

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**AVANCES EN SUPLEMENTACIÓN INVERNAL SOBRE CICLICIDAD  
OVÁRICA TEMPRANA EN TERNERAS DE REEMPLAZO PARA CARNE**

**por**

**María Agustina BONOMI BENTOS  
María Emilia BORDABERRY TESORIERO  
María Sara GREMMINGER GAGGERO**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. (PhD.) José Ignacio Velazco

-----  
Ing. Agr. (PhD.) Graciela Quintans

-----  
Dr. M. V. Carlos López Mazz MSc.

Fecha:

1 de junio de 2021

Autoras:

-----  
María Agustina Bonomi Bentos

-----  
María Emilia Bordaberry Tesoriero

-----  
María Sara Gremminger Gaggero

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, se agradece al Ing. Agr. (PhD.) José Ignacio Velazco e Ing. Agr. (PhD.) Graciela Quintans, quienes permitieron realizar esta tesis, por su constante atención y sus consejos.

Al DMV. Carlos "Tato" López Mazz, quien con paciencia acompañó y despejó dudas incansablemente.

También agradecer por su amabilidad y profesionalismo a todo el personal de INIA Treinta y Tres, especialmente a Juan Luis Acosta, Miguel Piccioli y Jimena Carrasco.

Agradecer a Belky, por su gran ayuda a la hora de buscar material bibliográfico.

A las respectivas familias, las cuales han transmitido desde siempre el cariño por el sector, acompañando durante toda la carrera. También a los amigos, pilar fundamental en estos años.

Por último, agradecer a todos los docentes de Facultad, por colaborar en la formación profesional.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 <u>OBJETIVO</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 <u>PUBERTAD</u> .....	2
2.1.1 <u>Definición de pubertad</u> .....	2
2.2 <u>REGULACIÓN ENDOCRINA DEL CICLO ESTRAL</u> .....	2
2.2.1 <u>Hormonas y funciones</u> .....	2
2.2.2 <u>Ciclo estral</u> .....	3
2.2.3 <u>Dinámica folicular</u> .....	4
2.2.4 <u>Tiempo prepuberal, peri puberal y pubertad</u> .....	5
2.3 <u>FACTORES QUE AFECTAN LA APARICIÓN DE LA PUBERTAD</u> .....	6
2.3.1 <u>Edad</u> .....	7
2.3.2 <u>Tamaño y peso vivo</u> .....	8
2.3.3 <u>Frame score</u> .....	8
2.3.4 <u>Genotipo</u> .....	10
2.3.5 <u>Factores ambientales y bioestimulación</u> .....	12
2.3.6 <u>Nutrición</u> .....	13
2.3.6.1 <u>Composición de la dieta</u> .....	13
2.3.6.2 <u>Efecto de la nutrición en la secreción de hormonas reproductivas y metabólicas</u> .....	14
2.4 <u>ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA REEMPLAZOS</u> .....	15
2.4.1 <u>Requerimientos nutricionales para entore de 2 años</u> .....	19
2.5 <u>DIAGNÓSTICO DE ACTIVIDAD OVÁRICA</u> .....	20
2.6 <u>HIPÓTESIS</u> .....	20

3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	21
3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL .....	21
3.1.1 <u>Localización y período experimental</u> .....	21
3.1.2 <u>Caracterización climática y de tiempo atmosférico</u> .....	21
3.1.3 <u>Suelos</u> .....	22
3.1.4 <u>Animales</u> .....	22
3.1.5 <u>Tratamientos</u> .....	22
3.1.6 <u>Infraestructura</u> .....	23
3.1.7 <u>Alimentos</u> .....	24
3.1.7.1 Afrechillo de arroz .....	24
3.1.7.2 Bloques proteicos.....	25
3.1.7.3 Campo natural.....	25
3.2 MANEJO EXPERIMENTAL .....	25
3.2.1 <u>Periodo pre-experimental</u> .....	25
3.2.2 <u>Periodo experimental</u> .....	26
3.2.2.1 Manejo invernal .....	26
3.2.2.2 Manejo conjunto .....	26
3.2.3 <u>Manejo sanitario</u> .....	27
3.3 REGISTROS EN EL PERÍODO PRE-EXPERIMENTAL.....	27
3.3.1 <u>Determinaciones en terneras</u> .....	27
3.4 REGISTROS EN EL PERÍODO EXPERIMENTAL .....	28
3.4.1 <u>Determinaciones en terneras</u> .....	28
3.4.1.1 Peso vivo.....	28
3.4.1.2 Altura del anca .....	28
3.4.1.3 Actividad ovárica .....	28
3.4.2 <u>Determinaciones en alimentos</u> .....	29
3.4.2.1 Afrechillo de arroz .....	29
3.4.2.2 Bloque proteico.....	29
3.4.2.3 Pastura.....	29
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	30
4. <u>RESULTADOS</u> .....	31

4.1	CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y CICLICIDAD TEMPRANA .....	31
4.1.1	<u>Ganancia diaria</u> .....	31
4.1.2	<u>Peso vivo</u> .....	32
4.1.3	<u>Altura del anca</u> .....	33
4.1.4	<u>Ciclicidad ovárica temprana</u> .....	34
5.	<u>DISCUSIÓN</u> .....	37
5.1	EFFECTO DEL MANEJO INVERNAL SOBRE EL CRECIMIENTO DE LAS TERNERAS .....	37
5.2	MANEJO CONJUNTO Y CRECIMIENTO DE LAS VAQUILLONAS .....	40
5.3	EFFECTO DEL MANEJO INVERNAL SOBRE EL DESARROLLO REPRODUCTIVO DE LAS TERNERAS.....	42
6.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	45
6.1	IMPLICANCIAS PRÁCTICAS .....	45
7.	<u>RESUMEN</u> .....	46
8.	<u>SUMMARY</u> .....	48
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	50
10.	<u>ANEXOS</u> .....	63

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Relaciones entre frame score, peso maduro de vacas y peso de faena en novillos..	10
2. Distribución estacional (%) de producción de forraje en algunos suelos de zonas criadoras.....	16
3. Tasas de ganancias de terneras en su primer invierno bajo distintos manejos alimenticios (trabajos realizados en la UEPP- Unidad Alférez).....	18
4. Requerimientos nutritivos expresados en Mcal EM/día de terneras en crecimiento .....	19
5. Requerimientos de proteína bruta (kg/día) de terneras en crecimiento.....	19
6. Descripción de los tratamientos al inicio del experimento .....	23
7. Composición química de afrechillo de arroz entero .....	24
8. Composición química de los bloques proteicos .....	25
9. Composición química estacional del campo natural durante el experimento .....	25
10. Ganancia diaria por tratamiento .....	31
11. Mediciones de PV por tratamiento.....	32
12. Mediciones de altura del anca por tratamiento .....	33
13. Ciclicidad ovárica (%) según edad.....	34

Figura No.

1.	Etapas del ciclo estral.....	4
2.	Curvas de crecimiento para animales de estructura grande y pequeña.....	9
3.	Producción mensual de forraje de campo natural sobre Unidad Alférez entre 1992 y 2004 .....	15
4.	Evolución de peso de terneras desde el destete hasta la salida del segundo invierno, manejadas sobre campo natural en la zona Este.....	17
5.	Temperaturas promedio mensuales y promedio histórico .....	21
6.	Precipitaciones mensuales acumuladas y promedio histórico .....	22
7.	Mapa de distribución de parcelas.....	23
8.	Esquema de mediciones en el período experimental .....	27
9.	Posición y colocación de la regla para medición de altura del anca .....	28
10.	Evolución del peso vivo de cada grupo experimental.....	33
11.	Evolución de la altura del anca de cada grupo experimental.....	34
12.	Animales ciclando discriminados por tratamiento y edad .....	35
13.	Mantenimiento de la ciclicidad según tratamiento.....	36



## 1. INTRODUCCIÓN

Históricamente la ganadería en Uruguay ha sido el rubro de mayor importancia, extendiéndose en todo el territorio. Como consecuencia de la coyuntura nacional e internacional en los últimos años se produjo una expansión del rubro agrícola, aumentando la competencia intersectorial por los recursos naturales, principalmente por la tierra. Esto determina que los suelos de mayor potencial de producción se utilicen en rubros de rentas más altas, como lo es el caso de la agricultura. De esta manera es que se produce un desplazamiento de la ganadería hacia zonas de menor productividad.

El 64% de la superficie destinada a explotaciones ganaderas y agrícola-ganaderas actualmente es campo natural, lo que determina que los tiempos de producción de carne estén sujetos a la marcada estacionalidad y variabilidad de la producción forrajera natural. Los productores que se dedican únicamente a la cría representan un 53% del total de las declaraciones juradas con ganadería y abarcan un 56% de la superficie ganadera (MGAP. DIEA, 2020). Si bien la cría se destaca por el uso de alimentos de bajo valor nutritivo, es un proceso en el cual existen ciertas limitantes. Las mismas son: la tasa de procreo, históricamente estancada en un 65% (INIA Treinta y Tres y DICOSE, citados por Montes, 2019), con pesos al destete de 174 kg (Montes, 2019), considerados mejorables, y avanzada edad al servicio. Este conjunto de limitantes genera un alto número de animales improductivos que deben mantenerse en el campo. Estos indicadores son los que actualmente limitan los ingresos netos de los sistemas criadores del país, y por eso es de relevada importancia mejorarlos, logrando hacer más eficiente la cría en condiciones extensivas.

Como se mencionó anteriormente, la marcada estacionalidad en la producción de forraje, conduce a que animales pastoreando campo natural en invierno, pierdan peso. Las hembras de reemplazo es una de las categorías más afectadas, debido a que esta pérdida de peso es una de las causas de que se sirvan con mayor edad de lo deseado. La suplementación en invierno aparece como una herramienta eficaz para enfrentar esta limitante. Suplementar en invierno se presenta como solución a la deficiencia nutricional sufrida en el período post destete, fácil de implementar y sin realizar cambios sustanciales en los distintos sistemas productivos (Montes, 2019).

### 1.1 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación en el primer invierno de hembras de reemplazo (recría) sobre el crecimiento y la ciclicidad temprana de las mismas. Para este análisis se utilizan suplementos de fácil implementación y disponibilidad a nivel nacional: afrechillo de arroz (AA) y bloque proteico (BP).

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La intención de esta revisión es repasar los conceptos fundamentales de pubertad y eventos ováricos básicos en ganado bovino que permiten la reproducción. Se revisarán los factores que afectan la entrada en pubertad de la hembra bovina y se presentarán estrategias de alimentación invernal ya existentes y requerimientos nutricionales necesarios para lograr ciclicidad y preñez a los dos años en vaquillonas.

### 2.1 PUBERTAD

#### 2.1.1 Definición de pubertad

Según Robinson (1977), la pubertad es el proceso mediante el cual un animal se vuelve capaz de reproducirse. Robinson, citado por Filipiak et al. (2016), determina que el inicio de la pubertad se da en la primera ovulación. Moran, citado por Araujo (2004), define la pubertad como la primera ocurrencia de estro seguida por una fase luteal normal; mientras que Hafez, citado por Araujo (2004), la define como la edad en la que ocurre el primer estro acompañado de una ovulación espontánea.

Rovira (1996) define la pubertad como el momento en que se manifiesta el primer celo o estro acompañado de ovulación, marcando el comienzo de la vida reproductiva. El autor destaca la precocidad o aparición temprana de la pubertad como una característica económica muy importante en sistemas ganaderos, resaltando el peso y edad como dos factores que actúan en forma conjunta en el advenimiento de la misma.

Es importante comprender lo trascendental de la pubertad dentro del ciclo productivo de una hembra bovina, ya que define la longitud del período improductivo del animal y la eficiencia reproductiva del rodeo, por lo tanto, influye en el manejo de los reemplazos. De la misma manera es que anestros nutricionales en vaquillonas prepúberes y púberes generan pérdidas en el proceso de cría, comprometiendo la productividad y enlenteciendo procesos reproductivos (Quintans et al., 2003). La pubertad es un proceso gradual en el desarrollo somático de un individuo, donde por primera vez se hace posible la reproducción. En cuanto a la madurez sexual, es el momento en el cual los animales púberes alcanzan un desarrollo anatómico y fisiológico suficiente para poder llevar a cabo la función reproductiva minimizando riesgos para sí mismo y su descendencia (Faure y Morales, 2003a).

### 2.2 REGULACIÓN ENDOCRINA DEL CICLO ESTRAL

#### 2.2.1 Hormonas y funciones

El ciclo estral está regulado por el eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero (Callejas, 2004). La hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) es secretada por el

hipotálamo y estimula la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH) por la adenohipófisis. La FSH es la encargada del desarrollo folicular; mientras que la LH estimula la ovulación, formación del cuerpo lúteo (CL) y secreción de progesterona (P4, Jiménez, 2016).

El mecanismo en que es secretada la GnRH es en forma de pulsos, los cuales son regulados por dos sistemas: el sistema tónico y el sistema cíclico (Motta et al., citados por Colazo y Mapletoft, 2014). El sistema tónico produce el nivel basal circulante (pequeños pulsos de forma regular), siempre presente; mientras que, el centro cíclico es estimulado una sola vez durante el ciclo estral, puntualmente en el estro. La función de este sistema es causar una mayor liberación de GnRH, ocasionando así el pico preovulatorio de LH. Lo anteriormente mencionado se da siempre que exista una alta concentración de estrógenos provenientes de los folículos maduros y bajos niveles de P4, lo que genera una retroalimentación positiva sobre el centro cíclico (Jiménez, 2016).

En los ovarios se produce estradiol (E2) e inhibina por los folículos y P4 por el CL. El E2 interviene en el comportamiento sexual, estimula el centro preovulatorio de GnRH y eleva la actividad secretora del aparato reproductor mientras que la inhibina inhibe la secreción de FSH. La P4 inhibe la activación de la GnRH y el comportamiento reproductivo, además de promover y mantener la gestación. El útero produce prostaglandina F2 $\alpha$  (PGF2 $\alpha$ ), la cual provoca la luteólisis y también participa en la ovulación (Jiménez, 2016).

### 2.2.2 Ciclo estral

El ciclo estral bovino representa el patrón cíclico que tiene la actividad ovárica en hembras (Matamoros y Salinas, 2017) con una duración promedio de 21 días (Callejas, 2004). Este ciclo puede dividirse en cuatro etapas (Figura 1): proestro (fase folicular o de regresión lútea), estro, metaestro y diestro (fase luteal, Arthur, Callejas, Roberts, Vatti, citados por Motta et al., 2011).

El proestro dura de 2 a 3 días y es el momento en que por acción de las gonadotropinas se inicia el desarrollo y crecimiento de folículos (Arthur, Roberts, Vatti, citados por Motta et al., 2011). Esta fase se caracteriza por los bajos niveles circulantes de P4 debido a la regresión del CL del ciclo anterior, disminuyendo el feedback negativo de la misma sobre el centro cíclico hipotalámico. Al darse crecimiento folicular aumentan las concentraciones de estrógenos, retroalimentando positivamente el hipotálamo, y así, la secreción de GnRH (Stevenson, citado por Colazo y Mapletoft, 2014).

El estro es el período de aceptación del macho y maduración folicular (Arthur, Roberts, Vatti, citados por Motta et al., 2011). Según Roberts, citado por Motta et al. (2011), la duración del estro es de 18 horas en promedio para zonas templadas. En esta etapa aumentan los niveles de E2 provenientes del folículo dominante preovulatorio, originando un pico de GnRH, induciendo el comportamiento estral y también los picos de LH y FSH (Nett et al., Stevenson, citados por Colazo y Mapletoft, 2014).

El metaestro dura 8 días y es el período de dehiscencia folicular, formación y permanencia del cuerpo lúteo (Arthur, Roberts, Vatti, citados por Motta et al., 2011). Durante esta etapa ocurre la ovulación (Hernández, 2012).

La última fase del ciclo estral es el diestro, dura 9 días y es calificada por Arthur, Roberts, Vatti, citados por Motta et al. (2011) como un período de reposo sexual donde domina el CL. En esta etapa aumenta la concentración de P4 en sangre, ya sea para establecer y mantener la preñez, reanudar el ciclo o evitar que las ondas foliculares que se dan en esta etapa lleguen a la ovulación (Niswender et al., Rahe et al., citados por Colazo y Mapletoft, 2014). Al existir una exposición a P4 durante 12 o 14 días, el CL regresa en respuesta a la secreción de PGF2 $\alpha$  uterina, reiniciándose el ciclo (Ginther, 1974).

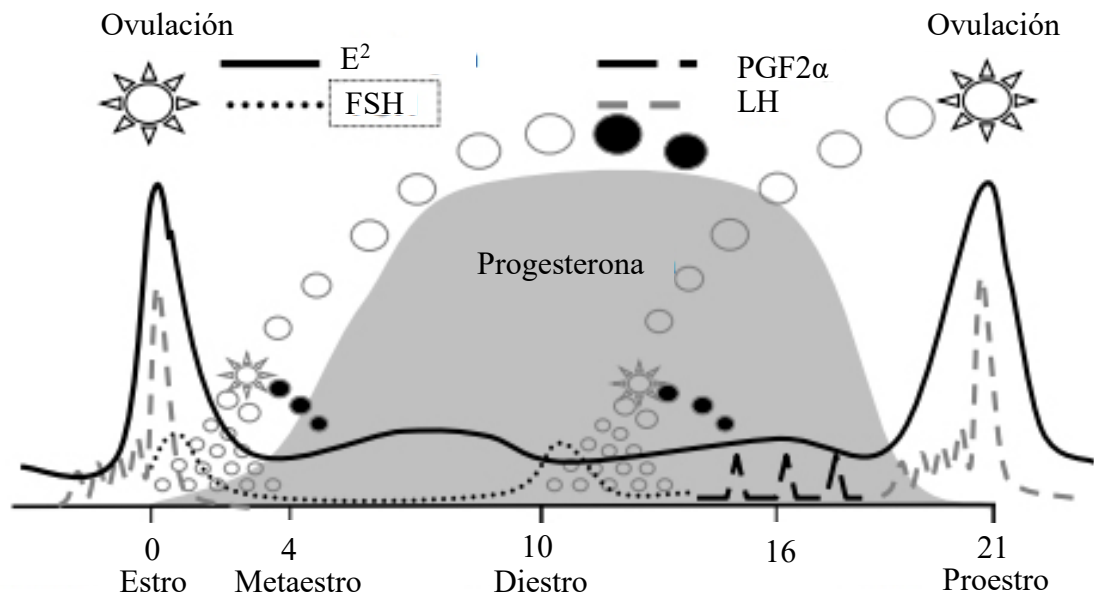


Figura 1. Etapas del ciclo estral

Fuente: tomado de Rippe (2018).

### 2.2.3 Dinámica folicular

El desarrollo folicular ocurre en grupos u ondas foliculares (Figura 1). La mayor parte de las hembras presenta de 2 a 3 ondas por ciclo (Callejas, 2004); siendo la última la que produce la ovulación (Jiménez, 2016).

Son varios los procesos que definen la vida de un folículo. El reclutamiento es el proceso por el cual un grupo de folículos crecen en un medio con niveles adecuados de gonadotropinas. Los folículos reclutados de cada onda establecen una dinámica de competencia por la dominancia, donde solo uno del grupo es seleccionado y logra el

desarrollo que le permite continuar su crecimiento en un medio con bajos niveles de gonadotropinas, mientras que los demás folículos sufren atresia (Henaó y Trujillo, 2000).

La dominancia folicular está mediada por eventos hormonales. Las ondas foliculares se originan en los aumentos periódicos de concentración de FSH; vacas con dos ondas foliculares tienen dos picos de FSH. Esta hormona será suprimida por un feedback negativo ejercido por la inhibina secretada por los folículos en emergencia (Adams et al., 1992). Los aumentos transitorios de FSH les permiten a ciertos folículos adquirir una capacidad de respuesta a la LH, pudiendo sobrevivir sin FSH (Ginther et al., citados por Colazo y Mapletoft, 2014). Es decir que, los perfiles de crecimiento de los distintos folículos (dominantes y subordinados) cambian y el folículo dominante parece tener mayor cantidad de receptores de LH, por eso tiene una ventaja competitiva sobre los folículos que serán subordinados (Colazo y Mapletoft, 2014).

Lo anteriormente mencionado no es irreversible, sino que una larga supresión de LH por aumentos de secreción de P4 durante el diestro, provocaría la muerte del folículo dominante. Así mismo, la FSH circulante comenzaría a aumentar, provocando la emergencia de una nueva onda folicular. Al final de la fase luteal, una disminución en la concentración de P4 permite aumentar la frecuencia de los pulsos de LH (estimulando un mayor crecimiento del folículo dominante y secreción de estrógenos), resultando en un pico de la misma, seguido de la ovulación. Es de esta forma que se reinicia el ciclo (Adams et al., 1992).

La LH estimula solamente folículos que poseen un diámetro mayor a 9 milímetros en taurinos, probando así que el diámetro está relacionado a la cantidad de receptores para LH y la capacidad ovulatoria del folículo. Por lo tanto, el tamaño folicular influenciará el potencial de desarrollo y tamaño de ovocitos (Jolly et al., Witt y Kruij, citados por Motta et al., 2011).

#### 2.2.4 Tiempo prepuberal, peri puberal y pubertad

El ciclo de la vida de un animal tiene cinco etapas importantes: fetal, prepuberal, puberal, reproductiva y senescente; siendo la cuarta fase la más productiva, la cual se mantiene por una cantidad de años para luego descender en la etapa de senescencia (Robinson, 1997). La edad a la primera ovulación es bastante variable, por lo tanto, conocer los eventos fisiológicos ayudaría a adelantar la misma, aumentando la cantidad de ciclos antes de la cópula y así la fertilidad (Byerley et al., 1987). Byerley et al. (1987) reportan una relación positiva entre fertilidad y el inicio temprano de la actividad ovárica al observar que se logran preñeces más exitosas en vaquillonas que hayan atravesado por lo menos dos celos previos al celo del servicio.

En un estudio realizado en vaquillonas para carne pesando  $401 \pm 9$  kg, la primera ovulación ocurrió a las  $63.7 \pm 1.1$  semanas de edad (Honaramooz et al., 2004). Los folículos se evidenciaron a las 2 semanas de edad; mientras que el número de folículos y su diámetro aumentó con patrones similares a las dimensiones ováricas, con un marcado

aumento en el diámetro del folículo mayor durante las 11 semanas previas a la primera ovulación. El diámetro del folículo mayor estuvo positivamente correlacionado con los diámetros de varios segmentos de la genitalia tubular (Honaramooz et al., 2004). Monitoreando los folículos ováricos del mismo grupo de animales a cualquier edad, se vio que vaquillonas prepúberes de razas de carne presentaban ondas de desarrollo folicular similares a las de vacas adultas. Es decir, emerge un grupo de pequeños folículos, se da el mayor crecimiento de un folículo dominante mientras los subordinados regresan, el folículo dominante se mantiene más tiempo en su mayor tamaño para luego sufrir atresia y producirse una nueva onda folicular (Evans et al., citados por Filipiak et al., 2016).

A medida que van madurando las vaquillonas, las concentraciones circulantes de estrógenos van aumentando, sobre todo durante las últimas 12 semanas antes de la primera ovulación (Adams et al., 1994). Por lo general, la primera ovulación en vaquillonas no está asociada con el estro, y el cuerpo lúteo subsecuente es más pequeño y de corta duración que en un ciclo normal (Berardinelli et al., 1979).

En lo que al perfil hormonal respecta, se da un incremento en la secreción de LH y FSH entre las 6 y 24 semanas de edad. En el período peripuberal (4 a 11 semanas previas a la primera ovulación), el aumento de la frecuencia de pulsos de LH generaría el crecimiento de folículos mayores y el incremento de la producción de estradiol. El significado funcional del aumento temprano de la secreción de gonadotropinas no es claro, pero ciertamente estimula el desarrollo del pool de folículos ováricos (Adams et al., 1994). Romero et al. (1995), Araujo (2004) sostienen que el nivel alimenticio tiene influencia sobre la edad a la pubertad. Altos niveles nutricionales permiten un alcance más rápido de la madurez sexual por aumentos tempranos en las frecuencias de pulsos de LH, ondas foliculares mayores, folículos más grandes y mayor secreción de estrógenos (Bergfeld et al., 1994). Esto estimula el crecimiento temprano de un folículo dominante y la producción de estrógeno, hasta que este folículo produzca una cantidad suficiente del mismo para causar el pico preovulatorio de LH (Adams et al., 1994).

### 2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA APARICIÓN DE LA PUBERTAD

La aparición de la pubertad, como cualquier otra característica de manifestación externa, es afectada por factores ambientales, por la constitución genética del individuo y por la interacción genética-medio ambiente (González Padilla, 1978). Ahmadzadeh et al. (2011) detallan estos factores como la genética, la raza, el peso corporal, la tasa de ganancia de peso, la composición corporal, el plano nutricional y alimenticio, así como señales ambientales o sociales (época del año, los fotoperiodos y la presencia o ausencia de toros).

Comprender cómo estos factores afectan el inicio de la pubertad es la clave para mejorar las estrategias de manejo y permitir a los productores tomar decisiones que modifiquen o manejen estos factores. Los principales objetivos serían: reducir la edad a

la pubertad, mejorar la eficiencia reproductiva y aumentar la rentabilidad económica (Ahmadzadeh et al., 2011).

### 2.3.1 Edad

En el ganado para carne, tanto el peso como la edad, son importantes en el inicio de la pubertad (Yelich et al., citados por Araujo, 2004). Yelich et al. (1995) afirman que la pubertad se adelanta al desarrollo total del cuerpo, dando a entender que las hembras pueden multiplicarse antes de que sus órganos estén en plenitud de su capacidad reproductiva.

Para Nelsen et al. (1982) la edad es un factor que puede afectar el inicio de la pubertad en las vaquillonas. Los autores deducen de investigaciones realizadas con cinco razas y sus cruza, que se requiere una edad y un peso corporal mínimos para que las hembras bovinas alcancen la pubertad. Según trabajos experimentales en condiciones de campo realizados por Velazco y Quintans (2009), las vaquillonas cruza británicas alcanzan la pubertad entre los 16 y 17 meses de edad, cuando logran buenas tasas de ganancias invernales. Para Prieto y Hernández (1993) los datos de edad a la pubertad son más consistentes que los de peso, concluyendo que, en animales bajo un buen plano nutricional, la edad es un factor más determinante sobre la pubertad que el peso.

Faure y Morales (2003b) afirman que el peso es más importante que la edad, ya que determina el momento de inicio a la pubertad, aunque siempre es necesaria una edad mínima. Esta edad mínima necesaria para que una determinada raza sea susceptible a alcanzar la pubertad se obtiene con el 65% del peso adulto (Brody, citado por Araujo, 2004). Por otro lado, Greer (1984) considera que, aunque la edad a la pubertad no está determinada por un peso específico, si lo está por un orden indeterminado de condiciones fisiológicas que resultan en un peso dado.

La edad tardía y el bajo peso a la pubertad se deben al manejo nutricional durante el crecimiento de las vaquillonas: por bajas ganancias de peso y períodos de restricción nutricional después del destete (Hernández, 2008). Concordando con la idea, Arije y Wiltbank (1974), afirman que la tasa de crecimiento resulta inversamente proporcional a la edad a la pubertad en vaquillonas.

Bajo circunstancias normales, una hembra no entrará en pubertad hasta que no alcance un estado de crecimiento mínimo que le asegure la capacidad de tener y cuidar una cría. Por esta razón, la pubertad está más pobremente relacionada con la edad cronológica y más fuertemente con el estado de desarrollo, peso vivo y presencia de adecuadas reservas corporales (Lindsay et al., citados por Quintans, 2002). Siguiendo con esta idea, Araujo (2004) afirma que el efecto de la edad y el peso pueden ser minimizados por el efecto de las condiciones ambientales y de manejo. Como resultado, es muy difícil establecer parámetros e incluso poder llegar a comparaciones entre razas para que determinado individuo alcance la pubertad, ya que son muy amplias las diferencias que se pueden encontrar entre razas e incluso dentro de una misma raza.

### 2.3.2 Tamaño y peso vivo

Resende et al. (2010) afirman que en mamíferos el desarrollo de la pubertad es retardado cuando el crecimiento es restringido. Este parámetro está asociado al peso corporal, tasa de crecimiento, porcentaje de grasa y relación entre grasa y proteína corporal. Los mismos indican que la prioridad de requerir nutrientes y energía varía entre los órganos y el estado fisiológico del animal durante el crecimiento. Por ejemplo, el sistema nervioso tiene una alta prioridad en crecimiento. Por lo contrario, el sistema reproductivo tiene una prioridad considerada baja, resultando una dieta deficiente en nutrientes perjudicial para los órganos y tejidos con baja prioridad.

Según Quintans (2008b) una ternera debería alcanzar entre el 65 y 70% de su peso adulto para comenzar a ciclar, entre otros factores. Para Brody (1964) la pubertad se obtiene con el 65% del peso adulto en todas las especies, y con el 75% para Flores y Sampedro (2013); afirmando que, si se parte de esa base, es posible asegurar un buen desarrollo reproductivo de la vaca. Para Roy, citado por Araujo (2004) este porcentaje varía entre razas, ya que sostiene que la pubertad se alcanza aproximadamente cuando el animal obtiene un 50% del peso total adulto en razas cárnicas.

Según Yelich et al., citados por Araujo (2004), el peso necesario para alcanzar la pubertad en vaquillonas Hereford se da entre 260 y 300 kg, mientras que en Aberdeen Angus entre 230 y 250 kg. Para estos autores la pubertad está relacionada con el peso en algunas especies, y con la edad en otras; en el bovino ambos son importantes en la determinación de la pubertad.

Otro punto importante para lograr pesos adecuados al entore son los kilos que tiene la ternera al destete. Si se parte de pesos bajos, cuesta más llegar al peso del primer servicio, aunque haya buena disponibilidad de forraje o se cuente con reservas forrajeras. En este caso la suplementación debe planificarse para esos requerimientos (Flores y Sampedro, 2013).

Greer (1984) demuestra en su trabajo que, si se utilizan diferentes planos de alimentación, uno bajo y otro alto, en grupos de terneras luego de su destete; aquellas que fueron mejor alimentadas exhiben el primer estro a menor edad promedio y mayor peso promedio que el otro grupo. Por su parte, Quintans y Roig (2008a) señalan que en las condiciones pastoriles de Uruguay es común observar animales que entran en celo en el otoño temprano y luego caen en anestro en invierno, principalmente por bajos niveles nutricionales.

### 2.3.3 Frame score

Uno de los indicadores que permite estimar el potencial productivo de un animal es el frame score, sistema creado por las universidades de Wisconsin y Missouri en Estados Unidos. Este sistema se basa en la medición de la altura del anca y fluctúa entre 1 y 11 (Pérez y Lira, 2018).



La altura de un animal a cierta edad se puede usar como indicador de la curva de crecimiento potencial, patrón de engrasamiento y tamaño que tendrá cuando alcance la madurez sexual. Dentro de lo que son tendencias generales, los animales más altos crecen más rápido y depositan menos grasa. A su vez, según la raza, se logra la madurez reproductiva a un peso y altura dados; donde animales más altos tendrán una madurez más tardía que animales con menor altura al anca (Figura 2, Pérez y Lira, 2018). En la misma línea, Quintans (2008b) relaciona el tamaño con los requerimientos de mantenimiento; es así que, si el 70% de lo que consume un animal es destinado al mantenimiento, animales con mayores tamaños adultos requieren una mayor alimentación para cubrir sus necesidades básicas. Quintans (2008b) destaca que en sistemas pastoriles existe una relación desfavorable entre el tamaño de la vaca y su performance reproductiva.

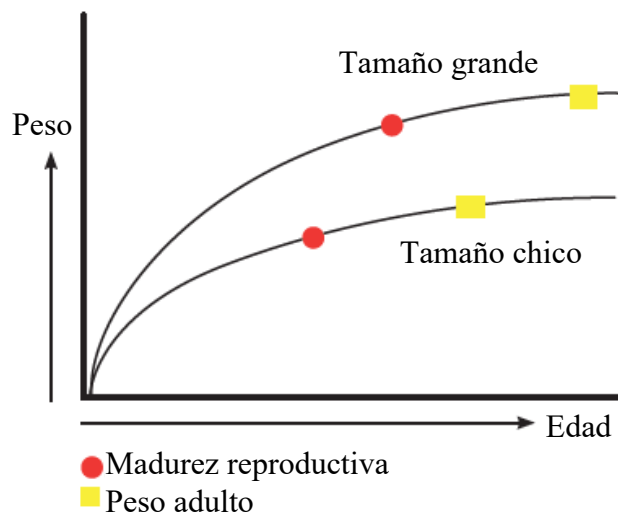


Figura 2. Curvas de crecimiento para animales de estructura grande y pequeña

Fuente: tomado de Pérez y Lira (2018).

La curva de crecimiento de un animal se caracteriza por ser más rápida en los comienzos de la vida, para luego pasar a ser más lenta a medida que la edad del animal aumenta, volviéndose más estable hasta detenerse. Cada animal tiene su propia curva de crecimiento, con el frame score se relaciona la curva de crecimiento de un animal con su edad y altura, determinando así una medida que será la misma para ese animal, independiente del crecimiento del mismo. Para estimar el frame de un animal se debe conocer la edad y altura del mismo. Se puede calcular a través de fórmulas para machos y hembras, o a través de tablas que proporcionen buenas aproximaciones (Pérez y Lira, 2018).

Según el frame, los animales se pueden dividir en varios grupos, ajustándose a distintos sistemas de producción. El primer grupo es el de animales de pequeño tamaño y madurez temprana (frame 1 y 2); estos tienen bajos costos de mantenimiento, alcanzan su

peso de faena y terminación adecuada a los 150-180 kg de canal. El segundo grupo corresponde a animales de tamaño medio y madurez moderada (frame 3, 4 y 5), con potenciales de crecimiento medios, por lo general son razas británicas con buen desarrollo muscular, alcanzando peso de faena con canales de 200 a 350 kg. El tercer grupo comprende animales de tamaño grande y madurez tardía (frame 6, 7 y 8); estos tienen altos potenciales de crecimiento, son magros y alcanzan pesos de faena más tarde, con canales de 350 a 450 kg. Por último, se encuentra un grupo de tamaño extremo y madurez muy tardía (frame 9, 10 y 11), son animales con gran potencial de crecimiento y extremadamente magros, los que por lo general no logran un adecuado engrasamiento.

La elección del frame determina el momento en que las hembras alcanzan el peso para ser servidas. Al considerar que las hembras pueden quedar preñadas con el 60% de su peso adulto, una hembra de frame 5 llega a esta condición a los 320 kg, mientras que, una hembra de frame 7 deberá llegar a los 360 kg (Pérez y Lira, 2018). Es de suma importancia destacar que los cálculos de frame score son para animales que crecen en condiciones sin restricciones alimenticias o de crecimiento constante (Bidart, 1990).

Cuadro 1. Relaciones entre frame score, peso maduro de vacas y peso de faena en novillos

Frame	Categoría	Peso madurez de vaca	Peso faena novillo
2	Chico	433	386
3		467	431
4		499	476
5	Medio	533	522
6	Grande	567	567
7		599	612
8		633	658
9		667	703

Fuente: tomado de Pérez y Lira (2018).

#### 2.3.4 Genotipo

Si bien falta información acerca de la heredabilidad de la aparición de la pubertad, existe una gran variación en el peso y edad a la misma entre diferentes razas de bovinos manejados en igualdad de condiciones ambientales. Esto indica que la genética juega un papel muy importante (González Padilla, 1978).

Con respecto al biotipo, se ha observado que las vaquillonas *Bos taurus* son más precoces en llegar a la pubertad que las vaquillonas *Bos indicus* (Gregory et al., Freetly y Cundiff, Thallman et al., Rodríguez et al., citados por Quintans y Roig, 2008a). Faure y Morales (2003b) explican que la causa inmediata de que el ganado *Bos indicus* presente la pubertad a edad más avanzada que el ganado *Bos taurus*, radica en el sistema endocrino.

El mismo controla el ciclo reproductivo, existiendo una diferencia racial en el tamaño del CL, secreción de P4 y liberación de LH en respuesta a las altas concentraciones de estradiol. Esto habla de un mecanismo de retroalimentación del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal constitutivo de estos dos genotipos.

Las razas británicas tienen características reproductivas que las diferencian de los genotipos europeos e índicos (Rovira 1996, Freer 2003), y que les confieren ventajas competitivas cuando se utilizan en cualquier sistema extensivo de producción de raza pura o de cruzamiento, especialmente en climas templados. Las pautas de selección primarias en la cría de razas británicas se han basado en sistemas sobre pasturas. Esta selección ha resultado en animales que reflejan alta eficiencia en la conversión de pasto, alta fertilidad, docilidad, tamaño moderado y madurez fisiológica media. Siendo los anteriores requisitos previos a alcanzar una alta capacidad de terminación y carne de muy buena calidad (Freer, 2003).

Laster et al. (1972) señalan que en general las razas de menor tamaño llegan a la pubertad a edad más temprana, ya que es posible que la selección para genes que controlan el tamaño de la raza, controlen también otros rasgos genéticos ligados como la edad a la pubertad. Por otro lado, es importante destacar que dentro de una misma raza pueden existir variaciones de peso a la pubertad. Estas variaciones se deben principalmente al manejo nutricional previo o a diferencias en tamaño adulto que implican requerimientos diferentes (Quintans y Roig, 2008a).

González Padilla (1978) atribuye a la heterosis o vigor híbrido el hecho que animales de raza pura alcanzan la pubertad más tarde que los animales cruce. Debido a su mayor ganancia diaria de peso, Rovira (1996) indica que las cruces llegan en menos tiempo que las puras a un mismo peso. Para el autor es interesante comparar las cruces, no solo con el promedio de las dos razas parentales, sino con la raza superior en la característica que se estudia.

Gregory, citado por Quintans y Roig (2008a), encontró que vaquillonas cruce Brahman y Hereford llegaron a pubertad 76 días más tarde y con 36 kg más de peso que el promedio de las cruces Hereford y Aberdeen Angus. Las últimas presentaron 90% de celo a los 340 kg, mientras que las Brahman x Hereford presentaron 86% de celo a los 370 kg. Demostrando que el cruzamiento de razas de aptitud carnífera suele lograr la pubertad a edad más temprana, por un efecto propio de la heterosis.

La expresión del mérito genético en reproducción está a menudo afectada por el manejo y la nutrición, así como un uso incorrecto de los sistemas de registros, generando que la estimación de valores genético-aditivos sea una tarea difícil. La mayor parte de los animales se reproducirá cuando las condiciones se encuentren próximas a las óptimas, pero cuando son menos favorables, sólo aquellos con alto mérito para su adaptación reproductiva podrán perpetuarse (Morris, citado por Urioste, 2008).

### 2.3.5 Factores ambientales y bioestimulación

Faure, citado por Araujo (2004), plantea que cuando se estudian variables ambientales en relación con la fisiología animal, se deben tener en cuenta entre ellas: temperatura, humedad, radiación, entre otras. En la modulación estacional de la aparición de la pubertad, esta se acompaña por cambios en el volumen del ovario y desarrollo folicular (Hansen et al., 1983). A su vez, Schillo et al. (1992) afirman que los efectos de las condiciones ambientales sobre el inicio de la pubertad en el ganado podrían atribuirse a la duración del día en conjunto con las demás variables mencionadas anteriormente.

Se ha encontrado que la época de nacimiento demora el inicio de la pubertad en las vaquillonas (Nelsen et al., 1985) asociado a un fotoperiodo determinado. Aquellas nacidas en primavera y con un nivel nutricional alto durante su crianza alcanzan la pubertad a una edad más temprana, debido a que durante su época de maduración no pasaron un invierno, explicado en términos de la extensión del fotoperiodo (Grass et al., citados por Araujo, 2004). Por el contrario, Greer (1984) no detectó ningún efecto de la época de nacimiento sobre la edad en la pubertad en vaquillas de carne.

La exposición a temperaturas primavero-estivales y fotoperiodos largos durante el período postnatal tardío, reduce la edad a la pubertad de la ternera, independientemente de la estación de nacimiento. Hay evidencia que la melatonina, una hormona pineal, está involucrada en la señalización de los estímulos fotográficos en los sistemas neuroendocrinos que influyen en la secreción de LH (Schillo et al., 1992).

Schillo et al. (1992) afirman que se ha demostrado que las temperaturas influyen retrasando el inicio de la pubertad. Estos autores citan a Grass et al., quienes explican que la incidencia de este factor durante la foliculogénesis (en la etapa prepuberal) está mediada por alteraciones en la secreción de la LH. Según estos autores cuando la temperatura disminuye y la humedad relativa se incrementa durante el período prepuberal, se retarda la madurez reproductiva. También las altas temperaturas provocan un retardo de la pubertad según Faure y Morales (2003b), ya que se relacionan con un bajo consumo de alimento y un retraso del crecimiento. Lo que posiblemente esté vinculado a la elevación de la tasa de glucocorticoides en sangre, y a la disminución de la secreción de hormonas tiroideas, que se presenta en el estrés por calor.

La bioestimulación ha sido identificada como un factor que podría adelantar el comienzo de la actividad reproductiva cuando terneras prepúberes son expuestas a machos o hembras androgenizadas (Quintans y Roig, 2008a). Bronson y Manning (1991) reportaron que el estímulo de la feromona del macho induce la maduración del sistema de retroalimentación positiva que controla la función ovárica. La misma causa una liberación de LH, llevando a un aumento en la secreción de estrógeno ovárico.

### 2.3.6 Nutrición

El nivel nutricional es probablemente el factor más importante involucrado en la aparición de la pubertad, ya que, al tener un efecto sobre el crecimiento, influye modificando la edad y el peso a la pubertad (González Padilla, 1978). En la fase de crecimiento se determina el comportamiento reproductivo de las hembras de reemplazo según Romero et al. (1995). Los autores explican que es en esta etapa donde la alimentación juega un papel decisivo y desencadenante, debido a que las deficiencias en la disponibilidad y oferta de nutrientes afectan la velocidad de crecimiento.

Romero et al. (1995) comparan la edad a la pubertad de terneras alimentadas con el 100 y el 150% de los requerimientos, calculados mediante NRC. Los animales que recibieron el nivel de alimentación de 150%, lograron mayor peso a la pubertad y una menor edad, 19 meses. Las terneras mantenidas con el nivel 100% llegaron a la pubertad a los 20 meses, siendo esta diferencia significativa.

Las ganancias de peso entre el destete y la pubertad, tanto la ganancia total, como el aumento de peso diario promedio, son las variables más relacionadas con la edad y el peso a la pubertad. Las correlaciones son altas y negativas, es decir que, a mayor ganancia de peso post destete, menor edad a la pubertad, ya que las terneras que tienen que ganar más kilos para llegar a la pubertad son aquellas más livianas al destete y que, por lo tanto, demandan más tiempo (Rovira, 1996).

Según Flores y Sampetro (2013) para lograr un adecuado crecimiento, peso y desarrollo genital al servicio y posterior preñez, los animales deben contar con una adecuada alimentación que permita tener ganancias de peso en todo su período de recría y durante el servicio. Afirmando esto, Quintans y Roig (2008a) indican que vaquillonas con pesos similares al momento del servicio pueden diferir en el estatus ovárico; remarcando el concepto de que, la evolución de peso previo al momento del servicio puede afectar la actividad ovárica.

#### 2.3.6.1 Composición de la dieta

En animales en crecimiento, las deficiencias en cualquiera de los nutrientes ya sean proteína, energía, macro o micro minerales, vitaminas y agua generan inhibición de la síntesis de proteínas específicas como los factores de crecimiento. En este tipo de situaciones, las tasas de ganancia de peso y el desarrollo de los diferentes segmentos del tracto reproductivo se alteran, los animales retrasan la edad a la cual llegan a la pubertad, demorando la entrada a la vida reproductiva (Campos y Hernández, 2008).

El efecto de la proteína de la dieta en la reproducción es complejo. En general, cantidades inadecuadas de proteína en la dieta reducen la producción de leche y el desempeño reproductivo. A su vez, deficiencias de proteínas, disminuyen los niveles de proteínas de reserva o de transporte en la sangre, hígado y músculos, lo que predispone al

animal a diversas enfermedades que puede conducir a no alcanzar la madurez sexual o incluso, la muerte (Campos y Hernández, 2008).

De la misma manera, el consumo inadecuado de energía inhibe la función ovárica según Pinos y Sánchez (2001). Esto se debe a la disminución en la secreción hipotalámica de LH. Se cree que el balance negativo de energía disminuye la frecuencia con la que el generador de pulsos del hipotálamo induce a los factores liberadores de GnRH. Además, el eje hipotálamo hipófisis se vuelve hipersensible a las bajas concentraciones de estradiol que están siendo producidas por el ovario de la vaquillona durante la época pre púber. Es importante destacar que diversos metabolitos sanguíneos y factores endocrinos han sido implicados como mensajeros de dichos procesos.

Trabajos realizados por Krause et al. (2003) indican que vaquillonas alimentadas con un mayor contenido energético, alcanzaron la pubertad a una edad más joven y mayor peso que las alimentadas con la dieta de menor contenido de energía ( $372 \pm 7$  vs.  $435 \pm 9$  días de edad en la pubertad). Por otro lado, el tamaño de los folículos en la pubertad no difirió entre los grupos (12.67 mm vs. 12.40 mm). El intervalo medio entre la detección del primer folículo ovulatorio, y el tiempo de ovulación, tampoco difirió significativamente entre ambos grupos. Imakawa et al., citados por Pinos y Sánchez (2001), realizaron otro experimento con vaquillonas, alimentadas con tres niveles de energía: bajo, medio y alto. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la concentración y frecuencia de pulsos de LH fueron mayores en las hembras alimentadas con la dieta alta en energía, en comparación con las restantes.

#### 2.3.6.2 Efecto de la nutrición en la secreción de hormonas reproductivas y metabólicas

Los cambios aparentes en el estado metabólico (por aumento de peso o grado de gordura), provocan cambios complejos en las hormonas metabólicas y los metabolitos involucrados, ya que pueden transformarse en señales neuronales hipotalámicas que conducen al inicio de la pubertad. Por eso se deduce que el impacto de la nutrición en las hormonas metabólicas y los metabolitos es importante (Ahmadzadeh et al., 2011).

En la misma línea, Kennedy, citado por Araujo (2004), afirma que la forma en que los factores nutricionales inciden sobre los mecanismos endocrinos de la reproducción es de difícil explicación. Sin embargo, se evidencia que el grado de nutrición afecta la tasa de crecimiento, y ésta, a su vez, determina el grado de desarrollo, el cual es responsable a nivel de los centros reguladores de la secreción de gonadotropinas.

Según Imakawa et al., Wiltbank et al., citados por Quintans y Roig (2008a), la restricción alimenticia potencia el mecanismo inhibitorio de los estrógenos (feedback negativo prepuberal). Esto produce una disminución de la liberación de GnRH desde el hipotálamo, y, por ende, en la frecuencia de secreción de gonadotropinas (particularmente LH), generando la ausencia de estimulación ovárica. Siguiendo con esta idea, Schillo et al. (1992) afirman que el estado nutricional afecta la pulsatilidad de LH en vaquillonas en

desarrollo; mientras que Fitzgerald et al. (1982) determinaron que la secreción de LH durante el período pre púber se ve afectada por el grado de nutrición.

Muchos son los factores metabólicos implicados como mediadores de la nutrición en la reproducción, ya que no existen evidencias que favorezcan a uno sobre otro. La concentración de glucosa en sangre es el indicador más importante, ya que es la fuente principal de energía utilizada por el sistema nervioso, por lo que es probable que el hipotálamo reconozca cambios en las concentraciones del compuesto (Rutter et al., citados por Pinos y Sánchez, 2001).

## 2.4 ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN PARA REEMPLAZOS

En Uruguay la mayoría de la actividad de cría y recria se realiza sobre campo natural (Quintans, 2006). Este recurso natural y abundante en el país tiene una curva de producción de forraje muy característica y definida como se verá a continuación.

Durante el otoño-invierno, época en la cual ocurre el destete y post destete, existe una menor cantidad de forraje producido en comparación con las otras estaciones (Bermúdez y Ayala, 2005). Al coincidir con la época de menor oferta de pastura natural, la recria enfrenta un escenario donde la alimentación está naturalmente restringida.

Observando la curva de producción estacional de forraje, como la producción de Materia Seca (MS) por hectárea de la Unidad Alférez (Figura 3), se puede apreciar que la producción de MS pasa de un máximo de 1206 kg MS/ha en verano, a un mínimo de 364 kg MS/ha en invierno.

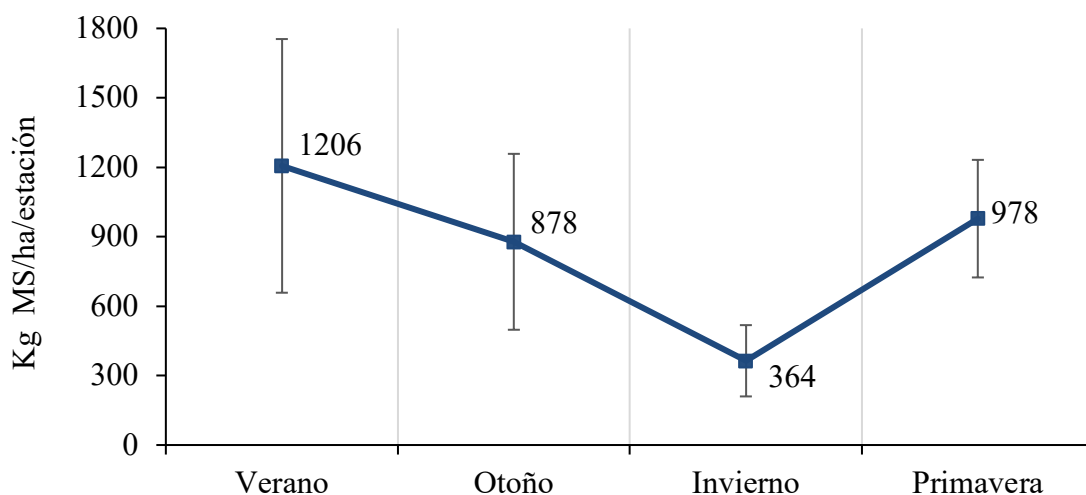


Figura 3. Producción mensual (media y desvío estándar) de forraje de campo natural sobre Unidad Alférez entre 1992 y 2004

Fuente: tomado de Bermúdez y Ayala (2005).

Bermúdez y Ayala (2005) concluyen que la producción de MS presenta una estacionalidad muy marcada, y que en primavera, verano y otoño es donde se pueden esperar cambios en la producción por efectos climáticos. Pero no así durante el invierno, donde el clima no es capaz de generar cambios sustanciales. Esto afirma aún más que las deficiencias son casi un factor permanente en la producción de forraje en invierno. Según Quintans et al. (2003) es común observar vaquillonas de sobreaño en celo en otoño y que dejan de manifestarlo en invierno, cesando su actividad cíclica, y entrando en un anestro nutricional.

La baja producción de forraje que ocurre en la Unidad Alférez ocurre también en otras zonas criadoras del país. Quintans (2006) resume en el Cuadro 2 la distribución de la producción de forraje como porcentaje en las distintas Unidades de Suelo más representativas donde se realiza recria.

Cuadro 2. Distribución estacional (%) de producción de forraje en algunos suelos de zonas criadoras

Suelo	Verano	Otoño	<b>Invierno</b>	Primavera	Autores
BASALTO Unidad Queguay chico (profundo)	31,4	21,1	<b>15,7</b>	31,7	Berreta y Bemhaja (1998)
BASALTO Unidad Queguay chico (superficial)	33,3	21,5	<b>15,1</b>	30,1	Berreta y Bemhaja (1998)
CRISTALINO Unidad Sierra de Polanco (suelo de sierras)	41,5	27,5	<b>5,0</b>	26,0	Ayala et. al. (1993)
CRISTALINO Unidad Alférez (suelo de lomadas)	38,0	23,4	<b>9,7</b>	28,9	Ayala et. al. (2001)
SUELOS ARENOSOS	49,0	13,0	<b>7,0</b>	31,0	Bemhaja (2001)

Fuente: tomado de Quintans (2006).

Se deduce del Cuadro 2 que en condiciones climatológicas regulares el campo natural produce menor cantidad de MS en invierno, estación en la cual los requerimientos para la recria son altos.

Además, Quintans (2006) afirma que no solo es deficiente la cantidad, sino que también lo es la calidad de la pastura. Sampedro (2017) afirma que, para lograr satisfacer



las deficiencias de la pastura natural en invierno, es importante cubrir los nutrientes limitantes en el forraje: proteína y energía. Esto ayudaría a que las ganancias de peso sean mayores. Acompañando esta idea, Carámbula (1997) expresa que una de las dificultades que se presenta en el invierno es la falta de energía, ya que la baja producción de las pasturas naturales en invierno contribuye a disminuir el consumo.

Quintans et al. (1993) concluyen que la mala calidad del forraje producido en invierno se debe a dos factores principales. Por un lado, en esta estación, es común que se acumulen restos secos de estaciones anteriores, las cuales poseen altas tasas de crecimiento como lo son el verano y otoño. Por otra parte, la ocurrencia de heladas, característica de esta época, también afecta a la calidad de la pastura. Ambos eventos repercuten en la digestibilidad de la materia orgánica y en el contenido de proteína cruda de la misma, siendo contenidos muy bajos para una pastura de la cual se esperan ganancias considerables (Saldanha, 2005).

La deficiencia presentada por este recurso natural se puede visualizar en la siguiente gráfica (Figura 4) elaborada por Quintans y Vaz Martins (1994a). La misma describe cómo evoluciona el peso de las terneras desde el destete hasta superar el segundo invierno, pastoreando campo natural. Se puede observar que luego de destetadas, las terneras sufren el efecto de la restricción permanente del amamantamiento, además de sentir la escasa oferta forrajera a la que son sometidas. Estas pérdidas de entre 10 y 15% de su peso vivo conducen a un desarrollo deficiente, ya que están atravesando una etapa crucial para lograr convertirse en vientres productores de terneros (Quintans, 2002).

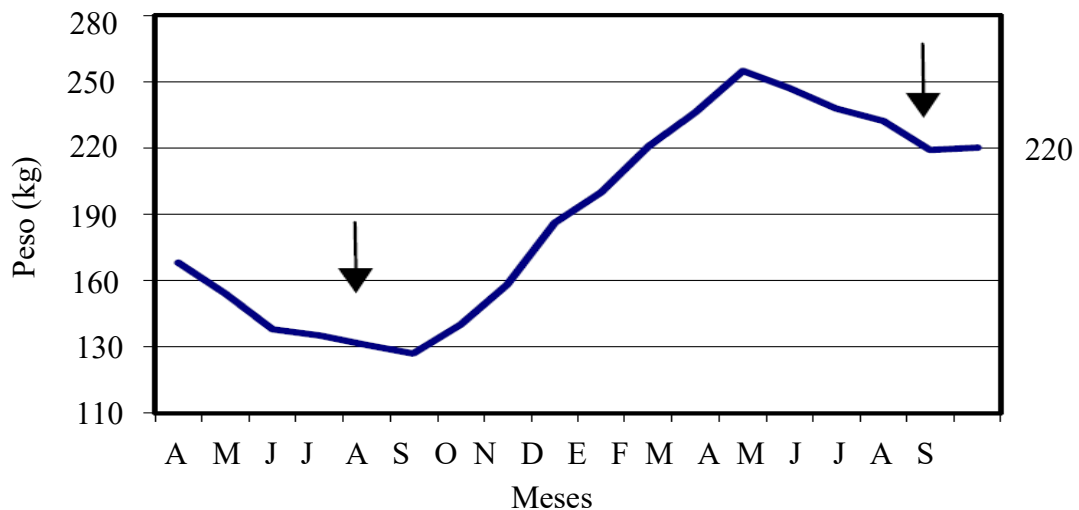


Figura 4. Evolución de peso de terneras desde el destete hasta la salida del segundo invierno, manejadas sobre campo natural en la zona Este (Unidad Alférez)

Fuente: tomado de Quintans y Vaz Martins, citados por Quintans (2002).

Dentro de las medidas de manejo que se pueden realizar, se diferencian dos grandes grupos. En primer lugar, diferir la producción de pasto de primavera y verano para compensar la baja producción de otoño e invierno. Esta herramienta, si bien es interesante, mantiene el problema de baja calidad que se detalló anteriormente. Es aquí donde la suplementación invernal se presenta como una alternativa frente a la deficiencia nutricional sufrida en el período post destete, fácil de implementar y sin realizar cambios sustanciales en los distintos sistemas productivos. Esta suplementación debe ser suficiente tanto en cantidad como en calidad para que las terneras lleguen a tener ganancias de peso durante el invierno, y así alcanzar la pubertad antes que aquellas que presenten pérdidas en este mismo período (Barreto y Negrín, 2005). En este sentido Simeone y Beretta (2004) señalan que para evaluar la viabilidad bio-económica de una propuesta concreta de suplementación, es fundamental disponer de los coeficientes técnicos que permitan predecir la respuesta biológica: ganancia diaria y eficiencia de conversión.

En el Cuadro 3 se resumen algunos resultados de trabajos realizados en Uruguay, suplementando terneras durante su primer invierno luego de ser destetadas. En el primer caso, suplementaciones con afrechillo de arroz al 0.7% del PV generaron ganancias diarias de 193 g/animal/día (Quintans et al. 1993, Quintans y Vaz Martins 1994a).

Cuadro 3. Tasas de ganancias de terneras en su primer invierno bajo distintos manejos alimenticios (trabajos realizados en la UEPP- Unidad Alférez)

Pastura	Disponibilidad (Kg/ha MS)	Carga (UG/ha)	Suplementación		Tasa de ganancia (gr/a/d)	Autores
			Tipo	Cantidad (%PV)		
CN	1500	0,85	AA crudo	0,7	193	Quintans et al. (1993)
			-----	0,0	-100	
CN	2800	1,3	AA crudo	0,7	200	Quintans y Vaz Martins (1994a)
			E. girasol	0,7	200	
			Sorgo mo.	0,7	100	
			-----	0,0	-50	
CN	2000	0,7	AA desgr.	1,5	230	Quintans (1994b)
			-----	0,0	-82	
CN	1490	0,83	AA crudo	1,0	303	Campos et al. (2002)
	1438	0,83	Ración c.	1,0	324	
	1364	0,83	-----	0,0	-225	

CN = campo natural, AA = afrechillo de arroz, Ración c.= ración comercial con 20.9% de proteína, E. = expeller, mo. = molido, desgr. = desgrasado, PV = peso vivo.

Fuente: adaptado de Quintans (2006).

Straumann (2006), Luzardo et al. (2014) concluyen en sus trabajos que las ganancias en primavera y verano posteriores al primer invierno no logran revertir el efecto

de una pérdida de peso durante el invierno pos destete. Si bien Costa et al. (2007) establecen ganancias en primavera de 808 g/a/día para campos mejorados de la zona Este del país; por su parte Barreto y Negrín (2005) concluyen que el peso en sí mismo no es tan relevante para alcanzar la pubertad, sino que la distribución estacional de la ganancia de peso es más importante. Por lo tanto, la suplementación en esta estación del año en particular cobra aún más importancia.

#### 2.4.1 Requerimientos nutricionales para entore de 2 años

Para responder a los requerimientos nutricionales necesarios para entorar exitosamente vaquillonas de 2 años se debe, en primer lugar, fijar objetivos que permitan predecirlos. Suponiendo que se conoce el peso vivo de las terneras una vez destetadas, se debe tener como objetivo un peso al cual se quiera llegar al final del primer invierno. En segundo lugar, y como consecuencia del primero, obtener las ganancias diarias que se quieren lograr.

A continuación, se detalla en el Cuadro 4, los requerimientos energéticos según Rovira (1996) para las diferentes ganancias diarias.

Cuadro 4. Requerimientos nutritivos expresados en Mcal EM/día de terneras en crecimiento

Peso vivo (kg)	Ganancia de peso (kg/día)				
	0,000	0,250	0,500	0,750	1,000
100	4,2	5,6	6,8	7,8	9,0
150	5,6	7,6	9,0	10,5	12,0
200	7,0	9,3	11,5	13,2	15,1
250	8,2	11,2	13,4	15,1	17,5
300	9,4	12,9	17,3	20,0	22,9

Fuente: tomado de Rovira (1996).

Cuadro 5. Requerimientos de proteína bruta (kg/día) de terneras en crecimiento

Peso vivo (kg)	Ganancia de peso (kg/día)		
	0	0.3	0.6
200	0.301	0.396	0.584
250	0.357	0.497	0.624

Fuente: tomado de Mac Loughlin (2009).

Las exigencias de proteína del ganado de carne, expresadas como gramos diarios de proteína metabolizable que el animal debe ingerir, serán función de las necesidades de mantenimiento del animal, del estado fisiológico, y del nivel de producción, más específicamente de la tasa de ganancia de PV esperada en el caso de ganado en crecimiento y terminación (Simeone y Beretta, 2000).

## 2.5 DIAGNÓSTICO DE ACTIVIDAD OVÁRICA

El diagnóstico de actividad ovárica (DAO) es una técnica que permite evaluar el grado de actividad ovárica de una hembra vacuna. Se realiza a través de ultrasonografía, recorriendo los dos ovarios. Las vaquillonas presentan anestros prepuberales y postpuberales, los cuales generalmente son consecuencia de balances nutricionales negativos. Vacas adultas presentan anestros posteriores al parto, con duraciones variables según la condición corporal, balance energético y amamantamiento (Quintans, 2016). Según Quintans (2016) la mayor utilidad del DAO es que, a través del estatus ovárico, permite proyectar la probabilidad de preñez y posibilita corregir escenarios adversos a través de la implementación de las medidas de manejo correspondientes.

Al ver un embrión se confirma la preñez, y si se observa CL se clasifica como ciclando. Si no se observa embrión ni cuerpo lúteo, el animal se clasifica como en anestro. Dependiendo del tamaño del folículo con mayor diámetro observado se clasifica como anestro profundo (AP), con folículos pequeños en los dos ovarios, no superando el mayor de ellos los 7mm de diámetro; o anestro superficial (AS), donde el diámetro del folículo mayor es de 8mm o más (Quintans, 2016).

## 2.6 HIPÓTESIS

Terneras suplementadas durante su primer invierno con afrechillo de arroz entero (1% PV) o bloques proteicos (*ad libitum*) en campo natural, tendrán mayor velocidad de crecimiento y mayores ganancias diarias, anticipando la ciclicidad.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

##### 3.1.1 Localización y período experimental

El ensayo se realizó en la Unidad Experimental Palo a Pique (UEPP), dentro de la sede del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Treinta y Tres, a 33°15'43.4" latitud Sur 54°28'59.7" longitud Oeste. La misma se ubica en el kilómetro 282 de la ruta 8, departamento de Treinta y Tres, Sureste del Uruguay (ver Anexo 1).

El ensayo tuvo una duración de 509 días (16 meses), iniciando el 7 de junio del 2018 y finalizando el 29 de octubre del 2019.

##### 3.1.2 Caracterización climática y de tiempo atmosférico

A continuación, se presentan los datos de temperaturas y precipitaciones obtenidos de la estación meteorológica de la UEPP, registradas durante el período experimental, junto con los promedios históricos (1971 a 2019) de cada variable.

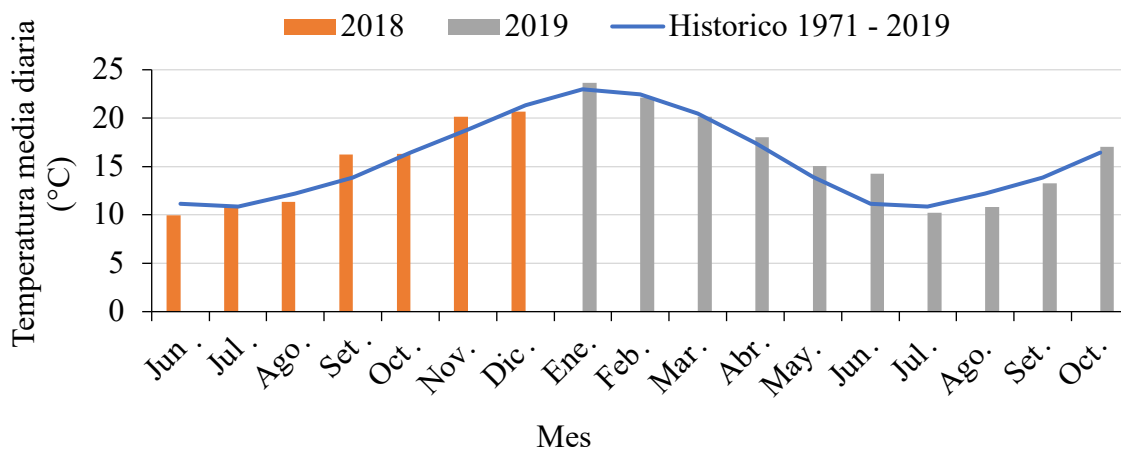


Figura 5. Temperaturas promedio mensuales y promedio histórico

Fuente: tomado de INIA. GRAS (2020).

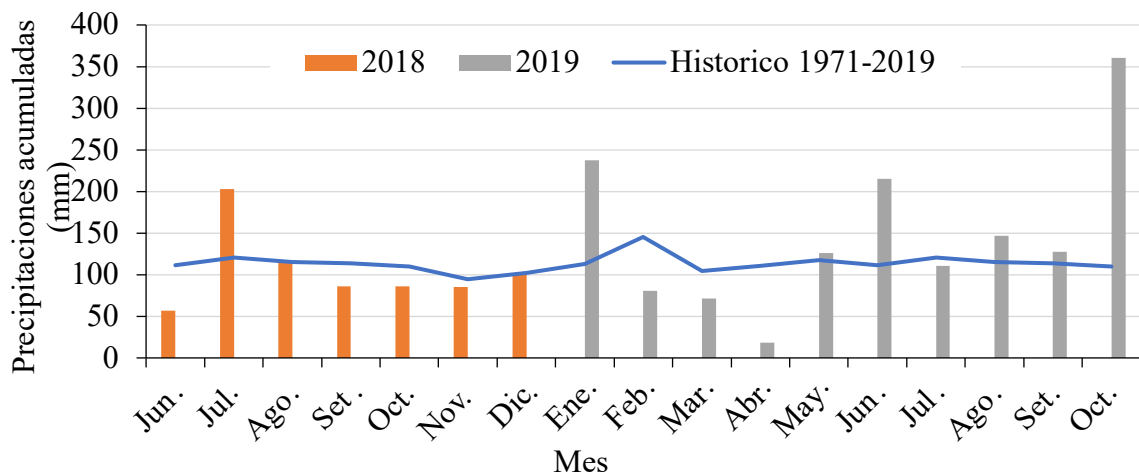


Figura 6. Precipitaciones mensuales acumuladas y promedio histórico

Fuente: tomado de INIA. GRAS (2020).

### 3.1.3 Suelos

El experimento se realizó sobre suelos de la unidad Alférez, en la cual predominan suelos del grupo de los Argisoles.

### 3.1.4 Animales

El 7 de junio del 2018, 101 terneras se destinaron a este experimento, de las cuales 75 fueron cruce de las razas Hereford y Angus, y 26 Angus puras, todas nacidas del rodeo de la UEPP.

Las terneras nacieron en primavera de 2017 y fueron destetadas de forma convencional a los  $183 \pm 9,6$  días de edad, con  $185 \pm 18,6$  kg de peso vivo (media  $\pm$  desvío estándar).

### 3.1.5 Tratamientos

El experimento constó de dos tratamientos nutricionales durante el primer invierno de las terneras: suplementación con afrechillo de arroz (AA), suplementación con bloque proteico (BP) y sus respectivos controles, los cuales se detallarán a continuación.

El primer tratamiento consistió en suplementar diariamente al 1% del PV con AA. En el segundo tratamiento la suplementación fue con BP, suministrando dos latones cada 25 animales. Como tercer tratamiento y a modo de testigo de los anteriores, dos lotes que se analizaron en conjunto, los cuales pastorearon campo natural (CN) sin suplementar.

Las terneras fueron manejadas de manera conjunta, con idéntico tratamiento exceptuando el plano alimenticio durante el primer invierno (ver Figura 12).

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos al inicio del experimento

Suplemento	Animales	Peso prom. (kg ± σ)	Edad prom. (días ± σ)
Afrechillo arroz	24	200,33 ± 19,43	279 ± 11
Bloque proteico	25	205,5 ± 18,66	279 ± 11,15
Campo natural	52	202,73 ± 18,12	281 ± 8,16

σ: desvío estándar.

### 3.1.6 Infraestructura

Para el desarrollo del experimento se contó, en primera instancia, con 2 potreros de campo natural, delimitados por alambrado fijo. Además, los mismos se dividieron en dos mediante el uso de alambrado eléctrico, quedando fijo durante todo el experimento. Según se detalla en la Figura 7a, cada parcela tuvo 7,7 ha.

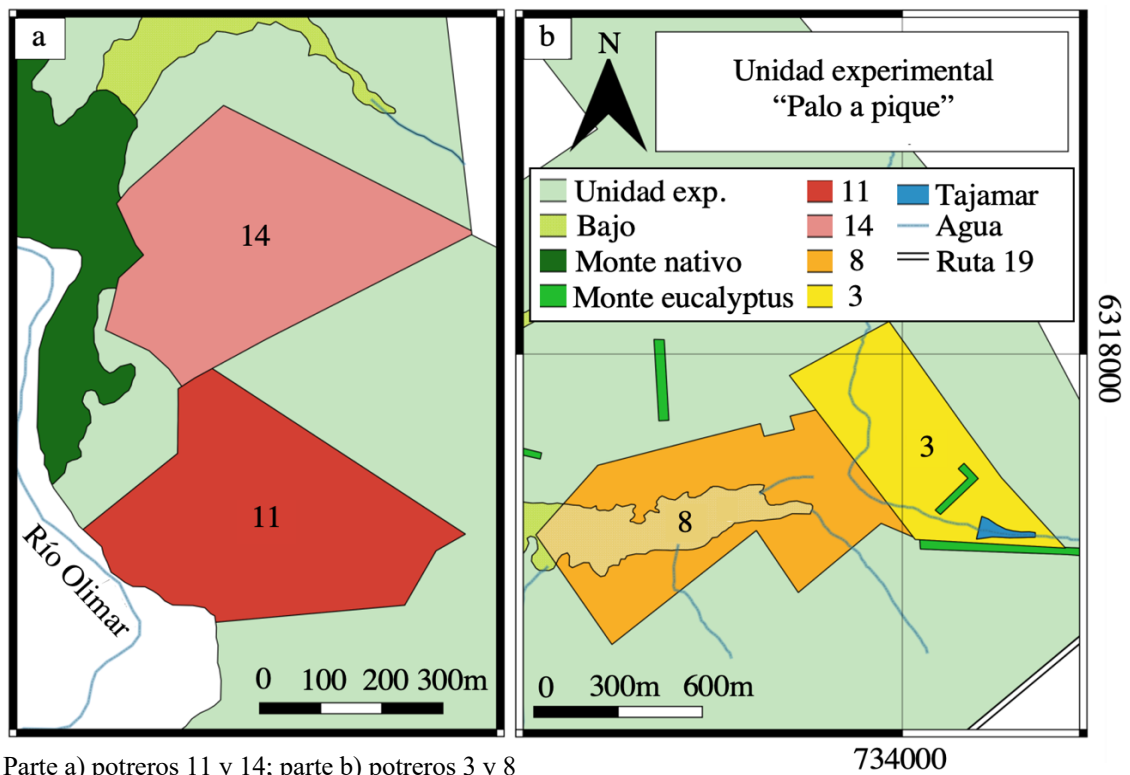


Figura 7. Mapa de distribución de parcelas

Luego del invierno, las terneras fueron destinadas a dos potreros (3 y 8), de 37,8 ha y 64,9 ha respectivamente, donde pastorearon CN (ver Figura 7b).

El recurso agua no se presentó nunca como limitante en cantidad. La misma estuvo disponible en forma de aguadas naturales (tajamar) o en bebederos.

La suplementación, en el caso del AA, fue proporcionada en 5 bateas de madera de 0,3 m de ancho por 2,5 m de largo, contando con un frente de ataque de 52 cm por animal. Para el caso de los bloques, se dispusieron tal como se presenta el producto comercial (bateas de plástico redondas, con un perímetro de 44 cm y que pesan 25 kg).

### 3.1.7 Alimentos

Dentro de la alimentación de las terneras y sus correspondientes tratamientos alimenticios durante el primer invierno, los alimentos manejados fueron tres: AA, BP y CN. La composición química de los mismos fue determinada por el Laboratorio de Nutrición Animal en INIA La Estanzuela, y se utilizaron diferentes métodos para analizar cada parámetro, los cuales se detallan a continuación.

La materia seca analítica (MS) se analizó según A.O.A.C. International Official Methods of Analysis (Formerly the Association of Official Analytical Chemists).

Para la fibra detergente ácida (FDA), la fibra detergente neutra (FDN) y el extracto etéreo (EE), se utilizó el método Ankom Technology Method con el equipo Ankom XT15 para EE y los equipos Ankom 220 y Ankom A 2000 I para FDN y FDA.

En el caso de la proteína cruda (PC), se utilizó el método ME-LE-na-10, el cual determina el contenido de PC por Kjeldahl. Los equipos utilizados fueron el destilador Kjeltex 8200 FOSS y el destilador Kjeltex 2200 Foss.

La energía metabolizable (EM) fue calculada por el Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela a partir de la fibra proporcionada por el método anteriormente mencionado.

Se detalla a continuación las composiciones químicas de cada alimento.

#### 3.1.7.1 Afrechillo de arroz

Cuadro 7. Composición química de afrechillo de arroz entero

MS (%)	FDA (%)	FDN (%)	PC (%)	EM (Mcal/Kg MS)	EE (%)
89,20	9,35	19,38	15,23	3,0	9,56



### 3.1.7.2 Bloques proteicos

Cuadro 8. Composición química de los bloques proteicos

MS (%)	FDA (%)	FDN (%)	PC (%)	EM (Mcal/Kg MS)
98,67	5,93	10,85	41,91	2,83

### 3.1.7.3 Campo natural

Cuadro 9. Composición química estacional del campo natural durante el experimento

Estación del año	Disponibilidad (kg MS/ha)	MS (%)	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	EM (Mcal/Kg MS)
Invierno 18	2270	41,5	9,04	39,93	60,34	2,13
Primavera 18	2779	53,9	7,15	40,07	64,55	2,13
Verano 19	3496	36,7	7,45	40,83	67,07	2,09
Otoño 19	3119	40,7	6,31	39,82	66,40	2,14
Invierno 19	2874	38,7	6,97	41,49	59,77	2,06

## 3.2 MANEJO EXPERIMENTAL

### 3.2.1 Periodo pre-experimental

El período determinado como pre-experimental inicia en el nacimiento hasta el tiempo de adaptación previo a la suplementación; por lo tanto, desde setiembre del 2017 hasta junio de 2018.

El manejo de todos los animales postparto fue sobre CN, sin suplementación.

El destete aplicado a las terneras fue convencional, separándolas de la madre a los 6 meses aproximadamente, el 22 de marzo de 2018. Post-destete, las terneras tuvieron como destino el pastoreo de campo natural hasta fines de junio, mes en el cual se comenzó con los distintos tratamientos de suplementación invernal.

El lote de 26 terneras que fue suplementado con AA, debió pasar por un período de acostumbramiento para adaptarse a la nueva alimentación. El mismo consistió en aumentar gradualmente la cantidad de AA por animal, comenzando con 0,3 kg el 12 de junio y finalizando con 2,3 kg el 26 de junio de 2018. Para el lote suplementado con

bloques el acostumbramiento consistió en juntar los animales en torno a los latones durante una semana. Mientras, los dos lotes de terneras que no fueron suplementados, se separaron en dos parcelas diferentes de campo natural.

### 3.2.2 Periodo experimental

En lo que respecta al periodo experimental, se pueden diferenciar dos manejos. En primera instancia, un manejo invernal de las terneras, y luego un manejo en conjunto.

#### 3.2.2.1 Manejo invernal

El manejo invernal fue de 84 días (27 de junio al 18 de setiembre de 2018), tiempo durante el cual los lotes de terneras fueron alimentados diferencialmente. Las terneras fueron sorteadas antes de comenzar el experimento, formando lotes y asignándoles tratamientos.

Las mediciones realizadas fueron peso vivo, altura del anca, disponibilidad de forraje de campo natural y consumo de suplemento y BP.

Durante este manejo, los tratamientos fueron rotando entre parcelas cada 21 días, asegurando que cada tratamiento pastoree todas las parcelas.

#### 3.2.2.2 Manejo conjunto

Finalizado el invierno, el manejo se realizó en conjunto. Consistió en proporcionar a todas las terneras de todos los tratamientos el mismo plano alimenticio, manejándolas como un solo lote. Las mismas fueron destinadas a pastoreo de CN (potreros 3 y 8, ver Figura 7b).

En esta instancia se realizaron mediciones de actividad ovárica a los 15, 16, 17, 19, 20 y 24 meses de los animales, y se continuó con los registros de PV cada 21 días, la altura del anca fue tomada a los 12, 15, 19 y 24 meses, y en cuanto a la disponibilidad de forraje, la misma se tomó cada 28 días.

Durante el segundo invierno (junio, julio y agosto de 2019), no se realizó el DAO, debido a que el objetivo era evaluar ciclicidad temprana y mantenimiento, luego la ecografía a los 24 meses es pre- servicio de las vaquillonas.

A modo de resumen, en la Figura 8 se esquematiza el período experimental.

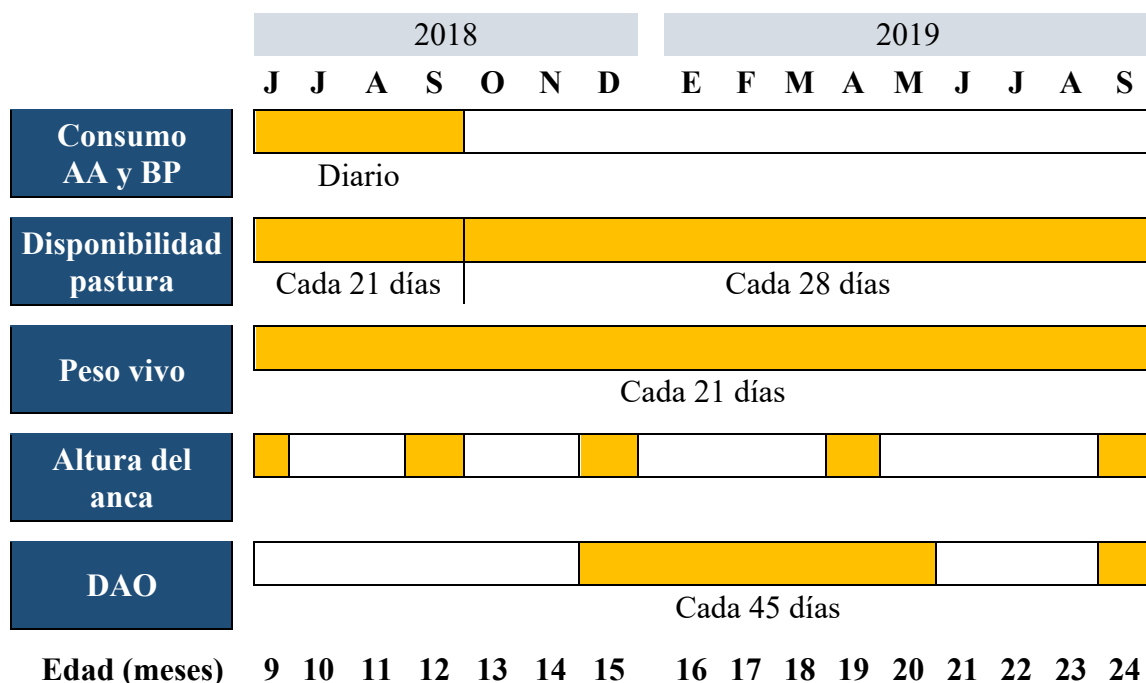


Figura 8. Esquema de mediciones en el período experimental

### 3.2.3 Manejo sanitario

Para todos los tratamientos se siguió el protocolo de sanidad de la UEPP, según planificación del médico veterinario a cargo.

## 3.3 REGISTROS EN EL PERÍODO PRE-EXPERIMENTAL

### 3.3.1 Determinaciones en terneras

Se registró peso al nacimiento, 2 meses (inicio de entore de las madres), 4 meses (fin de entore) y al destete (6 meses de edad), además de contar con la fecha de nacimiento de cada ternera.

## 3.4 REGISTROS EN EL PERÍODO EXPERIMENTAL

### 3.4.1 Determinaciones en terneras

#### 3.4.1.1 Peso vivo

Durante el período experimental, las terneras fueron pesadas cada 21 días, siempre a la misma hora por la mañana, sin ayuno previo, utilizando la misma balanza electrónica instalada en las mangas de la UEPP.

#### 3.4.1.2 Altura del anca

Esta medida se realizó en cinco instancias del período experimental: al inicio (9 meses), 12, 15, 19 y 24 meses. Se utilizó una regla adaptada para tal fin (ver Anexo 1) constituida por un nivel al cual se une perpendicularmente una regla milimetrada. Para obtener la medida se apoya el nivel sobre los huesos de la cadera de la ternera y dejándose caer por su propio peso la regla milimetrada; cuidando siempre que las patas se encuentren en una posición natural y que la regla esté nivelada.

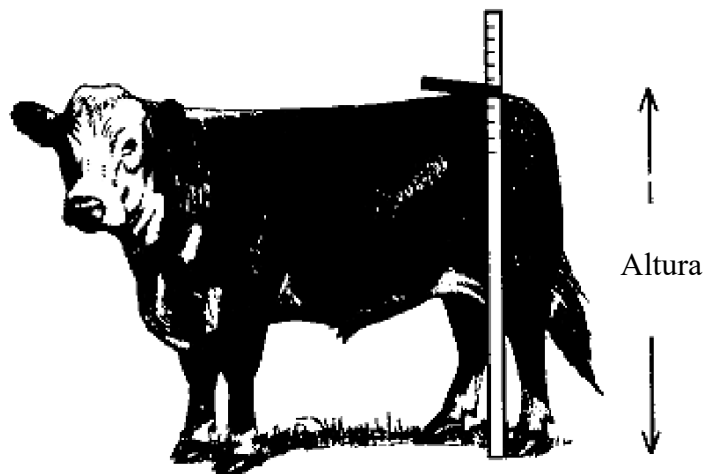


Figura 9. Posición y colocación de la regla para medición de altura del anca

Fuente: tomado de BIF (2010).

#### 3.4.1.3 Actividad ovárica

Posteriormente al manejo en conjunto, cuando las vaquillonas tenían 15 meses (07/12/2018) se realizó el primer DAO, a cargo del DMV. Carlos López Mazz, repitiéndose a los 16, 17, 19, 20 y 24 meses de las vaquillonas. Estas medidas fueron realizadas en la mañana, con un ecógrafo Aloka modelo 500, con sonda lineal transrectal de 5 MHz. En primera instancia se detectó presencia, o no, de CL. En las siguientes ecografías, se diagnosticó AP, AS, y presencia de CL, indicador de que el animal está

ciclando. Para la diferenciación de los anestros (AS de AP), se tomó medida del mayor diámetro folicular, siendo 8 mm el límite entre los dos tipos de anestro: diámetros inferiores a 8 mm indican AP, superiores a 8 mm, AS.

### 3.4.2 Determinaciones en alimentos

#### 3.4.2.1 Afrechillo de arroz

Luego del período de acostumbramiento a la suplementación con AA, el suministro del suplemento fue realizado en la mañana (8 am aproximadamente) con correcciones por PV cada 21 días. El consumo fue calculado como lo ofrecido al lote, ya que no se observó rechazo por parte de los animales.

#### 3.4.2.2 Bloque proteico

Para llevar un registro del consumo diario de BP, la rutina durante la suplementación fue pesar los latones diariamente con una balanza electrónica digital transportada al potrero. La estimación del consumo se hizo restando el remanente o rechazo de BP a lo disponible del día anterior; siendo el remanente de cada día lo disponible para el próximo. Las mediciones se realizaron al mediodía con el fin de evitar las horas de mayor humedad del día. En caso de lluvias no se pesaban los latones y se retiraba el agua acumulada antes de reiniciar los registros de peso.

#### 3.4.2.3 Pastura

Para medir el forraje disponible y el rechazo, se procedió a tomar 25 muestras por potrero de lugares distintos al azar, recorriendo en zig zag el mismo. Para obtener muestras homogéneas se utilizó un rectángulo de 0,1 m<sup>2</sup> (0,5 m x 0,2 m), donde inicialmente se tomaron tres medidas de altura con una regla, en los extremos y al centro del mismo. Luego, con una tijera eléctrica se cortaba el pasto dentro del rectángulo al ras.

Cada muestra fue colocada e identificada en una bolsa de nylon. Las muestras frescas fueron pesadas individualmente en el laboratorio y luego entreveradas, obteniéndose así una muestra de 0,3 kg para medir materia seca. Esta última se colocaba en una lata a 60°C durante 48 horas en una estufa, guardándose para luego analizar la calidad.

Durante el manejo invernal, el muestreo se realizó cada 21 días; ya que las parcelas se encontraban todas ocupadas por los diferentes lotes y el rechazo de uno correspondía al disponible para el siguiente. Durante el manejo en conjunto el muestreo fue cada 28 días; se utilizaron en rotación los potreros 8 y 3, por lo tanto, se determinaba la disponibilidad del potrero de entrada y rechazo en el que se dejaba descansar.

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de datos fue realizado mediante el programa SAS (versión 2009), a través de tratamientos completos al azar.

A partir de los datos observados de PV es que, mediante un análisis de regresión en el programa SAS (versión 2009), se calculan las ganancias diarias.

El análisis discriminante es una técnica que permite clasificar distintos individuos en grupos a partir de un conjunto de variables. Los análisis fueron desarrollados utilizando el software SAS del año 2009. Se utilizó el Proc Stepdisc definiendo a través del mismo que variables se utilizaron en el análisis. Sobre las variables analizadas los resultados muestran que efectos o variables mejor explican el desempeño o resultados para una determinada característica. A través de este, se analiza la ciclicidad y las demás variables (PV, altura del anca, ganancias diarias) mostrando cuales mejor explican los resultados de actividad ovárica.

#### 4. RESULTADOS

A lo largo de este capítulo se presentan los resultados experimentales estadísticos y observados. Para mayor claridad los mismos se clasificaron en variables relacionadas al crecimiento, desarrollo y ciclicidad temprana, según distintos períodos de análisis: estaciones del año o edades. Las variables que serán presentadas a continuación fueron esquematizadas en la Figura 8.

##### 4.1 CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y CICLICIDAD TEMPRANA

###### 4.1.1 Ganancia diaria

Cuadro 10. Ganancia diaria por tratamiento

Grupo	Ganancia diaria estacional (kg/día)						
	Pre destete	Post destete	Invierno 2018	Primavera 2018	Verano 2019	Otoño 2019	Invierno 2019
Control	0,762 a	0,305 ab	-0,170 b	0,810 a	0,453 a	-0,089 a	-0,120 a
AA	0,776 a	0,240 b	0,304 a	0,800 ab	0,387 b	-0,234 b	-0,114 a
BP	0,750 a	0,336 a	-0,125 b	0,755 b	0,470 a	-0,105 a	-0,178 a

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Las ganancias de peso obtenidas en el período posterior al destete (previo al inicio de los tratamientos), difieren significativamente entre las terneras suplementadas con AA y BP. Se registraron diferencias en las variaciones de peso durante el período de aplicación de los distintos tratamientos nutricionales (invierno 2018), siendo el grupo que recibió AA el único que experimenta ganancias de peso, mientras que los grupos de BP y CN tuvieron pérdidas significativas, evidentes en el Cuadro 10 y que no difieren entre sí ( $P = 0.12$ ).

Durante la primavera siguiente a la suplementación, momento en el que vuelven a manejarse todos los grupos en conjunto, se vio que los animales de los tres tratamientos ganaron peso, con ganancias que difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ ) como se muestra en el Cuadro 10. Las diferencias mencionadas son entre el tratamiento BP y CN. Las ganancias primaverales fueron las más altas durante todo el período de registro, acompañando la curva normal de producción de pasto de la región Este (Cuadro 2). En el verano los animales sostienen ganancias moderadas de PV. Los animales de AA registraron una ganancia media diaria inferior ( $p \leq 0.05$ ) a BP y CN, los cuales no se diferenciaron entre sí ( $P = 0,51$ ).

La ganancia diaria estimada para el período otoñal (2019) fue negativa para los tres tratamientos, aunque fue significativamente menor ( $p \leq 0.05$ ) para AA. Durante el segundo invierno no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos para ganancia diaria, lo que se evidencia en la Figura 10 al ver que los tres grupos pierden peso.

#### 4.1.2 Peso vivo

Cuadro 11. Mediciones de PV por tratamiento

Grupo	Peso vivo (kg)					
	6 Meses	9 meses*	12 meses**	15 meses	19 meses	24 meses
Control	186 a	203 a	191 b	259 b	307 b	275 b
AA	186 a	200 a	228 a	294 a	336 a	295 a
BP	184 a	206 a	196 b	259 b	306 b	270 b

\* Inicio de aplicación de tratamientos nutricionales.

\*\* Final de aplicación de tratamientos nutricionales.

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Al finalizar los tratamientos, las terneras se pesaron y presentaron diferencias significativas. Este resultado es atribuible a la nutrición invernal; siendo las vaquillonas suplementadas con AA 32 y 37 kg más pesadas que las de BP y CN, respectivamente.

Como se muestra en el Cuadro 11, el peso a los 15 meses sigue siendo superior en los animales del tratamiento AA, y se mantiene una diferencia de 35 kg con el resto de los tratamientos. De la misma manera, con 19 meses las vaquillonas de AA difirieron significativamente en el peso con respecto a las de BP y CN. Esta medida corresponde al segundo otoño de las mismas, y el primero luego de la suplementación invernal, manejando todo el lote en conjunto. A la edad de 24 meses, se registraron variaciones significativas entre el grupo AA y los dos restantes. Lo mismo sucede a los 25 meses, donde el tratamiento con AA se destacó respecto a los demás que no difirieron ( $P = 0.18$ ).

La Figura 10 muestra la evolución de peso de cada grupo, con datos observados; resultando evidente la diferencia anteriormente mencionada respecto al PV del grupo suplementado con AA luego del primer invierno y a lo largo del período experimental que abarca hasta los 2 años de los animales.



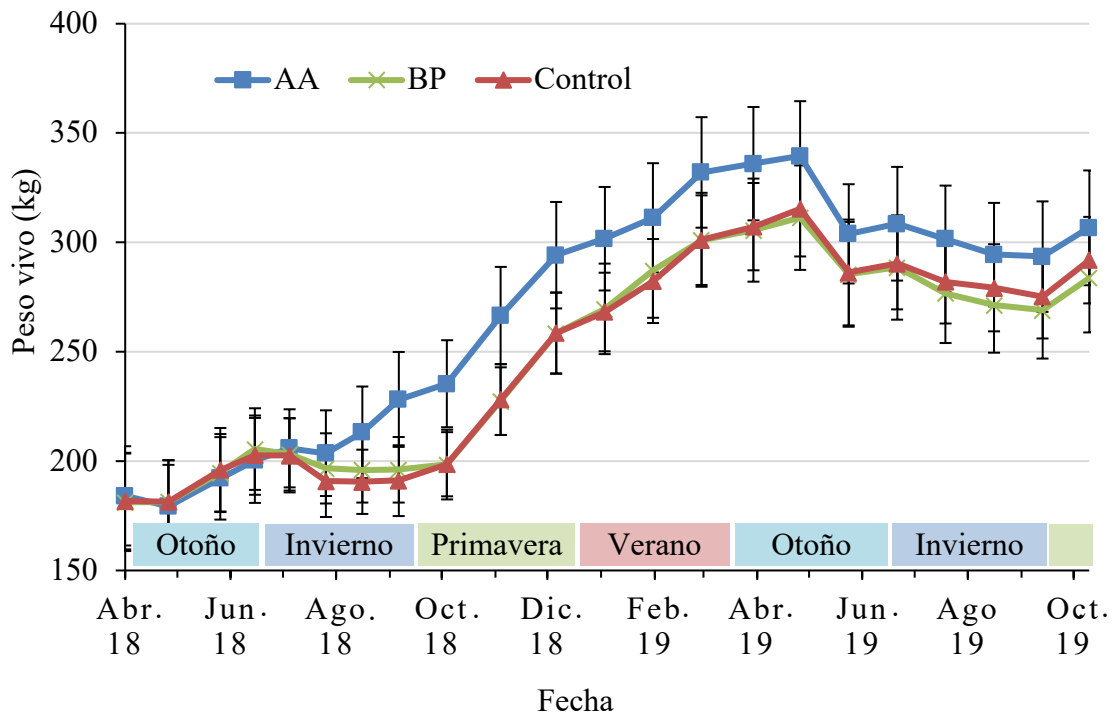


Figura 10. Evolución del peso vivo (kg) de cada grupo experimental (datos observados)

#### 4.1.3 Altura del anca

Cuadro 12. Mediciones de altura del anca por tratamiento

Grupo	Altura del anca (cm)				
	9 meses	12 meses	15 meses	19 meses	24 meses
Control	106 a	110 b	113 b	120 ab	121 ab
AA	106 a	112 a	115 a	121 a	122 a
BP	105 a	109 b	113 b	118 b	120 b

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Al inicio de la aplicación de los tratamientos (9 meses) no se registraron diferencias en la altura del anca. La altura del anca al final de los tratamientos (12 meses) no difiere entre los grupos de BP y CN ( $P = 0.21$ ); siendo el grupo suplementado con AA superior ( $p \leq 0.05$ ). La misma variable a los 15 meses sostiene la misma tendencia, donde el grupo de AA tiene una altura del anca promedio significativamente mayor al resto ( $p \leq 0.05$ ). Lo mismo sucedió a los 19 meses de las vaquillonas, esta medida fue tomada durante el otoño del 2019, permitiendo observar la persistencia del efecto de la suplementación con AA en el tiempo.

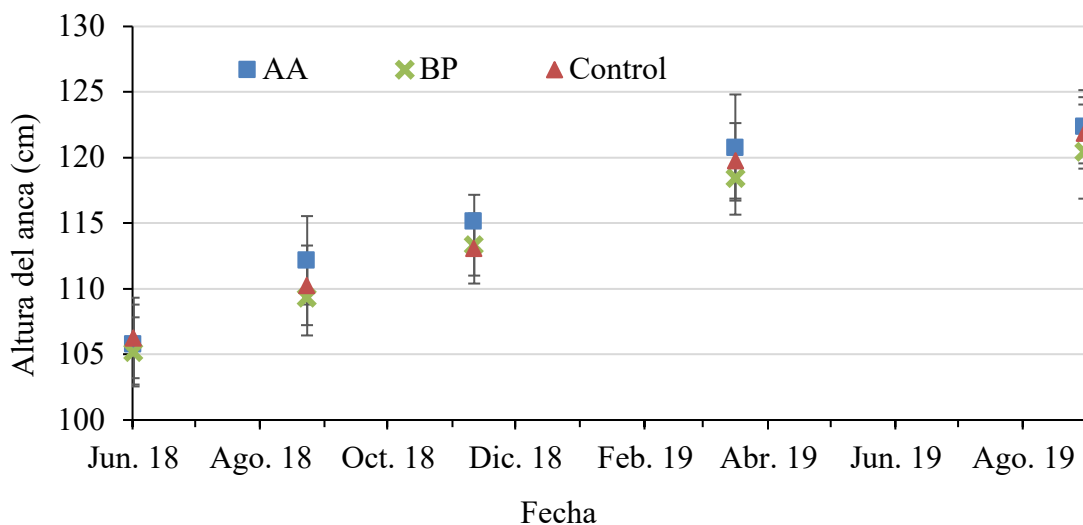


Figura 11. Evolución de la altura del anca (cm) de cada grupo experimental

En la Figura 11 se visualiza la evolución de la altura del anca a lo largo del período experimental, destacándose la diferencia que ocurre posterior a la suplementación invernal y que se mantiene a favor del tratamiento AA.

#### 4.1.4 Ciclicidad ovárica temprana

A continuación, se presentan los resultados a partir de los DAO realizados en diferentes edades de las vaquillonas a partir de los 15 meses de edad. En cada instancia se procedió a clasificar de acuerdo con lo establecido en 3.4.1.3, como ciclando a animales que presentaron CL y en anestro a los animales que presentaron folículos.

Cuadro 13. Ciclicidad ovárica (%) según edad

Resultado DAO	Edad					
	15 meses	16 meses	17 meses	19 meses	20 meses	24 meses
Ciclando	4	31	49	46	33	25
Anestro	96	69	51	54	67	75

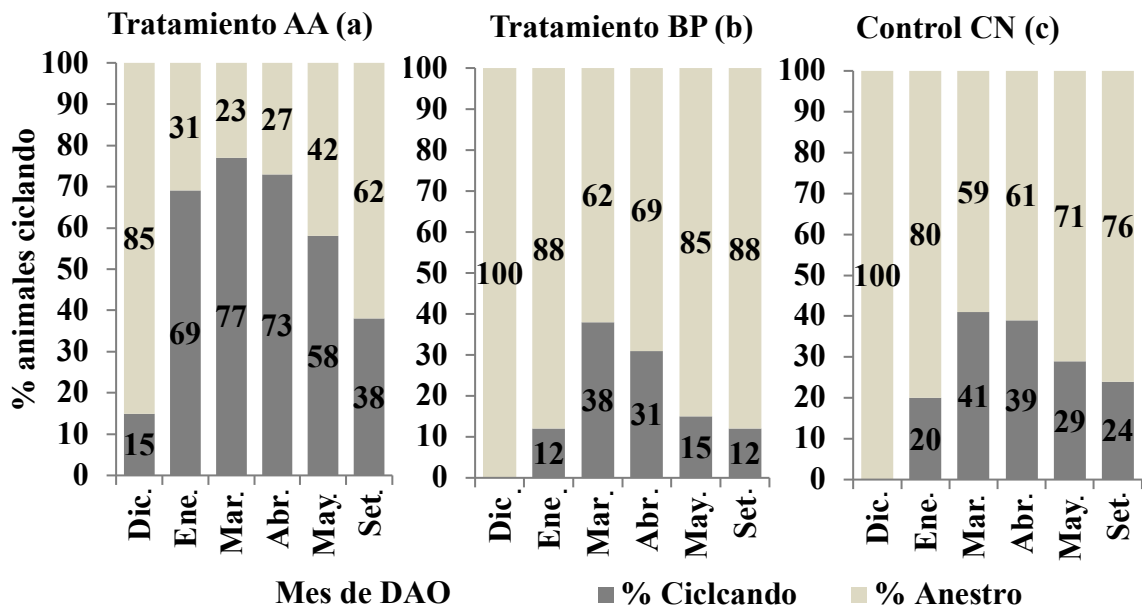


Figura 12. Animales ciclando discriminados por tratamiento y edad (datos observados)

Para analizar con mayor profundidad la ciclicidad, se realizó un análisis discriminante (apartado 3.5), el cual tiene en cuenta variables como PV, altura del anca, ganancia media diaria y DAO anteriores. A partir de lo anterior es que se afirma que la ganancia diaria durante el primer invierno es la variable que mayor explica los resultados del DAO a los 15 meses. Esto explica el 14, 7% de la variabilidad; si bien la proporción es baja, ya que sólo cuatro terneras presentaron CL, coincide que estas son del grupo suplementado con AA, las cuales lograron las mayores ganancias durante ese período.

A los 16 meses cambia la frecuencia, aumentando la proporción total de animales que presentan CL en el DAO. La variable de mayor incidencia estadística es el peso a los 12 meses, explicando el 30,8% de la misma. El tratamiento con AA corresponde al mayor porcentaje de animales ciclando, aunque se ven animales con CL en los grupos BP y CN.

Los resultados del DAO a los 17 meses fueron explicados por más de una variable, destacándose la ciclicidad a los 16 meses, la cual explica un 31% de la variación. Es importante destacar que el 50% de los animales se encuentran ciclando con 17 meses, dándose un pico de actividad ovárica en este momento (ver Cuadro 13 y Figura 12a, 12b y 12c). El mayor porcentaje de animales que presentó CL pertenece al grupo de AA, siendo el grupo BP el que reporta una menor proporción. El DAO a los 19 meses es similar al anterior, con una tendencia más marcada al anestro que a ciclar. El grupo suplementado con AA muestra una mayor actividad ovárica que el resto. Los resultados estadísticos demuestran que las dos ciclicidades anteriores estarían explicando la mayor parte de la variabilidad. El DAO a los 17 meses explica un 55% y a los 16 meses un 4% de la variación.

A los 20 meses de edad (segundo invierno), es evidente la disminución en la cantidad de hembras ciclando (Cuadro 13 y Figura 12a, 12b y 12c). La mayoría que presentan CL son del tratamiento con AA (58%), seguidas por el tratamiento de CN (29%), y muy por debajo de ambos grupos se encuentran las de BP (15%). Hay varios factores que determinan estos resultados; en primer lugar, la ciclicidad anterior (19 meses), que explica el 52% de la variabilidad, seguida del resultado del DAO a los 17 meses (9%), el peso a los 17 meses (2%), la altura del anca a los 18 meses (2,5%) y, por último, el DAO a los 15 meses (1%).

En el DAO realizado a los 24 meses, luego del segundo invierno de las vaquillonas, la proporción de animales ciclando fue menor al diagnóstico anterior. Dentro de esta, los grupos siguen ubicándose de la misma manera: AA, CN y BP en orden decreciente en porcentaje de animales con CL. El DAO a los 20 meses fue lo que explicó en mayor medida la variabilidad (14,7%), luego lo siguen el peso a los 24 meses (7%) y la ciclicidad a los 15 meses (5%).

En cuanto a resultados de DAO observados a lo largo del período experimental, resulta importante destacar el porcentaje de hembras en cada grupo que mantiene la ciclicidad. El criterio utilizado para clasificar este mantenimiento fue la presencia de tres CL seguidos, el mismo se basa en información recabada en el Capítulo 2.2 (ver Figura 12). A partir de los distintos resultados se puede visualizar que hay una estrecha relación entre las ganancias invernales y la actividad ovárica. Estas ganancias influyen positivamente en el estatus ovárico a temprana edad, e indirectamente generan que haya más animales manteniendo la presencia de CL. Esto último se comprueba estadísticamente, debido a que los resultados de DAO a distintas edades son explicados mayor y reiteradamente por el resultado de DAO anteriores.

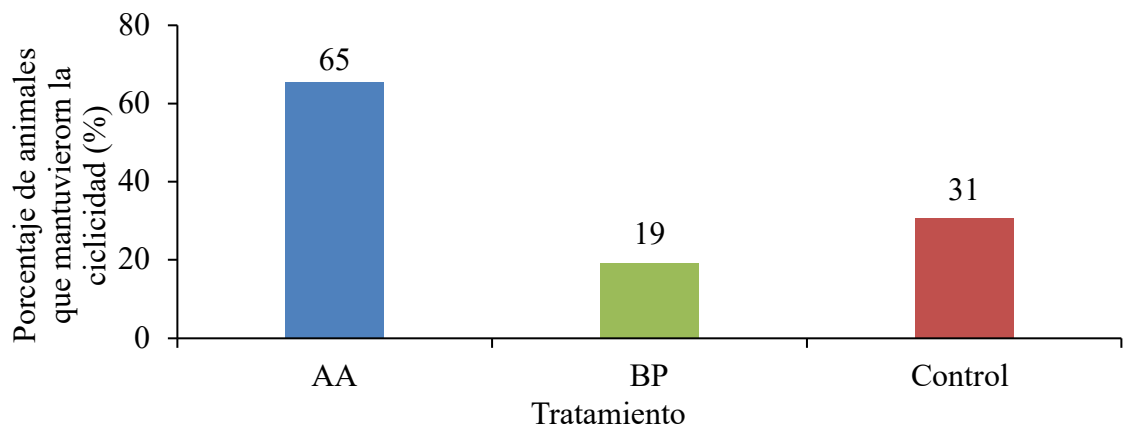


Figura 13. Mantenimiento de la ciclicidad según tratamiento (datos observados)

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 EFECTO DEL MANEJO INVERNAL SOBRE EL CRECIMIENTO DE LAS TERNERAS

La suplementación invernal sobre campo natural tiene como objetivo lograr ganancias moderadas de peso, debido a la marcada estacionalidad en la producción de forraje de las pasturas naturales del país. Las categorías de recría en sistemas ganaderos sobre campo natural en invierno, experimentan pérdidas que se sitúan usualmente en el orden de los 100 gramos/animal/día, siendo estas determinantes de su futura eficiencia reproductiva (Quintans et al., 1993). El efecto que se logre con una suplementación en animales bajo pastoreo no es independiente del resto de su dieta. La cantidad y calidad de la pastura disponible condicionan no solo el consumo de la misma, sino también el del suplemento y, por lo tanto, la respuesta animal a este tipo de manejo (Quintans et al., 1993).

Horn y Paisley (1998) establecen que suplementar en pastoreo es adicionar con la finalidad de cubrir una deficiencia tanto en cantidad o calidad, para aumentar o mantener la producción animal en pastoreo, a través del aumento en la carga y/o de la ganancia individual de PV. En este caso, el grupo suplementado con AA al 1% del PV fue el único en lograr ganancias moderadas de PV durante el invierno, ganancia situada en el entorno de los 300 g/d.

Teniendo en cuenta la explicación anterior de suplementar y las condiciones de la pastura cuando se inició el experimento, el tipo de suplemento proporcionado juega un rol fundamental. En este caso, un suplemento energético/proteico como el AA proporcionado al 1% del PV cubre un 83% de los requerimientos de EM (Mcal/día) y 100% de los de PC (kg/día) para terneras que ganan 300 g/d. Esta información surge a partir de un balance realizado con los requerimientos extraídos de NRC (2000), la estimación del consumo diario, aportes de nutrientes del suplemento y forraje (Anexo 2). En caso de que las expectativas de desempeño sean otras (menores o mayores ganancias diarias) se deberá ajustar la cantidad proporcionada.

Por otro lado, el tratamiento suplementado con BP no obtuvo ganancias de peso, ya que las terneras finalizan el invierno con 10 kg menos y pérdidas de peso promedio de 125 g/d, similares a las experimentadas por el grupo control. A partir de estos resultados se plantean algunas hipótesis para explicarlos: la disponibilidad y calidad de forraje en interacción con el tipo de suplemento, la atractividad del bloque para el ganado y el hecho de que no consumieron BP.

Al suplementar con BP, se espera obtener una mejora directa en el desempeño y producción animal, ya que se promueve el consumo de MS al aumentar la eficiencia del uso del forraje por el animal. La suplementación con BP estimula la fermentación ruminal,

generando un suministro constante de amonio para las bacterias celulolíticas que degradan la fibra, aumentando su población. A su vez, mejoran la digestibilidad de la MS, aumentando la tasa de pasaje del rumen, facilitando su desocupación e incrementado el consumo del alimento base. Esto favorece el estado energético del animal (Araujo Febres, Preston y Leng, citados por Bracho, 2017).

En esta misma línea, Fernández Mayer (2012) afirma que, para utilizar forrajes de muy baja calidad, muy lignificados y con altos niveles de FDN, se utilizan suplementos proteicos. De acuerdo a las indicaciones del fabricante, los BP son recomendados para mejorar la digestibilidad y consumo de pasturas y fardos; en situaciones de pasturas diferidas, secas, endurecidas o con bajo contenido proteico donde potencia la producción animal. Durante la aplicación de los tratamientos nutricionales las pasturas se ajustaron a las condiciones que se describen para el uso de BP, con una disponibilidad de 2270 kg MS/ha promedio, 60% de FDN y 9% de PC. Por lo tanto, la primera hipótesis se descarta, ya que según información recabada el BP debería funcionar en interacción con esta pastura.

La respuesta a la suplementación con bloques proteicos, no solo depende de las fluctuaciones en el consumo individual, sino también de la frecuencia en el consumo, es decir, la cantidad de veces que los animales se acercan a la batea a lamer. Esto se debe a la importancia de mantener una concentración constante de amoníaco en el rumen, para maximizar la tasa de fermentación de la fibra (Sampedro, 2017). En concordancia con lo anterior, la atractividad del BP para los animales juega un rol fundamental.

Como afirman Fernández et al. (1997) existen muchos factores que pueden afectar el consumo de bloques, tales como: la dureza, disponibilidad forrajera, tiempo de exposición de los bloques al medio ambiente, nivel de urea y estado fisiológicos de los animales. Algunos son externos al bloque y otros se relacionan con el bloque como alimento sólido.

Algunas características adicionales del bloque que podrían afectar el consumo del mismo según Birbe et al. (2006) son: el tamaño del bloque (se aconseja elaborar de entre 10-12 kg), forma del bloque (se recomienda mayor número de aristas en el envasado), palatabilidad y olor (componentes del bloque al estar largo tiempo a la intemperie pueden promover cambios químicos deteriorantes de la materia prima). Por otro lado, se recomienda un período de acostumbramiento animal, porque de no hacerse los consumos pueden ser muy bajos.

Según el fabricante la orientación de consumo es de 0,1% del PV, indicando un consumo estimado de 200 g/d de BP para estos animales. Asumiendo que se logrará un consumo de esta magnitud, igual se debería aumentar 4 veces esta cantidad para satisfacer los requerimientos de PC que igualen la aportada por el AA. Partiendo de un consumo estimado durante la suplementación de 36 g/d de BP por animal se concluye que, el hecho de que se haya consumido menos BP de lo esperado, está estrechamente relacionado con la forma en que se suministra este suplemento.

Es importante mencionar que a nivel nacional es escasa la información documentada sobre este tipo de suplemento y su respuesta animal, tanto más para recrias.

Luego de la aplicación de los tratamientos, se aprecian diferencias significativas en el PV de los animales. Esto es consecuencia de los diferentes manejos nutricionales asignados a cada grupo durante el invierno, los que repercutieron en las ganancias o pérdidas de peso. Durante esta estación es que el grupo de AA gana un 14% del PV, mientras que los grupos de BP y CN pierden alrededor de un 5 y 6% de su PV.

Pérez y Lira (2018) afirman que la altura de un animal a cierta edad se puede usar como indicador de la curva de crecimiento potencial, como patrón de engrasamiento, y como posible tamaño que tendrá cuando alcance la madurez sexual. Kersey y Brinks (1985) experimentando con vaquillonas para carne de un mismo grupo genético y sometidas a iguales condiciones alimenticias, concluyeron que aquellas que presentaron mayor altura del anca, alcanzaron la pubertad de forma más tardía. Esto se debe a que un mayor tamaño implica un nivel nutricional mayor para desarrollarse de forma óptima, ya que su curva de crecimiento presenta un punto de inflexión más tardío. Esto conlleva a una madurez e inicio de acumulación de grasa retrasados, reflejando una mayor edad a la pubertad.

A partir de la información anterior es que se podría afirmar que el grupo suplementado con AA presenta una mayor velocidad de crecimiento promedio que el grupo con BP y el control, lo que no implica que dentro de cada grupo existan diferencias en tamaño que repercutan en un crecimiento y ciclicidad más tardía dependiendo de si este es mayor o menor.

Es así que la altura del anca se presenta como una herramienta más de selección temprana de reemplazos. La selección debe ser temprana debido a que la curva de crecimiento de un animal se caracteriza por ser más rápida en los comienzos de la vida, para pasar a ser más lenta a medida que la edad del animal aumenta (Pérez y Lira, 2018). Si bien la altura del anca puede servir como herramienta para predecir la pubertad temprana, es importante tener en cuenta dos aspectos para que la misma cumpla esta función. En primer lugar, que las vaquillonas evaluadas sean de un mismo grupo genético, sin presentar diferencias de frame, seleccionando las de menor altura por mayor velocidad de crecimiento. En segundo lugar, que las condiciones alimenticias sean distintas entre grupos, aunque los productores por lo general suministran el mismo alimento a la ternera. Por ende, esta situación sería la menos común, y si se presenta, se tiene que tener en cuenta, de lo contrario se estarían seleccionado animales más grandes que comienzan a ciclar más tarde.

## 5.2 MANEJO CONJUNTO Y CRECIMIENTO DE LAS VAQUILLONAS

La ganancia diaria primaveral es marcadamente superior a la invernal, en los tres tratamientos, coincidiendo con la curva de producción de forraje de CN (Figura 3). En esta estación se da un pico de producción, siendo estas ganancias de PV observadas esperables en un año normal. Straumann (2006), Costa et al. (2008) reportan ganancias diarias sobre campos mejorados en el Este de 806 y 808 g/a/día respectivamente, al compararlas con las obtenidas en el experimento las diferencias son mínimas.

A pesar de que los tres grupos vieron incrementada su ganancia media diaria, al finalizar la primavera con una edad de 15 meses aproximadamente, el PV fue diferente entre tratamientos. Los animales del tratamiento con AA presentaron un PV final superior significativamente al del CN y el BP, con una diferencia de 35 kg. Rovira (1996) sostiene que con el 65 - 70 % del peso adulto, vaquillonas de raza británica logran alcanzar la pubertad; al observar datos de vacas adultas del rodeo de la UEPP se promedia como peso adulto 458 kg, del cual un 65 y 70 % sería 297 y 320 kg, respectivamente.

Al contrastar la información anterior con los resultados a los 15 meses del Cuadro 11, se ve que los animales bajo suplementación con AA durante el invierno logran pesos de 294 kg. Si bien concuerda el PV objetivo (300 kg) para servir vaquillonas a los 15 meses con trabajos realizados por Moreira (2016); la diferencia está en la distribución de las ganancias, debido a que en estos trabajos el peso al destete era mayor (220kg). Por ende, aunque el objetivo no sea servir las vaquillonas a los 15 meses, esta diferencia en PV podría ser indicio de un mejor estatus ovárico para el grupo suplementado con AA.

Lo anteriormente mencionado se relaciona con lo concluido por Borges y Frick (2002), quienes consideran al peso primaveral como el mejor predictor del desarrollo sexual y preñez en animales de recría, ya que está conformado por el peso con que los animales comienzan el invierno y las ganancias diarias durante el invierno. Es decir que, independientemente de cómo atraviesan la época primavero-estival, vaquillonas que sufran restricciones invernales ven deprimido su desempeño reproductivo. Con pesos similares al comienzo del invierno y del entore, lo que más influye sobre esta performance es la ganancia invernal (Borges y Frick, 2002). En cuanto a la altura del anca, los resultados muestran la misma tendencia que al finalizar los tratamientos, siendo superior la del grupo AA. Esto muestra un efecto de la suplementación que perdura en el tiempo, así como sucede con el PV de este mismo grupo.

Al igual que en la primavera, los resultados de ganancia diaria del verano de los tratamientos BP y CN fueron positivos, adaptándose a la disponibilidad de forraje en cada estación. Según Wilson y Osborn, citados por Olazabal y San Martín (2008), al experimentar restricciones alimenticias muy severas, es probable que se den largos períodos de ganancias de peso, siendo más importantes que las tasas de ganancia durante ese tiempo. Estas afirmaciones podrían estar explicando por qué las ganancias diarias del verano de los grupos BP y CN fueron mayores significativamente que las de AA.



Al finalizar el verano el PV del grupo de AA sigue siendo superior al de BP y CN por 20 kg. Esto se relaciona con un trabajo de Luzardo et al. (2014), quienes afirman que los efectos observados en animales que sufrieron restricciones alimenticias y tuvieron buenas ganancias de peso en primavera, no alcanzan para reducir las diferencias logradas en animales que fueron suplementados anteriormente. De esta forma, se reafirma lo que Straumann (2006) concluyó en su trabajo: ganancias en primavera y verano posteriores al primer invierno; no logran revertir el efecto de una pérdida de peso en el primer invierno pos destete. Entre los resultados y los trabajos revisados queda clara la importancia del manejo invernal en recrias durante el primer invierno, y pone en tela de juicio qué sucede con el segundo invierno, que será analizado más adelante.

Las ganancias de PV durante el otoño acompañan la curva estacional de producción de forraje, la cual sigue la tendencia decreciente luego del pico en primavera-verano. Teniendo en cuenta las precipitaciones ocurridas en el período verano-otoño, se observa cierta continuidad de precipitaciones por debajo del promedio histórico a partir de febrero. En abril las precipitaciones acumuladas están 92 mm por debajo del promedio para ese mes, siendo este el que presenta menores precipitaciones durante todo el período experimental estudiado (ver Figura 6). Según Olmos (1997), para verano y otoño existe una asociación entre las precipitaciones y producción de forraje de 2,1 y 1,5 kg/ha de MS por mm de lluvia acumulado en la estación, respectivamente. Por ende, a partir de estas dos variables es que se supone que se dan pérdidas de peso durante el otoño en los tres grupos, debido a que Olmos (1992) ha demostrado que la producción de carne por hectárea depende fuertemente de la estación del año en que se determine, así como de la disponibilidad de forraje.

El grupo suplementado con AA presentó una mayor pérdida de PV, aproximadamente 10% del mismo, la cual fue significativa frente al resto que perdieron un 7%. Estos resultados podrían explicarse por los requerimientos de energía para mantenimiento, los cuales están explicados en un 40% por el tamaño de los órganos internos; principalmente hígado, riñones, corazón y tracto gastrointestinal (Koong et al., 1985). Al existir una relación directa entre el tamaño de los órganos y los requerimientos de mantenimiento, se explica porque las terneras que fueron suplementadas con AA pierden más peso vivo en situaciones de restricción alimenticia. Es en esta estación que se definen manejos diferenciales según el PV de los animales, previendo que el invierno es una época de condiciones adversas (Quintans, 2006).

Durante el segundo invierno se generan pérdidas de peso en todos los tratamientos estudiados. A pesar de los resultados negativos de ganancia diaria, la variable de PV sigue siendo diferente para el grupo suplementado con AA, y genera la incógnita de qué hubiera pasado si también se suplementan en el segundo invierno. Según trabajos realizados por Quintans (1994b) en condiciones similares al presente experimento, las vaquillonas en el segundo invierno presentaron ganancias de 161 g/d. La ganancia diaria invernal anterior sumada a buenas ganancias primaverales, probablemente hubieran

permitido que las vaquillonas lleguen a la época de entore con una mejor performance reproductiva y se valore más la primera suplementación invernal.

En cuanto a la altura del anca, los resultados obtenidos a los 19 y 24 meses no muestran diferencias relevantes, estas serían mayores de no haber ocurrido períodos de restricciones alimenticias (otoño e invierno en el manejo conjunto), o de haberse ofrecido otro suplemento (mayor calidad y cantidad), motivos para que no se exprese el potencial bajo ninguno de los tratamientos.

### 5.3 EFECTO DEL MANEJO INVERNAL SOBRE EL DESARROLLO REPRODUCTIVO DE LAS TERNERAS

Los resultados del DAO a los 15 y 16 meses se asocian con lo que afirman Resende et al. (2010), en bovinos con crecimiento restringido el desarrollo de la pubertad se ve retardado, al igual que en los grupos BP y CN. Según los autores se debe a que el desarrollo está asociado al peso corporal, tasa de crecimiento, porcentaje de grasa y relación entre grasa y proteína corporal. Rovira (1996) explica que las ganancias de peso entre el destete y la pubertad, tanto la ganancia total, como el aumento de peso diario promedio, son las variables más relacionadas con la edad y el peso al comienzo de ciclar; coincidiendo con que la variable que mayor explica la ciclicidad temprana (15 meses) es la ganancia diaria durante el primer invierno. A los 15 meses las terneras que ciclan son del grupo AA, aunque es importante mencionar que la proporción es mínima.

En el siguiente diagnóstico (16 meses) aumenta la proporción de animales que ciclan, sobre todo en el grupo de AA, y lo que más lo explica es el peso a los 12 meses. Esto se relaciona con lo expresado por Krause et al. (2003), las vaquillonas alimentadas con un mayor contenido energético alcanzan la pubertad a una edad más joven y mayor peso que las alimentadas con dietas de menor contenido de energía. La mayor cantidad de vaquillonas que ciclan a esta edad son de AA, el grupo con mayor PV post tratamientos.

El resultado del DAO aplicado a los 17 meses es diferente al anterior ya que hay casi la misma cantidad de animales que ciclan y que no. Si se observa que proporción de cada grupo presentó CL, sigue habiendo diferencias, encabezando la mayor proporción las de AA (41%), seguido de las de CN (39%) y por último BP (20%). Esto se vincula con trabajos experimentales realizados por Velazco y Quintans (2009), donde las vaquillonas cruzas británicas alcanzan la pubertad entre los 16 y 17 meses de edad. Las vaquillonas manejadas en este trabajo son Hereford x Angus y Angus puro. Si bien entre cruzas y puras no se presentaron diferencias, si es importante mencionar la relevancia que tiene la genética de los animales. Rovira (1996), Freer (2003) afirman que las razas británicas tienen características reproductivas que las diferencian del resto de los genotipos europeos e índicos. Por lo tanto, no sólo existe un efecto de la edad, sino que también de la genética y de las ganancias primavera-estivales sobre las vaquillonas que perdieron peso durante su primer invierno, aumentando la cantidad de animales que presentan CL a los 17 meses.

Byerley, citado por Evans y Rawlings (2010), determina que la edad a la primera ovulación es muy variable pero no menos importante, ya que aumentar la cantidad de ciclos antes del servicio es fundamental por la fertilidad de los mismos. Es aquí donde se destaca el grupo suplementado con AA, ya que muestra signos de actividad ovárica más temprano que el resto. Byerley et al. (1987) confirman la relación entre la fertilidad y el inicio temprano de la actividad ovárica al observar que se logran preñeces más exitosas en vaquillonas que hayan atravesado al menos dos celos previos al celo del servicio. Se podría suponer que de haberse servido todas las vaquillonas a los 17 o 19 meses, es probable que las del tratamiento AA hubieran logrado mejores resultados de preñez en función a los DAO realizados.

Según Quintans et al. (2003) es común observar vaquillonas de sobreño en celo en otoño y que dejan de manifestarlo en invierno, cesando su actividad cíclica y entrando en un anestro nutricional. Esto es lo que se visualiza en los diagnósticos realizados a los 20 y 24 meses de edad, debido a las pérdidas de PV en otoño y en invierno, respectivamente. Para que las vaquillonas comiencen a ciclar nuevamente, deben alcanzar un peso superior al que poseían antes de entrar en el anestro (Vizcarra y Wetteman, citados por Quintans et al., 2003). Imakawa et al. (1998) mencionan que no es suficiente con que la vaquillona tenga su primer celo, sino que luego que se alcanza la pubertad es necesario que continúe ganando peso para mantener ciclos regulares. Es importante mencionar que en este caso no influye el tratamiento invernal de cada grupo, porque en los resultados se ve como el estatus ovárico acompaña la producción y disponibilidad del forraje durante las estaciones. Durante el verano y hacia el otoño el porcentaje de animales que presenta CL aumenta, mientras que después del segundo invierno (24 meses), época en que son conocidas las deficiencias nutricionales para los animales que pastorean campo natural, el porcentaje de animales ciclando disminuye.

Para finalizar, se cita a Scena y Monje (1994), quienes publicaron resultados en los que vaquillonas que presentaron ganancias diarias mayores durante su primer invierno, pesaron 19 kg más, y presentaron un diámetro uterino mayor en el segundo invierno frente a las de menor ganancia invernal. Si bien las diferencias desaparecieron en el tercer invierno, estos resultados sugieren que una diferencia relativamente pequeña en el peso vivo, puede provocar grandes diferencias en los órganos reproductivos.

A modo de integrar los resultados del presente trabajo a lo anteriormente mencionado, en el análisis discriminante de ciclicidad, la variable que más explica los resultados a los 15 meses es la ganancia diaria. Luego de los 15 meses, se repite que la que más explica es la ciclicidad anterior. Por lo tanto, una diferencia de ganancia diaria invernal, logrando aumentos de peso de 300 g/d, explica en mayor medida los resultados de ciclicidad del experimento.

A partir de los resultados se deja entrever que vaquillonas a temprana edad presentan cierta fragilidad para mantener la ciclicidad, ya que ante cualquier estrés lo primero que deja de priorizarse es la reproducción. Por otro lado, es muy importante desde

un punto de vista productivo destacar que las vaquillonas que ciclaron previo a un evento de estrés, son las que reinician la ciclicidad antes cuando las condiciones lo permiten (Short et al., 1990).

## 6. CONCLUSIONES

Al suplementar terneras con AA al 1% del PV durante su primer invierno, se lograron ganancias de peso, resultando en mayores pesos no sólo al final de invierno, sino durante todo el experimento. La edad a la cual presentan actividad ovárica fue menor que cuando solo se pastorea CN, confirmando la importancia de la distribución y magnitud de las ganancias.

La producción y calidad de forraje, junto con condiciones ambientales son factores determinantes en la performance animal, y en caso de que el objetivo sea un primer servicio a los 2 años, deberían implementarse medidas de manejo en los períodos adversos posteriores al primer invierno.

La suplementación con BP no cumplió los objetivos planteados al inicio, por lo tanto, no resultó una herramienta útil en el proceso de recría en condiciones pastoriles como en las que se realizó el experimento. Los animales no consumieron cantidades de BP que permitan diferenciarse del tratamiento control. Es importante mencionar que a nivel nacional no existe información suficiente sobre este tipo de suplemento y su respuesta animal; es de interés conocer más sobre el consumo voluntario de BP, su formulación y atractivo para el animal.

### 6.1 IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

Para seleccionar temprano vaquillonas para reemplazo del rodeo, por ejemplo, 15 meses, la ganancia diaria es el indicador que mejor explica la futura ciclicidad. Por lo tanto, no es factible lograr entores adelantados sin obtener buenas ganancias durante la recría.

Se reafirma que la suplementación con AA al 1% del PV durante el primer invierno en terneras genera ganancias de peso vivo, siendo una buena opción para pasar esta estación adversa, sobre todo para las categorías más jóvenes en pleno crecimiento.

El crecimiento posterior a una restricción alimenticia es probable que no alcance para revertir el efecto negativo en el desarrollo, es decir, el atraso en que empiecen a ciclar las vaquillonas, comparándose con las que no tuvieron esa restricción.

## 7. RESUMEN

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la suplementación invernal en condiciones de pastoreo de campo natural aplicados a terneras de raza carnífera durante su primer invierno sobre el comienzo de la ciclicidad, así como también en las curvas de crecimiento. El experimento fue realizado en la Estación Experimental Palo a Pique, correspondiente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), departamento de Treinta y Tres, República Oriental del Uruguay. El mismo se inició el 7 de junio 2018 y finalizó el 29 de octubre de 2019. Se utilizaron 101 terneras Angus x Hereford nacidas en la primavera 2017 pertenecientes al rodeo de cría de INIA Treinta y Tres. Previo al inicio del invierno, las terneras fueron estratificadas por peso vivo y edad, y se les fue asignando al azar distintos planos de alimentación para su primer invierno, con suplementos de uso común: i) pastoreo de campo natural con suplementación de afrechillo de arroz entero al 1% del peso vivo, ii) pastoreo de campo natural con suplementación de bloque proteico (2 latones cada 25 animales), y iii) pastoreo de campo natural sin suplementación. Luego del invierno, los tres grupos fueron manejados en conjunto, pastoreando campo natural, con el objetivo de analizar el efecto de la alimentación diferencial. A lo largo del período experimental las terneras fueron pesadas cada 21 días, así como también fue registrada la altura del anca cada 60 días. A su vez, se registraron el consumo diario de bloques, la disponibilidad y calidad de la pastura (cada 21 días) durante la suplementación. Luego de atravesar el manejo diferencial y estando en manejo conjunto, el 7 de diciembre (15 meses de edad) se comenzó a realizar DAO en todas las vaquillonas cada 45 días, con la finalidad de detectar presencia de cuerpo lúteo, y así, evaluar la ciclicidad, y su mantenimiento en el tiempo. El manejo invernal determinó que la tasa de ganancia en esta estación fuera diferente para los distintos tratamientos (0,304, -0,250 y -0,170 kg/d para el tratamiento de AA, BP, y CN respectivamente,  $P < 0.05$ ). Por lo tanto, el peso promedio al finalizar el invierno fue mayor para el tratamiento AA (228 kg) en relación a los tratamientos restantes (196 kg para BP y 191 kg para CN) ( $P < 0.05$ ). Las ganancias durante la primavera y verano siguientes (manejo en conjunto) fueron positivas y mayores a las del invierno; siendo significativamente mayores las de CN y BP a la de AA. Las ganancias primaverales fueron las más altas registradas en todo el período. En el otoño los tres tratamientos tuvieron pérdidas de peso, siendo significativamente menor para el AA. Durante el segundo invierno, las vaquillonas no presentaron diferencias significativas en ganancias de peso, pero el tratamiento de AA fue el que presentó mayor peso vivo. En cuanto a la altura del anca, las vaquillonas de AA fueron las que presentaron diferencias con los otros tratamientos, siendo significativamente superiores a los 12 y 15 meses de edad. A los 15 meses de edad, se detectó CL en un 4% de los animales, siendo las mismas del tratamiento de AA. A medida que pasa el tiempo, el porcentaje de animales ciclando va en aumento, llegando a un máximo de 49% a los 17 meses de edad (compuesto por 41% AA, 20% BP y 39% CN). El porcentaje de vaquillonas que presentaron actividad lútea al final del experimento fue menor en el tratamiento de BP con respecto al tratamiento de AA y CN (12 % vs. 40% y

48% respectivamente) representando el 25% del total de las vaquillonas. Los resultados obtenidos demuestran que terneras suplementadas con afrechillo de arroz al 1% de su PV logran un crecimiento más acelerado que terneras sin suplementar durante el primer invierno (estación caracterizada por su baja disponibilidad de forraje en el Este). En cuanto a la ciclicidad si bien mostraron ser más precoces en los primeros DAO, a partir de los 17 meses los resultados de los mismos difieren mínimamente. Para el caso de la suplementación con BP, se registraron ganancias de PV, medidas de PV y altura del anca similares a las registradas en animales sin suplementar. Los resultados de DAO no fueron exitosos o no se correspondían con lo esperado, por ende, es una herramienta que falta investigar más sobre su utilización y eficacia.

Palabras clave: Recría; Vaquillonas; Pubertad; Nutrición; Performance reproductiva.

## 8. SUMMARY

The objective of this experiment was to evaluate the effect of winter supplementation in natural field grazing conditions applied to cattle meat calves during their first winter on the beginning of cyclicity, as well as on the growth curves. The experiment was carried out at the Palo a Pique Experimental Station, corresponding to the National Institute for Agricultural Research (INIA), department of Treinta y Tres, República Oriental del Uruguay. It began on June 7<sup>th</sup>. 2018 and ended on October 29<sup>th</sup>. 2019. 101 Angus x Hereford calves born in spring 2017 belonging to the INIA Treinta y Tres breeding herd were used. Before the beginning of winter, the calves were stratified by live weight and age, and they were randomly assigned different feeding plans for their first winter, with commonly used supplements: i) natural field grazing with supplementation of rice bran whole at 1% of live weight, ii) natural field grazing with protein block supplementation (2 cans for every 25 animals), and iii) natural field grazing without supplementation. After winter, the three groups were managed together, grazing natural fields, in order to analyze the effect of differential feeding. Throughout the experimental period, the calves were weighed every 21 days, as well as the height of the rump every 60 days. In turn, the daily consumption of blocks, the availability and quality of the pasture (every 21 days) during the supplementation were recorded. After undergoing differential management and being in joint management, on December 7<sup>th</sup>. (15 months of age) DAO was performed in all heifers every 45 days, in order to detect the presence of corpus luteum, and thus, evaluate the cyclicity, and its maintenance over time. The winter management determined that the gain rate in this season was different for the different treatments (0.304, -0.250 and -0.170 kg / d for the AA, BP, and CN treatment respectively,  $P < 0.05$ ). Therefore, the average weight at the end of winter was higher for the AA treatment (228 kg) in relation to the remaining treatments (196 kg for BP and 191 kg for CN) ( $P < 0.05$ ). The gains during the following spring and summer (joint management) were positive and greater than those of the winter; those of CN and BP being significantly higher than that of AA. Spring earnings were the highest on record for the entire period. In the fall, the three treatments had weight losses, being significantly lower for AA. During the second winter, the heifers did not present significant differences in weight gains, but the AA treatment was the one that presented the highest live weight. Regarding height of the rump, AA heifers were the ones that presented differences with the other treatments, being significantly higher at 12 and 15 months of age. At 15 months of age, CL was detected in 4% of the animals, being the same as the AA treatment. As time passes, the percentage of animals cycling is increasing, reaching a maximum of 49% at 17 months of age (composed of 41% AA, 20% BP and 39% CN). The percentage of heifers that presented luteal activity at the end of the experiment was lower in the BP treatment compared to the AA and CN treatment (12% vs. 40% and 48% respectively), representing 25% of the total heifers. The results obtained show that calves supplemented with rice bran at 1% of their LW achieve a more accelerated growth than unsupplemented calves during the first winter (a season characterized by its low forage availability in the East). Regarding cyclicity, although



they showed to be earlier in the first DAO, after 17 months the results of the same differ minimally. In the case of BP supplementation, gains in LW, LW measurements and haunch height were similar to those recorded in unsupplemented animals. The DAO results were not successful or did not correspond to what was expected; therefore, it is a tool that needs to be investigated further on its use and efficacy.

Keywords: Rearing; Heifers; Puberty; Nutrition; Reproductive performance.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, G. P.; Matteri, R. L.; Kastelic, J. P.; Ko, J. C. H.; Ginther, O. J. 1992. Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. (en línea). Journal of Reproduction and Fertility. 94(1):177-188. Consultado 14 abr. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/21602208\\_Association\\_between\\_surges\\_of\\_follicle-stimulating\\_hormone\\_and\\_the\\_emergence\\_of\\_follicular\\_waves\\_in\\_heifers](https://www.researchgate.net/publication/21602208_Association_between_surges_of_follicle-stimulating_hormone_and_the_emergence_of_follicular_waves_in_heifers)
2. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Evans, A. C. O.; Rawlings, N. C. 1994. Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepuberal heifers. (en línea). Journal of Reproduction and Fertility 100(1):27-33. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/226123224.pdf>
3. Ahmadzadeh, A.; Carnahan, K.; Autran, C. 2011. Understanding puberty and postpartum anestrus. In: Hall, J. B.; Cooke, R. eds. Applied reproductive strategies in beef cattle. Boise, Idaho, University of Idaho. Department of Animal and Veterinary Sciences. pp. 45-60.
4. Araujo, A. 2004. Pubertad en la hembra bovina. (en línea). Valledupar, Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facultad de Ciencias Agrarias. 7 p. Consultado 15 ene. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/57-pubertad\\_en\\_la\\_hembra\\_bovina.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/57-pubertad_en_la_hembra_bovina.pdf)
5. Araujo, O. 1997. Experiencias con bloques multinutricionales en el estado de Zulia. (en línea). Revistas Científicas y Humanísticas Luz. 14(3):377-384. Consultado 22 nov. 2020. Disponible en <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26138>
6. Arije, G. F.; Wiltbank, J. N. 1974. Prediction of age and weight at puberty in beef heifers. Journal of Animal Science. 38(4):803-810.

7. Ayala, W.; Carriquiry, E.; Carámbula, M. 1993. Caracterización y estrategias de utilización de pasturas naturales en la región Este. *In*: Campo natural: estrategia invernal, manejo y suplementación. Montevideo, INIA. pp. 1-28 (Actividades de Difusión no. 49).
8. \_\_\_\_\_.; Bermúdez, R.; Carámbula, M.; Risso, D.; Terra, J. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos de lomadas del Este. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 69-108 (Boletín de Divulgación no. 76).
9. Barreto, S.; Negrín, D. 2005. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnífera: segundo año de evaluación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 89 p.
10. Bemhaja, M. 2001. Tecnologías para la mejora de la producción de forraje en suelos arenosos. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J. eds. Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos del Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 109-122 (Boletín de Divulgación no. 76).
11. Berardinelli, J. G.; Dailey, R. A.; Butcher, R. L.; Inskeep, E. K. 1979. Source of progesterone prior to puberty in beef heifers. (en línea). Journal of Animal Science. 49(5):1276-1280. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Robert\\_Dailey2/publication/22601581\\_Source\\_of\\_progesterone\\_before\\_puberty\\_in\\_beef\\_heifers/links/0912f50604ca622892000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Robert_Dailey2/publication/22601581_Source_of_progesterone_before_puberty_in_beef_heifers/links/0912f50604ca622892000000.pdf)
12. 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. (en línea). Biology of Reproduction. 51:1051-1057. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/15350408\\_Ovarian\\_Follicular\\_Development\\_in\\_Prepubertal\\_Heifers\\_Is\\_Influenced\\_by\\_Level\\_of\\_Dietary\\_Energy\\_Intake](https://www.researchgate.net/publication/15350408_Ovarian_Follicular_Development_in_Prepubertal_Heifers_Is_Influenced_by_Level_of_Dietary_Energy_Intake)
13. Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados.

Montevideo, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 151).

14. Berretta, E.; Bemhaja, M. 1998. Producción estacional de comunidades naturales de basalto de la unidad Queguay Chico. *In*: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 16-28 (Serie Técnica no. 102).
15. Bidart, J. B. 1990. El tamaño en relación a la producción de carne. (en línea). Fleckvieh-Simmental. 8(49):22-25. Consultado 27 set. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/frame%20score/61-el\\_tamano\\_en\\_relacion\\_a\\_la\\_produccion\\_de\\_carne.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/61-el_tamano_en_relacion_a_la_produccion_de_carne.pdf)
16. BIF (Beef Improvement Federation, US). 2010. Guidelines for uniform beef improvement programs. 9<sup>th</sup>. ed. Raleigh, North Carolina State University. pp. 28– 34.
17. Birbe, B.; Herrera, P.; Colmenares, O.; Martínez, N. 2006. El consumo como variable en el uso de bloques multinutricionales. *In*: Seminario de Pastos y Forrajes (2002, Maracaibo). Trabajos presentados. Maracaibo, s.e. pp. 43-61.
18. Borges, M.; Frick, C. F. 2002. Factores que afectan la fertilidad de vaquillonas Hereford y Brahman x Hereford en el servicio de 18 meses de edad. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 132 p.
19. Bracho, H. 2017. Elaboración de bloques multinutricionales para alimentación de bovinos, usando contenido ruminal e ingredientes minerales. (en línea). Engormix.com. s.p. Consultado 22 nov. 2020. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/elaboracion-bloques-multinutricionales-alimentacion-t41152.htm>
20. Brody, S. 1964. Biogenetics and growth. Hafnaer Publishing Company, Inc. New York 3, N.Y. p. 495 – 500.
21. Bronson, F. H.; Manning, J. 1991. The energetic regulation of ovulation: a realistic role for body fat. *Biology of Reproduction*. 44:945-950.
22. Byerley, D. J.; Staigmiller, J. G.; Berardinelli, R. E. 1987. Short, pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. (en línea). *Journal of Animal Science*. 65(3):645-650. Consultado 6 ago. 2020. Disponible en

<https://doi.org/10.2527/jas1987.653645x>

23. Callejas, S. 2004. Control farmacológico del ciclo estral bovino: bases fisiológicas, protocolos y resultados. (en línea). Revista Taurus. 6(24):22-34. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/65-control\\_farmacologico\\_ciclo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/65-control_farmacologico_ciclo.pdf)
24. Campos, F.; Terra, G.; Santamarina, I.; Pigurina, G. 2002. Comparación entre afrechillo de arroz y una formulación comercial como suplementos para terneras de destete pastoreando campo natural durante el invierno. In: Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 41-55 (Actividades de Difusión 294).
25. Campos, R.; Hernández, É. 2008. Relación nutrición/fertilidad en bovinos. (en línea). Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. pp. 1-55. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/3656/1/romulocamposgaona2008.pdf>
26. Carámbula, M. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
27. Colazo, M. G.; Mapletoft, R. J. 2014. Fisiología del ciclo estral bovino. (en línea). Revista Ciencias Veterinarias. 16(2):31-46. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1702/1689>
28. Costa, A. J., Moreira, R. B.; Scarsi, M. A. 2007. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera. Tercer año de evaluación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 106 p.
29. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Ayala, W.; Quintans, G. 2008. Efecto de tres ganancias invernales sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera (tercer año de evaluación). In: Seminario de Actualización Técnica sobre Cría Vacuna (2008, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 70-76 (Serie Técnica no. 174).
30. Evans, A. C. O.; Rawlings, N. C. 2010. Fisiología de la pubertad de terneros y terneras. (en línea). Revista Taurus. 12(45):11-23. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en <http://www.produccion->

[animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/130-fisiologia\\_pubertad.pdf](http://animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/130-fisiologia_pubertad.pdf)

31. Faure, R.; Morales, C. 2003a. La pubertad de la hembra bovina I: aspectos fisiológicos. (en línea). Revista Salud Animal. 25(1):13-19. Consultado 18 feb. 2020. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:h415juQysZcJ:redulac.censa.edu.cu/index.php/es/documentos-cientificos/category/2-articulos-cenlac%3Fdownload%3D95:la-pubertad-de-la-hembra-bovina-aspectos-fisiologicos%26start%3D20+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=uy>
32. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2003b. La pubertad de la hembra bovina II: aspectos productivos. (en línea). Revista Salud Animal. 25(2):83-90. Consultado 18 feb. 2020. Disponible en <http://redulac.censa.edu.cu/index.php/es/documentos-cientificos/category/2-articulos-cenlac?download=94:la-pubertad-de-la-hembra-bovina-ii&start=25>
33. Fernández, G.; San Martín, F.; Ecurra E. 1997. Uso de bloques nutricionales en la suplementación de ovinos al pastoreo. Revista de Investigación Pecuaria IVITA. 8:29-38.
34. Filipiak, Y.; Viqueira, M.; Bielli, A. 2016. Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. (en línea). Revista Veterinaria. 52(202):s.p. Consultado 6 ago. 2020. Disponible en [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-48092016000200002&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-48092016000200002&script=sci_arttext&tlng=en)
35. Fitzgerald, J.; Michel, F.; Butler, W. R. 1982. Growth and sexual maturation in ewes: dietary and seasonal effects modulating luteinizing hormone secretion and first ovulation. (en línea). Biology of Reproduction. 27:864-870. Consultado 20 may. 2020. Disponible en <https://academic.oup.com/biolreprod/article/27/4/864/2767376>
36. Fernández Mayer, A. 2012. Bloques multinutricionales y suplemento activador ruminal. (en línea). Engormix.com. s.p. Consultado 24 nov. 2020. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/bloques-multinutricionales-bmn-suplemento-t29493.htm>
37. Flores, J.; Sampedro, D. 2013. Recría de vaquillas. Alternativas para anticipar el primer servicio. (en línea). INTA. Noticias y Comentarios. no. 496:1-4. Consultado 13 mar. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/162-recria\\_vaquillonas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/162-recria_vaquillonas.pdf)

38. Freer, R. E. 2003. La ventaja de las razas británicas. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. s.p. Consultado 18 mar. 2020. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/>
39. Ginther, O. J. 1974. Internal regulation of physiological processes through local venoarterial pathways: a review. (en línea). Journal of Animal Science. 39(3):550-564. Consultado 16 abr. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/18952994\\_Internal\\_Regulation\\_of\\_Physiological\\_Processes\\_through\\_Local\\_Venoarterial\\_Pathways\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/18952994_Internal_Regulation_of_Physiological_Processes_through_Local_Venoarterial_Pathways_A_Review)
40. González Padilla, E. 1978. La aparición de la pubertad en vaquillas. (en línea). Ciencia Veterinaria. 2:293-324. Consultado 17 ene. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/57-pubertad\\_en\\_la\\_hembra\\_bovina.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/57-pubertad_en_la_hembra_bovina.pdf)
41. Greer, R. C. 1984. Effect of daylength at birth and lunar phase on the occurrence of first oestrus in beef heifers. Journal of Animal Science. 39(1):59-63
42. Hansen, P. J.; Kamwanja, L. A.; Hauser, E. R. 1983. Photoperiod influences age at puberty of heifers. Journal of Animal Science. 57(4):985-992.
43. Henao, G.; Trujillo, L. 2000. Establecimiento y desarrollo de la dominancia folicular bovina: revisión. (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 13(2):108-119. Consultado 6 ago. 2020. Disponible en [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7186/6/Henao\\_R\\_2000\\_Establecimiento\\_dominancia\\_folicular.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7186/6/Henao_R_2000_Establecimiento_dominancia_folicular.pdf)
44. Hernández, A. 2008. Desarrollo sostenible de ganadería doble propósito: pubertad en la hembra bovina. Trujillo, Universidad de los Andes. pp. 531-545.
45. Hernández, J. 2012. Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. México, Copias Gráficas. 172 p.
46. Honaramooz, A.; Aravindakshan, J.; Chandolia, R. K.; Beard, A. P.; Bartlewski, P. M.; Pierson, R. A.; Rawlings, N. C. 2004. Ultrasonographic evaluation of the pre-puberal development of the reproductive tract in beef heifers. (en línea). Animal Reproduction Science. 80:15-29. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Pawel\\_Bartlewski/publication/8663253\\_Ultrasonographic\\_evaluation\\_of\\_the\\_pre-pubertal\\_development\\_of\\_the\\_reproductive\\_tract\\_in\\_beef\\_heifers/links/5](https://www.researchgate.net/profile/Pawel_Bartlewski/publication/8663253_Ultrasonographic_evaluation_of_the_pre-pubertal_development_of_the_reproductive_tract_in_beef_heifers/links/5)

[a28a7b7a6fdcc8e8671bd7d/Ultrasonographic-evaluation-of-the-pre-pubertal-development-of-the-reproductive-tract-in-beef-heifers.pdf](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203737199)

47. Horn, G. W.; Paisley, S. I. 1998. Supplementation strategies for growing cattle grazing small grain winter pastures. *Journal of Animal Science*. 76(2):22-23.
48. Imakawa, K.; Day, M. L.; Garcia Winder, M.; Zalesky, D. D.; Kittok, R. J.; Schanbacher, B. B.; Kinder, J. E. 1998. Endocrine changes during restoration intake in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 63(2):565-571.
49. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistema de Información, UY). 2020. Banco datos agroclimáticos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado mar. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
50. Jiménez, A. 2016. El ciclo estral bovino: regulación neuroendocrina. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 6 p. Consultado 14 abr. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/246-El\\_Ciclo\\_Estral.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/246-El_Ciclo_Estral.pdf)
51. Kersey DeNise, R. S.; Brinks, J. S. 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *Journal of Animal Science*. 61(6):1431-1440.
52. Koong, L. J.; Ferrel, C. L.; Nienaber, J. A. 1985. Assessment of interrelationships among levels of intake and production, organ size and fasting heat production in growing animals. *The Journal of Nutrition*. 115:1383-1390.
53. Krause, K. M.; Combs, D. K.; Beauchemin, K. A. 2003. Effects of increasing levels of refined cornstarch in the diet of lactating dairy cows on performance and ruminal ph. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 86(4):1341-1353. Consultado 20 may. 2020. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203737199>
54. Laster, D. B.; Glimp, H. A.; Gregory, K. E. 1972. Age and weight at puberty and conception in different breeds and breed-crosses of beef heifers. *Journal of Animal Science*. 34(6):1031-1036.



55. Luzardo, S.; Cuadro, R.; Lagomarsino, X.; Montossi, F.; Brito, G.; La Manna, A. 2014. Tecnología para la intensificación de la recría bovina en el basalto: uso estratégico de suplementación sobre campo natural y pasturas mejoradas. (en línea). In: Berretta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos de Basalto. Montevideo, INIA. pp.71-91 (Serie Técnica no. 217). Consultado 24 dic. 2020. Disponible en <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/ST%20217.pdf>
56. Mac Loughlin, R. J. 2009. Tablas de requerimientos de nutrientes para recría y engorde de bovinos. (en línea). s.n.t. 9 p. Consultado 31 ago. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/17-TABLAS.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/17-TABLAS.pdf)
57. Matamoras, R.; Salinas, P. 2017. Endocrinología del ciclo estral bovino. (en línea). In: Matamoras, R.; Salinas, P. eds. Fundamentos de fisiología y endocrinología reproductiva en animales domésticos. Santiago de Chile, Universidad Santo Tomás. pp. 167-187. Consultado 5 ago. 2020. Disponible en [https://www.academia.edu/42069596/Fundamentos\\_de\\_Fisiolog%C3%A9Da\\_y\\_Endocrinolog%C3%ADa\\_Reproductiva\\_en\\_Animales\\_Dom%C3%A9sticos](https://www.academia.edu/42069596/Fundamentos_de_Fisiolog%C3%A9Da_y_Endocrinolog%C3%ADa_Reproductiva_en_Animales_Dom%C3%A9sticos)
58. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Anuario estadístico agropecuario 2020. Montevideo. 270 p.
59. Montes, E. 2019. La cría de vacunos de carne: claves para su mejora. (en línea). Montevideo, IPA (Instituto del Plan Agropecuario). 139 p.
60. Moreira Da Costa, J. A. 2016. Entore con 15 meses. Revista Plan Agropecuario no. 160:32-34.
61. Motta, P. A.; Ramos, N.; González, C. M.; Castro, E. C. 2011. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. (en línea). Medicina Veterinaria y Zootecnia. 5(2):88-99. Consultado 15 abr. 2020. Disponible en <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v5n2a08.pdf>
62. Nelsen, T. C.; Long, C. R.; Cartwright, T. C. 1982. Postinflection growth in straightbred and crossbred cattle II: relationships among weight, height and pubertal characters. Journal of Animal Science. 55(2):293-304.

63. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Short, R. E.; Phelps, D. A.; Straigmiller, R. B. 1985. Nonpuberal estrus and mature cow influences on growth and puberty in heifers. *Journal of Animal Science*. 61(2):470-473.
64. NRC (National Research Council, US). 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup>. rev. ed. updated. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.
65. Olazabal, J.; San Martín, F. 2008. Revisión bibliográfica: crecimiento compensatorio. (en línea). Lima, Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. 11 p. Consultado 24 nov. 2020. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202021/2/Crecimiento%20Compensatorio.pdf>
66. Olmos, F. 1992. Aportes para el manejo de campo natural: efecto de la carga animal y el periodo de descanso en la producción y evolución de un campo natural de Caraguatá (Tacuarembó). Montevideo, INIA. 40 p. (Serie Técnica no. 20).
67. \_\_\_\_\_. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región Noreste. Montevideo, INIA. 22 p. (Boletín de Divulgación no. 64).
68. Pérez, C.; Lira, R. 2018. Importancia del frame o tamaño en ganado de carne en Magallanes. (en línea). Ministerio de Agricultura e Instituto de Investigación Agropecuaria de Kampenaike (Chile). Boletín informativo no. 81. 6 p. Consultado 12 set. 2020. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41492.pdf>
69. Pinos, J. M.; Sánchez, M. T. 2001. Efecto del consumo de energía en los procesos reproductores de la hembra bovina: una revisión. (en línea). *Revista Científica*. 11(3):256-263. Consultado 18 may. 2020. Disponible en <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14776>
70. Pittaluga, O.; Rovira, J. 1968. Influencia del nivel nutricional sobre el crecimiento y pubertad de terneras hereford. Facultad de Agronomía (Uruguay). EEMAC. Boletín Técnico. 5(2):68-78.
71. Prieto, E.; Hernández, A. 1993. Edad y peso al inicio de la pubertad y seguimiento de los tres primeros ciclos estrales en novillos Holstein. (en

línea). Medicina Veterinaria y Zootecnia. 40:7-14. Consultado 3 feb. 2020. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/48061>

72. Quintans, G.; Vaz Martins, D.; Carriquiry, E. 1993. Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de terneras. *In*: Jornada de Campo Natural: estrategia Invernal, Manejo y Suplementación (1993, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 35-53 (Actividades de Difusión no. 49).
73. \_\_\_\_\_. 1994a. Efecto de diferentes fuentes de suplemento sobre el comportamiento de terneras. *In*: Bovinos para Carne: avances en la Suplementación de la Recría e Invernada Intensiva (1994, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. cap. 2, pp. 8-12 (Actividades de Difusión no. 34).
74. \_\_\_\_\_. 1994b. Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. *In*: Bovinos para Carne: avances en la Suplementación de la Recría e Invernada Intensiva (1994, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. cap. 2, pp. 13-21 (Actividades de Difusión no. 34).
75. \_\_\_\_\_. 2002. Manejo de la recría vacuna en sistemas ganaderos. *In*: Seminario de Actualización Técnica sobre Cría y Recría Ovina y Vacuna (2002, Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 47-55 (Actividades de Difusión no. 288).
76. \_\_\_\_\_.; López, C.; Vázquez, A. I.; Pereyra F. 2003. Monitoreo de la actividad reproductiva en vaquillonas previo al entore. *In*: Jornada Anual de Producción Animal (2003, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 28-32 (Actividades de Difusión no. 332).
77. \_\_\_\_\_. 2006. Recría vacuna: preparándonos para el invierno. Revista INIA. no. 6:2-5.
78. \_\_\_\_\_.; Roig, G. 2008a. Principales factores que afectan la aparición de la pubertad en vaquillonas de razas carniceras. *In*: Seminario de Actualización Técnica sobre Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 56-58 (Serie Técnica no. 174).
79. \_\_\_\_\_. 2008b. Recría vacuna: antecedentes y nuevos enfoques. *In*: Seminario de Actualización Técnica sobre Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres).

Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53-55 (Serie Técnica no. 174).

80. \_\_\_\_\_. 2016. Diagnóstico de actividad ovárica: una herramienta que debemos conocer. Revista INIA. no. 47:13-14.
81. Resende, K. T.; Texeira, I. A. M. A.; Fernandes, M. H. 2010. Metabolismo de energía. *In*: Berchielli, T. T.; Pires, V. A.; De Oliveira, S. M. eds. Nutrição de ruminantes. 2ª. ed. Jaboticabal, Brasil, FUNEP. pp. 323-344.
82. Rippe, C. A. 2018. El ciclo estral. (en línea). Engormix.com. s.p. Consultado 28 jul. 2021. Disponible en <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/ciclo-estral-t42271.htm>
83. Robinson, T. J. 1977. Reproduction in cattle. *In*: Cupps, P. T. ed. Reproduction in domestic animals. 4<sup>th</sup>. ed. San Diego, California, Academic Press. pp. 433-446.
84. Romero, B. M.; Araújo, F. O.; Goicochea, L. J.; Esperanza, B. D. 1995. Efecto del plano de nutrición y del predominio racial sobre el crecimiento y aparición de la pubertad en novillas mestizas. (en línea). Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia. 12:233-246. Consultado 15 may. 2020. Disponible en <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26022>
85. Rovira, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 288 p.
86. Saldanha, S. 2005. Manejo del pastoreo en campos naturales sobre suelos medios de basalto y suelos arenosos de cretácico. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 75-84 (Serie Técnica no. 151).
87. Sampedro, D. 2017. Alternativas de suplementación para corregir las deficiencias nutricionales del campo natural en el centro Sur de Corrientes. (en línea). INTA. Noticias y Comentarios no. 548:1-6. Consultado 2 abr. 2021. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_suplementacion\\_invernal\\_para\\_r\\_ecria\\_noticias\\_y\\_comentarios\\_547\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_suplementacion_invernal_para_r_ecria_noticias_y_comentarios_547_0.pdf)
88. Scena, C. G.; Monje, A. R. 1994. Efecto de la suplementación energético-proteica invernal en vaquillonas de recría, la ganancia de peso, desarrollo

genital y actividad sexual. Revista Argentina de Producción Animal. 14:122- 123.

89. Schillo, K. K.; Hall, J. B.; Hileman, S. M. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. Journal of Animal Science. 70(12):3994-4005.
90. Short, R. E.; Bellows, R. A. 1971. Relationships among weight gains, age at puberty and reproductive performance in heifers. Journal of Animal Science. 32(1):127-131.
91. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science. 68(3):799-816.
92. Simeone, A.; Beretta, V. 2000. Criterios para el ajuste de la proteína en dietas para ganado de carne. (en línea). In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (38<sup>as.</sup>, 2000, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. pp. 166-168. Consultado 11 set. 2020. Disponible en [https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/15/JB2010\\_166-168.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/15/JB2010_166-168.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
93. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2004. Uso de alimentos concentrados en sistemas ganadero: ¿es buen negocio suplementar al ganado? (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2004, Paysandú, Uruguay). Manejo nutricional en ganado de carne. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 10-17. Consultado 11 set. 2020. Disponible en <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2004.pdf>
94. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Elizalde, J.; Caorsi, J. 2012. Agregando valor a la cría: sistema de alimentación diferencial del ternero. (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14<sup>a.</sup>, 2012, Paysandú). Una nueva cría, un nuevo engorde, una nueva ganadería. Paysandú, Uruguay, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 28-37. Consultado 30 nov. 2020. Disponible en <http://www.upic.com.uy/assets/pdf/upic-2012.pdf>
95. Straumann, J. M. 2006. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera: primer año de evaluación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 95 p.

96. Taller de Evaluación de los Diagnósticos de Gestación Vacuna (18°. 2020, Treinta y Tres). 2020. Trabajos presentados. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 27 nov. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-treinta-y-tres/XVIII-Taller-de-evaluacion-de-los-diagnosticos-de-gestacion-vacuna>
97. Urioste, J. I. 2008. Selección y reproducción en bovinos de carne. In: Seminario de Actualización Técnica sobre Cría Vacuna (2008, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-24 (Serie Técnica no. 174).
98. Velazco, J. I.; Quintans, G. 2009. Manejo de la recría de vaquillonas para servicio anticipado a los 15 meses; resultados preliminares. In: Jornada de Divulgación sobre Producción Animal (2009, Treinta y Tres). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 61-68 (Actividades de Difusión no. 591).
99. 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. *Journal of Animal Science*. 73(8):2390-2405.

## 10. ANEXOS



Figura 1. Instrumento utilizado para medir altura del anca (imagen ilustrativa), donde se puede apreciar el nivel (en color negro) y la regla milimetrada (en color gris)