preñez (Vittone *et al.*, 2011)

En este trabajo, los terneros con tablilla nasal durante 14 días tuvieron menores GDPV que los terneros que se amamantaron *ad libitum*. Estos resultados coinciden con lo reportado en otros trabajos (Stahringer, 2003; Quintans *et al.*, 2009). Independientemente de la raza, la GDPV en los terneros del exp. 2 se vio negativamente afectada, no sólo durante el período en que se mantuvieron con la tablilla nasal sino que este efecto se observó hasta el destete. Contrariamente, en el exp. 3, la GDPV en los terneros después de retirada la tablilla nasal fue la misma que para el grupo C (sin restricción). Asimismo, Stahringer (2003) reportó que la

disminución de peso en terneros restringidos se debe a la menor producción láctea (50%) de las vacas durante las primeras semanas después del retiro de la tablilla nasal. Sin embargo, la glándula mamaria tiende a normalizar su producción a medida que avanza el período después del tratamiento. En el presente experimento, es probable que la producción de leche haya sido afectada por el efecto de la restricción en la lactancia ocasionada por la presencia de la tablilla nasal, pero esta variable no fue evaluada. Lamb *et al.* (1999) encontraron que, cuando la lactancia se interrumpe hasta por 4 semanas, las vacas reinician la secreción de leche luego de la reintroducción de los terneros. Sin embargo, estos terneros tienden a lograr un menor peso al destete que los terneros con amamantamiento sin restricción. En ambos experimentos, los terneros del grupo AR fueron más livianos (12,2 kg y 8,6 kg para el Exp. 2 y 3 respectivamente) que los del grupo C. Según Stahringer (2003), la pérdida de peso que ocurre durante el período de enlatado e inmediatamente después de este, no es compensada al destete. Las reducciones en el peso al destete se deben principalmente a la reducción en el consumo de leche durante los 14 días que dura la restricción al amamantamiento y persiste por otras dos semanas hasta que los terneros regresan a un régimen normal de amamantamiento (Quintans *et al.*, 2010). En coincidencia con nuestros resultados, De Nava (1994), reportó que el peso al destete en terneros con tablilla nasal fue significativamente menor en comparación con terneros con amamantamiento *ad libitum* (146,7±3 y 162,4±3 kg, respectivamente).

Estos resultados indican que aunque el uso de la tablilla nasal en los terneros es una técnica de fácil manejo y bajo costo, el impacto positivo de esta técnica sobre los índices reproductivos de las madres es dependiente de varios factores. La CC, el IPT, la duración de la restricción del amamantamiento, la disponibilidad y calidad del forraje y el estado reproductivo de las hembras son solo algunos de los factores que afectan la respuesta al uso de esta herramienta de manejo. Los resultados de la aplicación de esta técnica dependen de las condiciones que presenta cada sistema de producción.

## 6. CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales del presente estudio, se concluye que:

- La suplementación energético-proteica en vaquillonas de raza Angus y Criollo Argentino desde el destete hasta el primer servicio adelanta el inicio de la pubertad, incrementa los parámetros de desarrollo corporal y favorece el desarrollo reproductivo temprano para un servicio a los 15 meses de edad.
- La suplementación no mejora los porcentajes de preñez en los dos primeros servicios a los 15 y 27 meses de edad en un servicio natural de 60 días.
- En vacas de razas Angus y Criollo Argentino, el amamantamiento restringido con el uso de tablilla nasal en terneros combinado con un tratamiento hormonal con progesterona para IATF no mejora los porcentajes de preñez y afecta negativamente el peso de los terneros.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ABEYGUNAWARDENA, H.Y.; DEMATAWENA, C.M.B. 2004. Pre-puberal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Anim Reprod Sci.* 82-83:373-387.
- AELLO, M.S.; DI MARCO, O.N. 2014. Nutrición animal aplicada. Unidad integrada Balcarce. [en línea] [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_curso\\_nutricin\\_animal\\_aplicada\\_2014.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf) [consulta: 3 de septiembre 2018].
- ALBERIO, R.H. 2003. Nuevas biotecnologías reproductivas. Aspectos biológicos y económicos. Resúmenes 5º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina. pp. 293-322.
- ALBERIO, R.H.; BUTLER, H.; PALMA, G.; SCHIERSMANN, G.C.S.; ALGORTA, D.; ORTIZ, A. 1984. Actividad reproductiva y fertilidad luego de un destete temporario en vacas múltiparas con diferentes estados corporales. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4:307-317.
- KUMAR, A.; ANAND LAXMI, N. 2015. Role of IGF-1 in male and female reproduction in bovines: a review. *Asia Pac. J. Res.* 1(24):17-21.
- ANDERSON, D.L.; DEL ÁGUILA, J.A.; MARCHI, A.; VERA, J.C.; ORIONTE, E.L.; BERNARDÓN, A.E. 1980. Manejo racional de un campo en la región árida de los llanos de La Rioja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. 90 p.
- ANDERSON, D.L.; ORIONTE, E.L.; VERA J.C.; NAMUR, P. 1977. Utilización invernal de gramíneas estivales en un establecimiento ganadero de Los Llanos de La Rioja. *IDIA. Supl.* 35: 321-329.
- ANDERSON, K.J.; LEFEVER D.G.; BRINKS J.S.; ODDE K.G. 1991. The use of reproductive tract scoring in beef heifers. *Agri-Practice.* 12(4) 123-128.
- ARAUJO GUERRA, A. 2004. Pubertad en la hembra bovina. [en línea] [http://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/57-pubertad\\_en\\_la\\_hembra\\_bovina.pdf](http://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/57-pubertad_en_la_hembra_bovina.pdf) [consulta: 3 de septiembre 2018].
- ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ANGUS. 2007. La raza Angus. [en línea] <[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/raza\\_angus/13-la\\_raza.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/raza_angus/13-la_raza.pdf) [consulta: 2 de febrero 2018].
- ATKINS, J.A.; POHLER, KY. G.; SMITH, M.F. 2013. Physiology and Endocrinology of Puberty in Heifers.. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 29(3): 479-492.
- AVILA, R.; FERRANDO, C.; TESSI, J.; NAMUR, P. 2013. Efecto del nivel y frecuencia de suplementación sobre la ganancia de peso posdestete. *Rev Arg Prod Anim.* 33 (Supl 1):198.
- AVILA, R.E.; FERRANDO, C.; NAMUR, P. 2007. Efecto de la presión de pastoreo sobre la ganancia de peso de vaquillonas suplementadas pastoreando buffel diferido. *Rev Arg Prod Anim* 27 (1): 95-96.

- AVILA, R.E.; FERRANDO, C.A.; BRUNELLO, G. E.; VERA, C.N. 2017. Suplementación pos-destete de terneras en pastizal natural y pasturas de *Cenchrus ciliaris* diferidas. Rev Arg Prod Anim.37 (Supl.1):334.
- AVILA, R.E.; TESSI, J.M.; BRUNELLO, G.E.; VERA, C.N. 2015. Efecto del tipo de destete en el crecimiento en altura y peso de terneras. Rev Arg Prod Anim. 35 (Supl. 1): 114.
- BAGLEY, C.P.; CARPENTER, J.C.J.; FEAZEL, J.I.; HEMBRY, F.G.; HUFFMAN, D.C.; KOONCE, K.L. 1987. Influence of calving season and stocking rate on beef cow-calf productivity. J. Anim. Sci. 64: 687-694.
- BALBUENA, O. 2002. Suplementación de destetes durante su primer invierno y de la vaquilla para su primer servicio en el NEA. [en línea] <[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/38-suplementacion\\_destete\\_y\\_vaquilla.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/38-suplementacion_destete_y_vaquilla.pdf)> [consulta: 21 de diciembre 2018].
- BALBUENA, O.; KUCSEVA, C. D.; SLANAC, A. L.; KOZA, G. A.; SCHREINER, J.; NAVAMUEL, M.; STAHRINGER, R.C.; D'AGOSTINI, A. 2002. Suplementación invernal de destetes con una mezcla de semilla de algodón y pellet de afrechillo de trigo suministrado seis y tres veces por semana. [en línea] <<http://www.produccion-animal.com.ar/>>. [consulta: 21 de diciembre 2018].
- BALBUENA, O.; PRIETO, P.N.; VISPO, P.E.; STAHRINGER, R.C.; ROSELLÓ, J.E.; ROSSNER, M.A.; ETCHEPARE, P. 2018. Desempeño reproductivo en el primer servicio de vaquillas cruza cebú con distinto manejo nutricional en su segundo invierno. Rev Arg Prod Anim. 38 (Supl.1): 45.
- BARB, C.R.; KRAELING, R.R. 2004. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. Anim. Reprod. Sci. 82-83:155-67.
- BARUSELLI, P.S.; SALES, J.N.S.; CREPALDI, G.A.; MARQUES, M.O.; FERREIRA, R.M.; SÁ FILHO, M.F.; VIEIRA, L.M. 2013. Uso de eCG asociada al control de la dinámica folicular: IATF, TETF y SPO. Taurus 16(62):32-42.
- BAVERA, G.A. 2000. Pubertad. [en línea] <[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/01-pubertad\\_en\\_machos\\_y\\_hembras.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/01-pubertad_en_machos_y_hembras.pdf)> [consulta: 5 de diciembre 2016].
- BERARDINELLI, J.G.; DAILEY, R.A.; BUTCHER, R.L.; INSKEEP, E.K. 1979. Source of progesterone prior to puberty in beef heifers. J. Anim. Sci. 49: 1276-1280.
- BERGFELD, E.G.M.; KOJIMA, F.N.; CUPP, A.S.; WEHRMAN, M.E.; PETERS, K.E.; GARCIA-WINDER, M.; KINDER, J.E. 1994. Ovarian follicular development in prepubertal heifers is influenced by level of dietary energy intake. Biol Reprod. 51: 1051-1057.
- BLANCO, L.; FERRANDO, C.; NAMUR, P.; ORIONTE, E.; RECALDE, D.; BIURRUN, F.; BERONE, G. 2001. Biomasa forrajera acumulada en arbustales semiáridos degradados tratados y no tratados con rolado y siembra de pasto *buffel*. INTA

- EEA La Rioja. Universidad Nacional de La Rioja. Rev. Arg. Prod. Anim. 21:86-87.
- BLANCO, L.; NAMUR, P.; FERRANDO, C.; RETTORE, A.; NAMUR, P.; ÁVILA, R.; MOLINA, J.; ORIONTE, E. 2013. Evolución de la vegetación después del rolado y siembra de pastos nativos en La Rioja. Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam. 22, Supl. 2 (tomo 2): 17-22
- BLANCO, L.J; BIURRUN, F.N.; FERRANDO, C.A. 2005. Niveles de degradación de la vegetación del Chaco árido. Una Aproximación cuantitativa a partir de imágenes satelitales. INTA. EEA La Rioja: Argentina. Serie de Publicaciones del Área Investigación.12 p.
- BÓ, G.A.; ADAMS, G.P.; CACCIA, M.; MARTINEZ, M.; PIERSON, R.A.; MAPLETOFT, R.J. 1995. Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestogen and estradiol in cattle. Anim. Reprod. Sci. 39: 193-204.
- BÓ, G.A.; BARUSELLI, P.S. 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. Animal, 8(1), 144-150.
- BÓ, G.A.; CUTAIA, L. 2005. Estrategias para incrementar la preñez en vacas en anestro. En: González-Stagnaro, C.; Soto-Belloso, E. (eds.) Manual de Ganadería Doble Propósito. Astro Data: Maracaibo, Venezuela. pp. 464-470.
- BÓ, G.A.; CUTAIA, L.; BROGLIATTI, G.M.; MEDINA, M.; TRÍBULO, R.; TRÍBULO, H. 2001. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. Resúmenes 4º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC, Córdoba, Argentina. pp. 117-136.
- BÓ, G.A.; CUTAIA, L.; PERES, L.C.; PINCINATO, D.; MARAÑA, D.; BARUSELLI, P.S. 2007. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. In: Juengel, J.L.; Murray, J.F.; Smith, M.F. (eds.) Reproduction in Domestic Ruminants VI, University Press, Nottingham pp. 223–236.
- BÓ, G.A.; CUTAIA, L.; TRIBULO, R. 2002. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: algunas experiencias realizadas en Argentina. Primera Parte. Taurus; 14: 10-21.
- BOSSIS, I.; WETTEMANN, R.P.; WELTY, S.D.; VIZCARRA, J.A.; SPICER, L.J.; DISKIN, M.G. 1999. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. J. Anim. Sci. 77:1536-1546.
- BRETÓN, G.A.; MONJE, A.R.; BARBAGELATA, M. 1991. Efecto del destete precoz y del enlatado sobre el comportamiento de vacas y terneros "cola" de parición. INTA. EEA Concepción del Uruguay. Producción Animal, Información Técnica N° 3. pp. 232.
- BUSKIRK, D.D.; FAULKNER, D.B.; IRELAND F.A. 1995. Increased postweaning gain of beef heifers enhances fertility and milk production. J. Anim. Sci. 73:937–946.

- BYERLEY, D.J.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G.; SHORT, R.E. 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *J. Anim. Sci.* 65(3):645-50.
- CALLEJAS, S. 2004. Control farmacológico del ciclo estral bovino: bases fisiológicas, protocolos y resultados. *Taurus* 6(24):22-34.
- CALLEJAS, S.; ÁLVAREZ CASTILLO, S.; ZARZOSO, M.; RODRÍGUEZ PÉRSICO, J.M.; CABODEVILA, J. 2015. Efecto del rango post parto y de la Gonadotropina Coriónica equina sobre el porcentaje de preñez a la IATF en vacas. 11º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina. pp. 367.
- CAMPERO, C.M.; SCIOTTI, A.; MELUCCI, L.M.; CARRILLO, J. 1995. Pelvimetría en ganado para carne y su asociación con el tipo de parto. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15: 756-759.
- CARRILLO, J. 1988. Manejo de un rodeo de cría. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 194 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. 2008. Censo Nacional Agropecuario [en línea] INDEC: Argentina <[https://www.indec.gov.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=3&id\\_tema\\_2=8&id\\_tema\\_3=87](https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=87)> [consulta: 5 de marzo 2018]
- CHELIKANI, P.K.; AMBROSE, J.D.; KENNELLY, J.J. 2003. Effect of dietary energy and protein density on body composition, attainment of puberty, and ovarian follicular dynamics in dairy heifers. *Theriogenology* 60:707-725.
- COLAZO, M.G.; MAPLETOFT, R.J. 2017. Programas de IA a tiempo fijo en ganado de carne y lechero en Canadá. 12º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina. pp. 119-138.
- CUSHMAN, R.A.; ALLAN, M.F.; KUEHN L.A.; SNELLING, W.M.; CUPP, A.S.; FREETLY H.C. 2009. Evaluation of antral follicle count and ovarian morphology in crossbred beef cows: Investigation of influence of stage of the estrous cycle, age, and birth weight. *J Anim Sci.* 87: 1971-80.
- CUTAIA, L.; VENERANDA, G.; TRIBULO, R.; BARUSELLI, P.S.; BÓ, G.A. 2003. Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Rodeos de Cría: Factores que lo Afectan y Resultados Productivos. 5º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina. pp.119-132.
- DAY, M.L. 2004. Hormonal induction of estrous cycles in anestrous *Bos Taurus* beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 82-83:487-494.
- DAY, M.L.; ANDERSON, L.H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 3): 1-15.
- DAY, M.L.; IMAKAWA, K.; GARCIA-WINDER, M.; ZALESKY, D.D.; SCHANBACHER, B.D.; KITTOCK R.J.; KINDER, J.E. 1984. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. *Biol. Reprod.* 31:332-341.

- DAY, M.L.; IMAKAWA, K.; WOLFE, P.L.; KITTOK, R.J.; KINDER, J.E. 1987. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. *Biol. Reprod.* 37:1054-1065.
- DAY, M.L.; IMAKAWA, K.; ZALESKY, D.D.; KITTOK R.J.; KINDER, J.E. 1986. Effects of restriction of dietary energy intake during the prepubertal period on secretion of luteinizing hormone and responsiveness of the pituitary to luteinizing hormone-releasing hormone in heifers. *J. Anim. Sci.* 62:1641-1648.
- DE LEON, M. 2004. Las pasturas subtropicales en la región semiárida central del país. [en línea] Infogranjas.<[http://www.infogranjas.com.ar/agricultura/304-pasturas-cultivadas/1119-las-pasturas-subtropicales-en-la-region-semiarida-central-del-pais->](http://www.infogranjas.com.ar/agricultura/304-pasturas-cultivadas/1119-las-pasturas-subtropicales-en-la-region-semiarida-central-del-pais-) [Consulta: 27 de diciembre 2018].
- DE NAVA, G. 1994. The effects of restricted suckling and prepartum nutritional level on reproductive performance of primiparous crossbred beef cows. Thesis Master of Agricultural Science in Animal Science, Massey University, New Zealand, 136 p.
- DI MARCO, O.N.; BARCELOS, J.O.J.; DA COSTA, E.C. 2007. Crescimento de bovinos de corte. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, 276 p.
- DISKIN, M.G.; MACKEY, D.R.; ROCHE, J.F.; SREENAN, J.M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 78: 345-370.
- EVANS, A.C.O.; ADAMS, G.P.; RAWLINGS, N.C. 1994a. Follicular and hormonal development in prepubertal heifers from 2 to 36 wk of age. *J. Reprod. Fertil.* 102:463.
- EVANS, A.C.O.; ADAMS, G.P.; RAWLINGS, N.C. 1994b. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *J. Reprod. Fertil.* 100:187-194.
- EVERSOLE, D.E. 2001. Creep feeding beef calves. [en línea] Virginia Cooperative Extension. Publication 400-003 <[https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs\\_ext\\_vt\\_edu/400/400-003/400-003\\_pdf.pdf](https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/400/400-003/400-003_pdf.pdf)> [consulta: 23 de septiembre 2018 ].
- FAURE, R.; FERNÁNDEZ, O. 1998. La pubertad de la hembra bovina. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria: La Habana. 58 p.
- FAURE, R.; MORALES, C. 2003. La pubertad de la hembra bovina: I. Aspectos fisiológicos. *Rev. Salud Anim.* 25(1):13-19.
- FERRANDO, C., BULACHEVICH, M., BURGHI, V.; DE LEON, M., IACOPINI, X.; PIZARRO, A. 1997. Suplementación energético-proteica de terneras de destete Aberdeen Angus y Criolla pastoreando Buffel grass durante invierno-primavera. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 17(1): 25.

- FERRANDO, C.; BURGHI, V.; NAMUR, P. 2004. Desaparición in situ del forraje disponible y de la dieta en pasturas de Buffel grass en crecimiento. [en línea] <<https://www.researchgate.net/publication/273770357/download>> [Consulta: 30 julio 2018].
- FERRANDO, C.A.; BURGHI, V. 1998a. Suplementación de vacas y vaquillonas de rechazo pastoreando Bufell Grass diferido. Rev. Arg. Prod. Anim. 18 (Sup. 1): 80-81.
- FERRANDO, C.A.; BURGHI, V. 1998b. Efecto de la suplementación invierno-primaveral sobre la ganancia de peso estival de terneras en Buffel Grass. Rev. Arg. Prod. Anim. 18.(Sup. 1): 79-80.
- FERRANDO, C.A.; NAMUR, P. 2011. Manejo del rodeo de cría bovina: elección de la época y duración del servicio. [en línea] <<https://inta.gob.ar/documentos/manejo-del-rodeo-de-cria-bovina-eleccion-de-la-epoca-y-duracion-del-servicio>> [Consulta: 1 junio 2018].
- FERRANDO, C.A.; PALOMA, E.; NAMUR, P.; LEGUIZA, D. 2006. Ganado bovino Criollo Argentino y Aberdeen Angus en Los Llanos de La Rioja. Resultado de 11 años de evaluación en sistemas de cría. INTA. EEA La Rioja, Argentina. Serie de Publicaciones del Área de Investigación 11 p.
- FERRELL, C.L. 1982. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. J. Anim. Sci. 55: 1272-1283.
- FORDYCE, G.; COOPER, N.J.; KENDALL, I.E.; O'LEARY, B.M.; RUVERT, J. 1996. Creep feeding and prepartum supplementation effect on growth and fertility of Brahman-cross cattle in the dry tropics. Aust J Exp Agric 36: 389-395.
- FOSTER, D.; NAGATANI, S. 1999. Physiological perspectives on leptin as a reproduction: Role in timing puberty. Biol Reprod. 60: 205-215.
- FREDRICKSON, E.L. 2008. Age of maturity for Criollo heifers. The Southwest Grass fed Livestock Alliance (SWGLA). Forage for thought. pp.4.
- FREETLY, H.C.; KUEHN, L.A.; CUNDIFF, L.V. 2011. Growth curves of crossbred cows sired by Hereford, Angus, Belgian Blue, Brahman, Boran and Tuli bulls, and the fraction of mature body weight and height at puberty. J. Anim. Sci. 89: 2373-2379.
- GALLI, I.O.; MONJE, A.R.; VITTONI, J.S.; SAMPEDRO, D.; BUSTO, C. 2005. Destete precoz en cría vacuna. Manual para la toma de decisiones y ejecución de la técnica. Ediciones INTA. Serie Manual de Cría Vacuna. Vol. 2. 94 p.
- GARCIA-WINDER, M.; IMAKAWA, K.; DAY, M.L.; ZALESKY, D.D.; KITTOCK, R.J.; KINDER, J.E. 1984. Effect of suckling and ovariectomy on the control of luteinizing hormona secretion during the postpartum period in beef cows. Biol. Reprod. 31: 771-778.

- GARVERICK, H.A.; ZOLLERS, W.G.; SMITH, M.F. 1992. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or subnormal luteal function. *Anim Reprod Sci.*28:111-24.
- GASSER, C.L.; BURKE, C.R.; MUSSARD, M.L.; BEHLKE, E.J.; GRUM, D.E.; KINDER, J.E.; DAY, M.L. 2006. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. *J Anim Sci.* 84: 2042-2049.
- GASSER, C.L. 2013. Considerations on puberty in replacement beef heifers. *J. Anim.Sci.* 91:1336-1340.
- GIRAUDO, M. 2003. Buffel grass, el pasto. *Marca Líquida Agropecuaria, Córdoba,* 13 (121): 17-21.
- GONZÁLEZ-PADILLA, E. 1978. La aparición de la pubertad en vaquillas. [en línea] *CienciasVet.*2:293-324 <<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c11.pdf>> [Consulta: 30 de septiembre 2018].
- GONZALEZ-PADILLA, E.; WILTBANK, J.N.; NISWENDER, G.D. 1975. The interrelationship between pituitary, hypothalamic and ovarian hormones. *J Anim Sci.* 40: 1091-1103.
- GREGORY, K. E.; LASTER, D. B.; CUNDIFF, L. V.; SMITH, G. M.; KOCH, R. M. 1979. Characterization of biological types of cattle-cycles; growth rate and puberty in females. *J. Anim. Sci.* 49: 461-471.
- GREGORY, K.E.; LUNSTRA, D.D.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. 1991. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations for puberty and scrotal traits of beef cattle. *J Anim Sci.*69 (7):2795-807.
- GRIFFITH, M.K.; WILLIAMS, G.L. 1996. Roles of maternal vision and olfaction in suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion, expression of maternal sensitivity, and lactational performance of beef cows. *Biol. Reprod.* 54: 761-768.
- GUEVARA, J.C.; GRUNWALDT, E.G.; ESTEVEZ, O.R.; BISIGATO, A.J.; BLANCO, L.J.; BIURRUN, F.N.; FERRANDO, C.A.; CHIRINO, C.C.; MORICI, E.; FERNANDEZ, B.; ALLEGRETTI, L.I.; PASSERA, C.B. 2009. Range and livestock production in the Monte Desert, Argentina. *J. Arid Environ* 73: 228-237.
- HALL, J.B. 2013. Nutritional development and the target weight debate. *Vet. Clin. Food Anim.* 29: 537-554.
- HALL, J.B.; STAIGMILLER, R.B.; BELLOWS, R.A.; SHORT, R.E.; MOSELEY W.M.; BELLOWS, S.E. 1995. Body Composition and Metabolic Profiles Associated with Puberty in Beef Heifers. *J. Anim. Sci.* 73:3409-3420.
- HICKSON, R.E.; ANDERSON, W.J.; KENYON, P.R.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; MORRIS, S.T. 2008. A survey of beef cattle farmers in New Zealand, examining breeding heifers. *New Zeal Vet J* 56:176-183.

- HINEY, J.K.; SRIVASTAVA, V.; NYBERG, C.L.; OJEDA, S.R.; DEES, W.L. 1996. Insulin-like growth factor I of peripheral origin acts centrally to accelerate the initiation of female puberty. *Endocrinology*, 137: 3717-3728.
- HOFFMAN, D.P.; STEVENSON J.S.; MINTON J.E. 1996. Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs anovulation in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 74:190-198.
- HOLGADO, F.; FERNÁNDEZ, J.L.; ORTEGA, M.F. 2017. Influencia del peso de servicio a los 15 meses sobre el peso al nacer y ganancia pre-destete de las crías en Criollo Argentino. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal*. 10:57-62.
- HOLM, D.E.; NIELEN, M.; JORRITSMA, R.; IRONS, P.C.; THOMPSON, P.N. 2016. Ultrasonographic reproductive tract measures and pelvis measures as predictors of pregnancy failure and anestrus in restricted bred beef heifers. *Theriogenology* 85: 495-501.
- HOLM, D.E.; THOMPSON, P.N.; IRONS, P.C. 2009. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 87:1934-1940.
- HOLM, D.E.; WEDD, E.C.; THOMPSON, P.N. 2014. A new application of pelvis area data as culling tool to aid in the management of distocia in heifers. *J. Anim. Sci.* 92:296-302.
- HONARAMOOZ, A.; ARAVINDAKSHANB, J.; CHANDOLIAC, R.K.; BEARDD, A.P.; BARTLEWSKIE, P.M.; PIERSONE, R.A.; RAWLINGSF, N.C. 2004. Ultrasonographic evaluation of the pre-pubertal development of the reproductive tract in beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 80:15-29.
- HOPPER, H.W.; WILLIAMS, S.E.; BYERLEY, D.J.; ROLLOSSON, M.M.; AHMED, P.O.; KISER, T.E. 1993. Effect of prepuberal body weight gain and breed on carcass composition at puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 71(5): 1104-1111.
- HOUGHTON, P.L.; LEMENAGER, R.P.; HORSTMAN, L.A.; HENDRIX, K.S.; MOSS, G.E. 1990. Effects of body composition, pre and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J Anim Sci* 68(5): 1438-1446.
- JAGGER, D.J.; PETERS, A.R.; LAMMING, G.E. 1987. Hormone responses to low dose GnRH treatment in postpartum beef cows. *J. Reprod. Fertil.* 80:263-269.
- KINDER, J. E.; DAY, M. L.; KITTOCK, R. J. 1987. Endocrine regulation of puberty in cows and ewes. *J. Reprod. Fertil.* 34 (Suppl.): 167-186.
- KINDER, J.E.; BERGFELD, E.G.M.; WEHRMAN, M.E.; PETERS, K.E.; KOJIMA, F.N. 1995. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. *J. Reprod. Fertil Supp.* 49: 393-407.
- LAMB, G.C.; MILLER, B.L.; LYNCH, J.M.; GRIEGER, D.M.; STEVENSON, J.S.; LUCY, M.C. 1999. Suckling reinitiated milk secretion in beef cows after an early postpartum hiatus of milking or suckling. *J. Dairy Sci.* 82:1489-1496.

- LAMMOGLIA, M.A.; BELLOWS, R.A.; GRINGS, E.E.; BERGMAN, J.W.; BELLOWS, S.E.; HALLFORD, D.M.; RANDEL, R.D. 2000. Effects of dietary fat and sire breed on puberty, weight, and reproductive traits of F1 beef heifers. *J. Anim. Sci.* 78: 2244-2252.
- LANCASTER, P.; LAMB, C. 2014. Targeting ADC of developing replacement heifers using age and body weight. [en línea] University of Florida. UF/IFAS Extension <<https://sfyl.ifas.ufl.edu/media/sfylifasufledu/escambia/agriculture/pdfs/Targeting-ADG-of-Developing-Replacement-Heifers-Using-Age-and-Body-Weight.pdf>> [consulta: 3 de abril 2018 ].
- LARSON, R.L.; WHITE, B.J.; LAFLIN, S. 2016. Beef heifer development. *Vet. Clin. Food Anim.* 32:285-302.
- LASTER, D.B.; SMITH, G. M.; CUNDIFF, L. V.; GREGORY, K. E. 1979. Characterization of biological types of cattle (cycle II) II. Postweaning growth and puberty of heifers. *J Anim Sci.* 48: 500-507.
- LESMEISTER, J.L.; BURFENING P.J.; BLACKWELL R.L. 1973. Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. *J. Anim. Sci.* 36: 1-6.
- LINDELL, J.G.; KINDAHL, H.; LANSSON L.; EDQVIST, L.E. 1982. Post-partum release of prostaglandin F2 $\alpha$  and uterine involution in the cow. *Theriogenology* 17:237-245.
- LOFSTEDT, R.M.; MANNS, J.G.; MURPHY, B.D.; HUMPREY, W.D.; MAPLETOFT, R.J.1981. Influence of GnRH infusion on endocrine parameters and duration of postpartum anestrus in beef cows. *Theriogenology* 15:359-377.
- LUCY, M.C.; MCDOUGALL, S.; NATION, D.P. 2004. The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Anim Reprod Sci* 82-83:495-512.
- LYNCH, J. M.; LAMB, G. C.; MILLER, B. L.; BRANDT, R. T. (Jr.); COCHRAN, R. C.; MINTON, J. E. 1997. Influence of timing of gain on growth and reproductive performance of beef replacement heifers. *J. Anim. Sci.* 75: 1715-1722.
- MACKEY, D.R.; SREENAN, J.M.; ROCHE, J.F.; DISKIN, M.G. 2000. The effect of progesterone alone or in combination with estradiol on follicular dynamics, gonadotropin profiles, and estrus in beef cows following calf isolation and restricted suckling. *J. Anim. Sci.* 78:1917-1929.
- MANES, J.; ALLER, F.; CALLEJAS, S.; HOZBOR, F.; ALBERIO, R. 2012. Influence of the length of progestagen treatment and the time of oestradiol benzoate application on the ovulatory follicle size and ovulation time in anestrus and cyclic beef cows. *Reprod. Dom. Anim.* 47: 412-418.
- MARAÑA PEÑA, D.; CUTAIA, L.; BORGES KRUEL, L.F.; PINCINATO, D.; PERES COELHO L.; RIZZI, C.; BALLA, E.; BÓ, G.A. 2005. Efecto de la aplicación de 400 UI de eCG y enlatado sobre los porcentajes de preñez vacas posparto tratadas con DIB y benzoato de estradiol. 6º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina. abs. pp.406.

- MARTIN, L.C.; BRINKS, J.S.; BOURDIN, R.M.; CUNDIFF L.V. 1992. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *J. Anim. Sci.* 70:4006.
- MCIVOR, J.G., 1981. Seasonal changes in the growth, dry matter distribution and herbage quality of three native grasses in northern Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husbandry* 21(13), 600–609.
- MELUCCI, L.M.; MEZADRA, C.A.; VILLAREAL, E.L.; PAPALEO MAZZUCCO, J. 2008. Componentes principales para crecimiento y calidad carnicera de reproductores Angus, Criollo y Hereford. *Rev Arg Prod. Anim* 28(1): 120-121.
- MELVIN, E.J.; LINDSEY, B.R.; QUINTAL-FRANCO, J.; ZANELLA, E.; FIKE, K.E.; VAN TASSELL, C.P. 1999. Circulating concentrations of estradiol, luteinizing hormone, and follicle-stimulating hormone during waves of ovarian follicular development in prepubertal cattle. *Biol Reprod.* 60:405-12.
- MENCHACA, A.; NÚÑEZ, R.; GARCÍA PINTOS, C.; CUADRO, F.; BOSOLASCO, F.; FABINI, F.; DUTRA, S.; DE LA MATA, J.J.; BO, G. 2017. Efecto de la prolongación del proestro en la fertilidad de los programas de IATF. 12º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina. pp. 191-216.
- MENCHACA, A.; NÚÑEZ, R.; WIJMA, R.; GARCÍA PINTOS, C.; FABINI, F.; CASTRO, T. 2013. Como mejorar la fertilidad de los tratamientos de IATF en vacas *Bos Taurus*. 10º Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. Córdoba, Argentina. pp. 103-134.
- MENEGHETTI, M.; SÁ FILHO, O.G.; PERES, R.F.G.; LAMB, G.C.; VASCONCELOS, J.L.M. 2009. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: Basis for development of protocols. *Theriogenology* 72(2): 179–189.
- MEZZADRA, C.; MELUCCI, L.M. 2005. Experiencias en conservación, evaluación y utilización del bovino Criollo Argentino. *Agrociencia.* 9 ( 2-3): 453- 457.
- MONJE, A.; HOFER, C.; GALLI, I. 1996. Destete precoz en cría vacuna. Manejo de terneros al destete. INTA. EEA Concepción del Uruguay, Argentina. 22 p.
- MONTEIRO, F.M.; MERCADANTE, M.E.Z.; BARROS, C.M.; SATRAPA, R.A.; SILVA, J.A.V.; OLIVEIRA, L.Z.; SARAIVA, N.Z.; OLIVEIRA, C.S.; GARCIA, J.M. 2013. Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. *Theriogenology* 80: 10-17.
- MONTIEL, F.; AHUJA, C. 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 85:1–26.
- MORELLO, J.; SANCHOLUZ, L.A.; BLANCO, C.A. 1985. Estudio Macroecológico de Los Llanos de la Rioja. Administración de Parques Nacionales Buenos Aires, Argentina: Serie del Cincuentenario 5:1-53.

- MURPHY, M.G.; BOLAND, M.P.; ROCHE, J.F. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef cows. *J. Reprod. Fert.* 90: 523-533.
- NAMUR, P.; FERRANDO, C.; BERONE, G.; VERA, T. 2002. Producción de vientres Criollo Argentino, Aberdeen Angus y sus cruzamientos en los llanos de La Rioja. *Rev. Arg. Prod. Animal.* .22 (1)::248-249.
- NAMUR, P.; FERRANDO, C.; VERA, T.; SALEME, A. 2008. Resultados de cría de vientres puros Criollo Argentino, Aberdeen Angus y sus cruza. [en línea] Engormix <<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/resultados-cria-vientres-puros-t40305.htm>> [Consulta: 10 abril 2016].
- NAMUR, P.; TESSI, M.J.; AVILA, R. E.; RETTORE, H.A.; FERRANDO, C.A. 2014. Bufell Grass. Generalidades, implantación y manejo para la recuperación de áreas degradadas. Ediciones INTA: Chamental, La Rioja:.pp.4-14.
- NOGUEIRA, E.; MORAIS, M.G.; ANDRADE, V.J.; ROCHA, E.D.S.; SILVA, A.S.; BRITO, A.T. 2006. Effect of creep feeding on average daily gain and weaning weight of calves and on reproductive efficiency of primiparous Nelore cows under grazing. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 58: 607-613.
- NOGUEIRA, G.P. 2004. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Anim Reprod Sci.* 82-3:361-72.
- ODDE, K.G. 1990. A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.* 68:817-830.
- PARDO, A. 2017. Criterios de selección por fertilidad de la hembra en bovinos para carne. Tesis de *Magister Scientiae*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 66 p.
- PATTERSON, D.J.; CORAH, L.R.; KIRACOFÉ, G.H.; STEVENSON, J.S.; BRETHOUR, J.R. 1989. Conception rate in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred heifers after postweaning energy manipulation and synchronization of estrus with melengesterol acetate and enprostalene. *J. Anim. Sci.* 67:1138.
- PATTERSON, D.J.; PERRY R.C.; KIRACOFÉ, G.H.; BELLOWS R.A.; STAIGMILLER, R.B.; CORAH L.R. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *J. Anim. Sci.* 70:4018.
- PÉREZ-CLARIGET, R.; CARRIQUIRY, M.; SOCA, P. 2007. Estrategias de manejo nutricional para mejorar la reproducción en ganado Bovino. [en línea] <[http://www.produccionbovina.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/107-nutricion.pdf](http://www.produccionbovina.com.ar/informacion_tecnica/cria/107-nutricion.pdf)> [consulta: 7 de septiembre 2018]
- PINHEIRO, V.G.; SOUZA, A.F.; PEGORER, M.F.; SATRAPA, R.A.; ERENO, R.L.; TRINCA, L.A.; BARROS, C.M. 2009. Effects of temporary calf removal and eCG on pregnancy rates to timed-insemination in progesterone-treated postpartum Nelore cows. *Theriogenology* 71: 519-524.

- QUINTANS, G. 2002. Manejo de la recría vacuna en sistemas ganaderos. INIA Tacuarembó. Estación Experimental del Norte. Seminario Técnico, Cría y Recría Ovina y Vacuna. pp.47-55.
- QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; CARRIQUIRYC, M.; LÓPEZ-MAZZ, C.; BALDIB, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Anim. Prod. Sci.* 50:931-938.
- QUINTANS, G.; BARRETO, S; NEGRÍN, D.; AYALA W. 2007. Efecto de la tasa de ganancia invernal en el inicio de la pubertad en terneras de biotipos carniceros en pastoreo [en línea] APPA - ALPA - Cusco, Perú < [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/106-Quintans-Pubertad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/106-Quintans-Pubertad.pdf) > [consulta: 31 mayo 2017]
- QUINTANS, G.; VÁZQUEZ, A.I.; JIMÉNEZ, C.; GOROZURRETA, I. 2013. Destete a corral por 10 días, destete precoz y con tablilla nasal en vacas primíparas en buen estado corporal. [en línea] Engormix <<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/destete-corral-dias-destete-t30021.htm>> [consulta: 30 abril 2017].
- QUINTANS, G.; VÁZQUEZ, A.I.; WEIGEL, K.A. 2009. Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anestrous interval in primiparous cows under range conditions. *Anim. Reprod. Sci.* 116: 10-18.
- QUINTANS, G.; VIÑOLES, C.; SINCLAIR, K. 2004. Follicular growth and ovulation in postpartum beef cows following calf removal and GnRH treatment. *Anim. Rep. Sci.* 80:5-14.
- RANDEL, R.D.; HARRISON, L.M.; PETERSON, E.S. 1981. Serum luteinizing hormone levels in Brangus cows following variable suckling intensity and administration of varios levels of estrogen. *Theriogenology* 16: 565-574.
- RANDEL, R.D.1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68, 853-862.
- RATHBONE, M.J.; KINDER, J.E.; FIKE, K.; KOJIMA, F.; CLOPTON, D.; OGLE, C.R.; BUNT, C.R. 2001. Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the estrous cycle in cattle. *Adv. Drug. Deliv. Rev.* 50: 277-320.
- REEVES, J.J.; GASKINS, C.T. 1981. Effect of once a day nursing on rebreeding efficiency of beef cows. *J. Anim. Sci.* 53:889-891.
- REIMONTE, M.G. 2002. Dinámica de la condición corporal y el espesor de grasa subcutánea durante un ciclo productivo en vientres de cría de diferentes grupos genéticos. Tesis de *Magister Scientiae*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 116 p.
- REKWOT, P.; OGWU, D.; OYEDIPE, E.; SEKONI, V. 2000. Effects of bull exposure and body growth on onset of puberty in Bunaji and Friesian x Bunaji heifers. *Reprod. Nutr. Dev.* 40: 359-367.

- REVAH, I.; BUTTLER, W.R. 1996. Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes. *J. Reprod. Fétil.* 106: 39-47.
- ROBERSON, M.S.; STUMPF, T.T.; WOLFE, M.W.; CUPP, A.S.; KOJIMA, N.; WERTH, L.A.; KITTOK, R.J.; KINDER, J.E. 1992. Circulating gonadotrophins during restricted energy intake in relation to body condition in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 96: 461-469.
- ROBERSON, M.S.; WOLFE, M.W.; STUMPT, T.T.; WERTH, L.A.; CUPP, A.S.; KOJIMA, N.; WOLFE, P.L.; KITTOK, R.J.; KINDER, J.E. 1991. Influence of growth rate and exposure to bulls on age at puberty in beef heifers, *J. Anim. Sci.* 69: 2092-2098.
- ROCHE, J.F.; AUSTIN, E.; RYAN, M.; OROURKE, M.; MIHM, M.; DISKIN, M. 1998. Hormonal regulation of the oestrous cycle of cattle. *Reprod. Dom. Anim.* 33:227-231.
- ROSATTI, G.N.; BRUNELLO, G.E.; PERONE, C.R.; MANES, J.; ALLER, J.F. 2016. Efecto de la restricción del amamantamiento con tablilla nasal sobre la eficiencia reproductiva en vacas IATF y sobre el peso vivo de los terneros. *Taurus* 18 (72):18-24.
- RUND, L.A.; LESHIN, L.S.; THOMPSON, F.N.; RAMPACEK, G.B. ; KISER, T.E. 1989. Influence of the ovary and suckling on luteinizing hormona response to naloxone in pospartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 1527-1531.
- RYAN, W. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutr. Abstr. Rev.* 60:653-664.
- SÁ FILHO, O.G.; MENEGHETTI, M.; PERES, R.F.G.; LAMB, G.C.; VASCONCELOS, J.L.M. 2009. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos Indicus* cows II: Strategies and factors affecting fertility. *Theriogenology* 72:210-218.
- SÁ FILHO, O.G.; VASCONCELOS, J.L.M. 2011. Treatments to optimize the use of artificial insemination and reproductive efficiency in beef cattle under tropical environments. *Vet. Med. Int.* doi: 10.4061/2011/923053
- SAL PAZ, F.P. 1985. El ganado Criollo en el Noroeste Argentino. IV<sup>a</sup> Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas, Salta, Argentina, pp. 256-268.
- SALADO, E.E.; FUMAGALLI, A.E. 2003. Suplementación energético-proteica de novillos sobre Gatton panic. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23 (Supl.1):5-6
- SAMPEDRO, D.; VOGEL, O.; CELSER, R. 1993. Manejo reproductivo de un rodeo de cría. INTA. EEA Mercedes, Corrientes. Noticias y Comentarios. N°294. 9 p.
- SAMPEDRO, D.; VOGEL, O.; FRANZ, N.; CELSER, R. 1998. Tecnología para mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría en el centro-sur de la provincia de Corrientes. INTA. EEA Mercedes, Corrientes. Serie Técnica N° 29. 15 p.

- SARTORI, R.; BARUSELLI, P.S.; BARROS, C.M.; BASTOS, M.R. 2013. Las diferencias en la fisiología de la reproducción entre *bos taurus* y *bos indicus*. 10º Simposio Internacional de Reproducción Anima-IRAC. Córdoba, Argentina. pp.25-36.
- SARTORI, R.; FRICKE, P.M.; FERREIRA, J.C.P.; GINTHER, O.J.; WILTBANK, M.C. 2001. Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles. Biol. Reprod.65: 1403-1409.
- SCHILLO, K.K.; HALL, J.B.; HILEMAN, S.M. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. J. Anim. Sci. 70: 3994-4005.
- SEGUIN, B.E.; MOMONT, H.W.; FAHMI, H.; FORTIN, M.; TIBARY, A. 1989. Single appointment insemination for heifers after prostaglandin or progestin synchronization of estrus. Theriogenology. 31(6):1233-8.
- SENASA. 2018. Distribución de existencias bovinas por la provincia, marzo 2018 [en línea] Servicio nacional de sanidad y calidad agroalimentaria <<http://www.argentina.gob.ar/files/2distribuciondeexistenciasbovinasporprovincia-marzo2018xlsx>> [consulta: 5 de marzo 2018].
- SHORT, R.E.; ADAMS, D.C. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. J. Anim. Sci. 68: 29-39.
- SHORT, R.E.; BELLOW, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and fertility in postpartum beef cattle. J. Anim. Sci. 68: 799-816.
- SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A. 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. J. Anim. Sci. 32:127.
- SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; MOODY, E.L.; HOWLAND, B.E. 1972. Effects of suckling and mastectomy on bovine postpartum reproduction. J. Anim. Sci. 34:70-74.
- SIMPSON, R.B.; ARMSTRONG, J.D.; HARVEY, R.W.; MILLER, D.C.; HEIMER, E.P.; CAMPBELL, R.M. 1991. Effect of active immunisation against growth hormone-releasing factor on growth and onset of puberty in beef heifers. J. Anim. Sci. 69: 4914-4924.
- SLANAC, A.; BALBUENA, O.; STAHRINGER, R. C.; NAVAMUEL, J. M.; KUCSEVA, C. D.; KOZA, G. A. 2004. Suplementación invernal con expeller de algodón a vaquillas en pastoreo con forraje de baja calidad. Efectos sobre parámetros productivos. [en línea] Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Resumen: V-026 <[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_suplementacion\\_invernal\\_con\\_expeller\\_de\\_algado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_suplementacion_invernal_con_expeller_de_algado.pdf)> [consulta: 21 de diciembre 2018]
- SMITH, J.T. 2008. Kisspeptin signalling in the brain: steroid regulation in the rodent and ewe. Brain. Res. Rev. 57(2):288-98.

- SOTO-BELLOSO, E.; PORTILLO, G.; RAMÍREZ, L.I.; SOTO, G.; ROJAS, N.; CRUZ-ARÁMBULO, R. 1997. Efecto del destete temporal por noventa y seis horas sobre la inducción del celo y fertilidad en vacas mestizas acíclicas. Arch. Latinoam. Prod. Anim 5 (Supl. 1) 359-361.
- SPICER, L.J.; CONVEY, E.M.; TUCKER, H.A.; ECHTERNKAMP, S.E. 1986. Effects of intermittent injections of LHRH on secretory patterns of LH and FSH and ovarian follicular growth during postpartum anovulation in suckled beef cows. J. Anim. Sci. 62:1317-1323.
- STAHRRINGER, R.C. 2003. El manejo del amamantamiento y su efecto sobre la eficiencia productiva y reproductiva en rodeos bovinos de cría. Resultados en el NEA. Taurus 18:21-33.
- STAHRRINGER, R.C.; BALBUENA, O.; KUCSEVA, C.D.; ARAKAKI, L.C.; CABARCOS, G. 2000. Efecto de la Utilización de Monensina sobre la Aptitud Reproductiva de Vaquillas. [en línea] INTA. EE Colonia Benítez <<http://anterior.inta.gov.ar/benitez/info/documentos/reprod/pdf/22%20monensina.pdf>> [consulta: octubre 2018]
- STEVENSON, J.S.; KNOPPEL, E.L.; MINTON, J.E.; SALFEN, B.E.; GARVERICK, H.A. 1994. Estrus ovulation luteinizing hormone and suckling-induced hormones in mastectomized in cows with and without unrestricted presence of the calf. J. Anim. Sci. 72:690–699.
- STRICKER, J.A.; MATCHES, A.G.; THOMPSON, G.B.; JACOBS, V.E.; MARTZ, F.A.; WHEATON, H.N. 1979. Cow-calf production on tall fescue-ladino clover pastures with and without nitrogen fertilization or creep feeding: spring calves. J. Anim. Sci. 48: 13–25.
- TAGLE, E.C.; INCHAUSTI, D. 1946. Bovinotecnia. En: Razas productoras de carne. El Ateneo: Buenos Aires. Argentina. pp. 370:385
- TEGEGNE, A.; ENTWISTLE, K.W.; MUKASA-MUGEMAL, E. 1992. Effects of dry season nutritional supplementation on growth, onset of puberty and subsequent fertility in Boran and Boran x Friesian heifers in Ethiopia. Theriogenology. 37:1017-1027.
- TORTONESE, D.J. 1986. Pubertad en hembras bovinas, determinación de la edad a la pubertad mediante el dosaje de progesterona por radioinmunoensayo en cuatro grupos genéticos bovinos: su correlación con peso y alzada. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias: La Plata, Argentina 168 p.
- VASCONCELOS, J.L.M.; SA FILHO, O.G.; PEREZ, G.C.; SILVA, A.T.N. 2009. Intravaginal progesterone device and/or temporary weaning on reproductive performance of anestrous crossbred Angus x Nelore cows. Anim. Reprod. Sci. 111: 302–311.
- VASCONCELOS, J.L.M.; SARTORI, R.; OLIVIEIRA, H.N.; GUENTHER, J.G.; WILTBANK, M.C. 2001. Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. Theriogenology 56: 307-314.

- VERA, T.A.; BRUNELLO, G.E.; GONZALEZ, A.H.; RICARTE R.A.; DÍAZ, R.F. 2013. Eficiencia reproductiva de diferentes protocolos de sincronización de celo y ovulación en época no reproductiva en cabras Criollas. 1º Congreso de Producción Caprina. La Rioja- Argentina. pp. 435-438.
- VIKER, S.D.; LARSON, R.L.; KIRACOFÉ, G.H.; STEWART, R.E.; STEVENSON, I.S. 1993. Prolonged postpartum anovulation in mastectomized cows requires tactile stimulation by the calf. *J Anim Sci.*71:999-1003.
- VILLAGRÁN, E. 2009.. El proceso de innovación tecnológica en áreas productivas Marginales. El caso de la pastura de Buffel Grass en los establecimientos de productores ganaderos del Departamento Chamental en los Llanos de La Rioja. Tesis de Magíster en Estudios Sociales Agrarios Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) Buenos Aires, Argentina, 135p.
- VIÑALES, C.; GIORELLO, D.; SOARES DE LIMA, J.M.; MONTOSI, F. 2015. Entore precoz: una alternativa para aumentar la competitividad de la cría. [en línea] Engormix <<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/entore-precoz%20alternativa-aumentar-t32440.htm>> [consulta: 3 de enero 2017].
- VIÑALES, C.; GUGGERI, D.; JAURENA, M.; DE BARBIERI, I.; BRITOS, G.; MONTOSI, F. 2016. Efecto de la edad al destete y la alimentación preferencial sobre la pubertad en terneras Hereford. [en línea] <<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/efecto-edad-destete-alimentacion-t32311.htm>> [consulta: 17 de marzo 2017].
- VIÑALES, C.; JAURENA, M.; DE BARBIERI, I.; DO CARMO, M.; MONTOSI, F. 2013. Effect of creep feeding and stocking rate on the productivity of beef cattle grazing grasslands. *New Zeal. J. Agr. Res.* 56 (4): :279-287.
- VITTONI, J.S.; ALLER, J.F.; OTERO, G.; SCENA, C.; ALBERIO, R.H.; CANO, A. 2011. Destete precoz y desempeño reproductivo en vacas tratadas con progesterona intravaginal. *Arch. Zootec.* 60: 1065-1076.
- WETTEMANN, R.P.; LENTS, C.A.; CICCIOLO, N.H.; WHITE F.J.; RUBIO, I. 2003. Nutritional and suckling mediated anovulation in beef cows. *J. Anim. Sci.*, 81(14 supl.2):E48-E59
- WETTEMANN, R.P.; TURMAN, E.J., WYATT, R.D., TOTUSEK, R. 1982. Endocrine response of postpartum anestrous beef cows to GnRH or PMSG. *Theriogenology* 18:599-613.
- WILLIAMS, G.L.; MCVEY, W.R.; HUNTER, J.F. 1993. Mammary somatosensory pathways are not required for suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion and delayed of ovulation in cows. *Biol. Reprod.* 49: 1328-1337.
- WILLIAMS, G.L. 1990. Suckling as regulator of postpartum rebreeding in cattle. A review. *J. Anim. Sci.* 68: 831-852.

- WILLIAMS, G.L.; AMSTALDEN, M.; GARCIA, M.R.; STANKO, R.L.; NIZIELSKI, S.E.; MORRISON, C.D.; KEISLER, D.H. 2002. Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23: 339-349.
- WILLIAMS, G.L.; GAZAL, O.S.; GUZMÁN VEGA, G.A.; STANKO R.L. 1996. Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Anim. Reprod. Sci.*, 42: 289-297.
- WILLIAMS, G.L.; GRIFFITH, M.K. 1985. Sensory and behavioural control of gonadotropin secretion during suckling-mediated anovulation in cows. *J. Reprod. Fertil.* 49: 463-475.
- WILTBANK, J.N.; KASSON, C.W.; INGALLS, J.E. 1969. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. *J. Anim. Sci.* 24: 602-605.
- WILTBANK, J.N.; ROWDEN, W.W.; INGALLS, J.E.; ZIMMERMAN, D.R. 1964. Influence of postpartum energy level on reproductive performance of Hereford cows restricted in energy intake before calving. *J. Anim. Sci.* 23: 1049-1053.
- WILTBANK, M.C.; GUMEN, A.; SARTORI, R. 2002. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*.57 (1): 21-52.
- WRIGHT, I.A.; RHIND, S.M.; SMITH, A.J.; WHYTE T.K. 1994. Female-female influences on the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Anim. Prod.* 59: 49-53.
- WRIGHT, I.A.; RHIND, S.M.; WHYTE, T.K.; SMITH, A.J. 1992. Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Anim. Prod.* 55: 41-46.
- WRIGHT, P.J.; MALMO, J. 1992. Pharmacologic manipulation of fertility. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 8(1):57-89.
- YAVAS, Y.; WALTON J.S. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology.* 54: 25-55.
- YELICH, J. V.; WETTEMANN, R. P.; DOLEZAL, H. G.; LUSBY, K. S.; BISHOP, D. K.; SPICER, L. J. 1995. Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin-like growth factor I, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 73: 2390-2405.
- YELICH, J.V.; WETTEMANN, R.P.; MARSTON, T.T.; SPICER, L.J. 1996. Luteinising hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-I, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. *Domest. Anim. Endocrinol.* 13:325-338