

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Médico Veterinario

Modalidad: Monografía

**“IMPRINTING METABÓLICO TEMPRANO EN BOVINOS: EFECTOS
SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CARNE”**

**Facundo Emanuel Bossio
37167291**

Directora: Laura Macor

**Río Cuarto- Córdoba
Mayo/2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Imprinting Metabólico Temprano en Bovinos y su impacto en la producción de carne.

Autor: Facundo Emanuel Bossio.
DNI: 37167291

Directora: Laura Macor.

Co-Director:

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión

Evaluadora:

Fecha de presentación: ___/___/_____

Secretario Académico

RESUMEN

El imprinting metabólico temprano (IMT) se basa en respuestas adaptativas del organismo a condiciones nutricionales específicas en la vida postnatal temprana, esto sucede debido a que los órganos no están completamente desarrollados al nacimiento y continúan desarrollándose en la vida postnatal temprana. Esta adaptación se produce gracias a un proceso denominado epigenética, en el que se producen modificaciones genéticas sin cambios en la secuencia del ADN. Las alteraciones epigenéticas afectan permanentemente el metabolismo de los mamíferos a nivel celular, bioquímico y molecular, modificando el metabolismo y la deposición de tejido adiposo y muscular. Estos efectos se plantean como una posibilidad para mejorar la producción de carne en cantidad, eficiencia y calidad. El IMT en bovinos se puede inducir mediante una intervención nutricional en la vida postnatal temprana (80 a 180 días de vida) mediante destete precoz (DP) o *creep feeding* (CF). Numerosos estudios realizados en Estados Unidos demostraron que al implementar dichas técnicas alimentando con concentrados energéticos se generan modificaciones en el metabolismo animal que logran mejorar la calidad y rendimiento de las carcasas. Se observaron efectos del IMT sobre aumentos en el peso a la edad del destete tradicional, grado de marmóreo, área de ojo de bife y peso en caliente de las carcasas con una disminución en el espesor de grasa dorsal y porcentaje de grasa visceral, con el consiguiente aumento de rendimiento. Además, el IMT produce un impacto positivo en la eficiencia productiva ya que se demostró que los terneros DP tienen mejor eficiencia de conversión que los destetados tradicionalmente. Las mejoras que se logran con el IMT tanto en la eficiencia productiva como en la calidad y cantidad de carne pueden generar un impacto económico favorable sobre los diferentes sistemas de producción de carne, sin embargo su implementación como una técnica productiva en los sistemas de carne Argentinos requiere de investigaciones nacionales que evalúen su viabilidad económica.

ÍNDICE

Índice de tablas	1
Abreviaciones	2
Introducción	3
Objetivos	7
Desarrollo	8
I. Imprinting metabólico temprano	9
II. Inducción	13
III. Efectos sobre variables productivas	14
3.1 Marmóreo	14
3.2 Área de ojo de bife	21
3.3 Espesor de grasa dorsal	23
3.4 Grasa visceral	25
3.5 Clasificación de las carcasas según su rendimiento y calidad	6
3.6 Peso vivo	28
3.7 Interacción endócrina y molecular: eje somatotrófico	30
IV. Selección genética	33
V. Aspectos económicos y eficiencia productiva	37
Conclusión	42
Bibliografía	45

ÍNDICE DE TABLAS

Grado de marmmóreo y los equivalentes numéricos más el grado de calidad asociado con cada grado de marmóreo	17
Efectos de la intervención nutricional temprana en marmóreo según diferentes autores	18
Distribución de la producción de ácidos grasos volátiles en el ganado bovino según el tipo de alimento	21
Efectos sobre el área de ojo de bife lograda según diferentes autores	22
Efectos de diferentes manejos nutricionales en terneros sobre el área de ojo de bife	23
Efectos de la intervención nutricional temprana en el espesor de grasa dorsal obtenido según diferentes autores	24
Efectos de la intervención nutricional temprana sobre el porcentaje de grasa visceral obtenido según diferentes autores	26
Efectos de la intervención nutricional temprana en la calidad de reses según diferentes autores	27
Efectos de la intervención nutricional temprana en el peso a la edad del destete convencional y peso en caliente de las carcasas según autores	29
Clasificación argentina de las reses	41

ABREVIACIONES

ADPV: aumento diario de peso vivo.

AGV: ácidos grasos volátiles.

AOB: área de ojo de bife.

A:G: relación alimento/ganancia.

CC: condición corporal.

CF: *creep feeding*.

CMD: consumo medio diario.

CR: consumo residual.

CS: células satélite.

DC: destete convencional.

DP: destete precoz.

DT: destete tradicional.

EC: eficiencia de conversión.

EGD: espesor de grasa dorsal.

GSC: grasa subcutánea.

GV: grasa visceral.

PCC: peso en caliente de las carcasas.

IM: imprinting metabólico.

IMT: imprinting metabolic temprano.

TDC: ternero destetado convencionalmente.

TDP: ternero destetado precozmente.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina Argentina históricamente se abocó al mercado interno con sus excedentes destinados a la exportación, la participación en este último mercado nunca alcanzó la magnitud del local, sin embargo en 1980 ocupó el segundo lugar en el ranking mundial, en la década de 1990 se posicionó como cuarto exportador y en el 2005 estuvo en el tercer puesto. Pero en marzo de 2006 las exportaciones de carne se cerraron y como consecuencia, durante el 2012 se exportó el 25% del volumen de carne vacuna que se envió en 2005. Actualmente ha decrecido hasta llegar al onceavo puesto, superado por India, Brasil, Australia, Estados Unidos, Nueva Zelanda, Canadá, Uruguay, Paraguay, Unión Europea y México (Pordomingo, 2014; Observatorio de la Cadena de Carne Bovina Argentina, 2012).

En 2016 se reabrieron completamente las exportaciones cárnicas nacionales y se generó una oportunidad para insertarse en el mercado mundial. Actualmente existen dos acuerdos de mercado (cuotas de carne vacuna) de exportación conocidos como: cuota Hilton y cuota 481. La cuota Hilton, demanda 30.000 toneladas de carne sin hueso proveniente de bovinos criados con características particulares. El ciclo 2014/2015 fue el octavo año consecutivo en el que Argentina no cumplió con los embarques acordados (Roulet, 2016).

La “cuota *feedlot* o cuota 481”, implementada desde el año 2014, es un cupo asignado por Europa para la importación de 48 mil toneladas de calidad superior. A diferencia de la cuota Hilton, no es asignada en proporciones determinadas a cada país, por lo tanto todos los mercados habilitados compiten en precio y calidad, dicho con otras palabras, los importadores europeos deciden a quien comprarle (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2014). Argentina ha exportado bajos volúmenes de carne con esta cuota. Al compararse con Uruguay, desde abril hasta octubre del año 2015, exportó solamente 50 toneladas de carne para este mercado, mientras que el país vecino exportó 100 toneladas por mes durante aquel período (Iriarte, 2015).

Esta baja cantidad de toneladas exportadas se deben a que en el país se dan una serie de dificultades técnicas y comerciales para cumplir con los requisitos que esta cuota exige. Por empezar, el novillo 481 buscado por los compradores debe pesar entre 500 y 550kg, para esto los *feedlots* necesitan novillitos trazados de 250-350kg, pero que sean jóvenes para poder ser terminados con no más de dos incisivos permanentes. La oferta de los mismos es escasa, y el precio muy alto, por lo tanto el negocio se vuelve demasiado arriesgado para los invernadores. Por otro lado, se generan rechazos de hasta el 30% debido a machucones, exceso de engrasamiento, escaso marmóreo y de edad por dentición. Estos

rechazos son destinados para consumo interno, lo que de por sí disminuye el precio de las reses, además el peso de las carcasas y el contenido graso es considerado excesivo para el consumidor argentino, lo que genera que el precio final de la carne sea menor que el promedio del mercado local. Un bajo valor del producto, sumado a los altos costos de producción generan incertidumbre y rechazo en los productores de *feedlot* a la hora de producir novillos 481 (Iriarte, 2015; Mc Loughlin, 2015).

El mercado mundial demanda carcasas de alta calidad y más pesadas que las que actualmente se producen. Para generar una actividad más competitiva en el mismo, se requiere una tecnología que favorezca el aumento de la calidad y cantidad de carne bovina que cubra esta demanda. Para permitir un avance cuantitativo y cualitativo en la productividad de carne, se requiere que los productores argentinos utilicen diferentes tecnologías.

En las últimas décadas han ocurrido modificaciones en el uso de la tierra y en los sistemas de producción, afectados fundamentalmente por cambios significativos en la rentabilidad de la agricultura y el retiro del negocio de exportación de carne bovina, las hectáreas destinadas a ganadería se redujeron, lo cual obligó a los productores ganaderos a utilizar técnicas de intensificación que concentren el número de animales por unidad de superficie, mediante el aumento en el uso de insumos y el desarrollo de capacidades para combinarlos adecuadamente. La actividad que tuvo mayor impacto tuvo fue el *feedlot*, que además se vio ampliamente favorecida en los últimos dos años con los bajos precios de maíz. La cría también se intensificó ya que se incorporó el corral en esta etapa en combinaciones con procesos pastoriles.

En cuanto a la actividad cría no se ha observado un aumento de productividad, los índices reproductivos y productivos no han cambiado de manera significativa en los últimos 30 años (Lobbosco, 2009; Pordomingo, 2014). Las tecnologías desarrolladas en la actividad se enfocaron en mejorar los índices reproductivos de la hembra, sin miramientos sobre la calidad del producto a largo plazo. Actualmente, se cuenta con tecnologías disponibles para mejorar el nivel de producción, pero su grado de implementación es significativamente bajo. Como indicio de esto es menester mencionar la circunstancia de que menos del 67% de los establecimientos agropecuarios (EAPs) realiza pastoreo rotativo para utilizar más eficientemente sus recursos forrajeros, lo mismo ocurre con la suplementación. Prácticas como la implementación de inseminación artificial, servicio a corral, control de fertilidad en toros y/o destete antes de los 6 meses de edad se lleva a cabo en no más del 33% de los EAPs (Del Río, 2012).

En los últimos 15 años se realizaron estudios que demostraron que mediante la implementación de medidas de manejo como destete precoz y creep feeding se producen modificaciones metabólicas en los terneros que contribuirían a lograr avances cualitativos y cuantitativos en la producción.

Los cambios metabólicos in útero, ya sea un pobre aporte de nutrientes y oxígeno o un abastecimiento exagerado de los mismos, establecen patrones fisiológicos y estructurales a largo plazo, que “programan” la salud o la enfermedad durante la vida adulta. Este proceso es denominado programación fetal (Vieau, 2011) y es causado por un efecto denominado imprinting metabólico (IM) prenatal. En cuanto a la nutrición luego del nacimiento, en muchas especies de mamíferos el desarrollo del organismo no es completo al nacer y continua en la vida postnatal temprana (Moriel y Arthington, 2013), momento en el que también puede producirse un imprinting metabólico, en este caso se lo denomina imprinting metabólico temprano (IMT). En humanos el sobrepeso y la obesidad infantil predisponen a enfermedades no transmisibles como obesidad a edad adulta, enfermedades cardiovasculares (principalmente cardiopatías y accidentes cerebro vasculares) y diabetes (OMS, 2016). Las investigaciones inicialmente se basaron en estudios epidemiológicos realizados en humanos que demostraron que la nutrición prenatal y la postnatal están implicadas en el riesgo de desarrollar diferentes enfermedades. En los últimos años se han realizado trabajos sobre varias especies de mamíferos. En bovinos por ejemplo, se han estudiado los efectos del IMT sobre diferentes componentes de la cadena productiva: reproducción, crecimiento y calidad y rendimiento de carnes, debido a cambios en la fisiología y metabolismo del organismo, con consecuencias a largo plazo sobre la composición corporal, la calidad y el peso de las carcasas (Moriel y Arthington, 2013; Moriel *et al.*, 2013; Ahola, 2014; Scheffler *et al.*, 2014; Meyer *et al.*, 2005; Moriel, 2013).

El IMT se genera a través de una intervención nutricional altamente energética en la vida postnatal temprana de los animales, aproximadamente desde los 80 hasta los 180 días de vida.

El mejoramiento genético se plantea como otra forma de mejorar la calidad y cantidad de carne producida, esta herramienta cuenta con algunas desventajas que hacen que no pueda ser utilizada como única alternativa. Por ejemplo, si se realiza una selección genética para aumentar el marmóreo, se producirá un aumento en la demanda de nutrientes para la producción láctea de la vaca que afectaría la reproducción en ambientes con recursos nutricionales limitados debido a que existe una correlación genética positiva entre marmóreo y producción de leche materna (Rawlings, 1998. Citado por Martson, 2007).

La implementación del imprinting metabólico temprano (IMT), se plantea como una posibilidad que logrará mejoras a largo plazo en los sistemas productivos argentinos, tanto en marmóreo como en calidad y peso de las carcasas producidas, sin los efectos negativos que se producirían con el mejoramiento genético.

Los artículos de referencia analizados en esta monografía se realizaron en Estados Unidos, por lo que se consideró la evaluación de la calidad de carne utilizada en dicho país y Europa, que le da gran importancia al marmóreo, cualidad que actualmente la industria frigorífica nacional no reconoce. Sin

embargo, ya que el objetivo de la producción de carne en argentina es incrementar el saldo exportable, es un factor necesario a tener en cuenta.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es presentar los efectos del IMT sobre la calidad carnicera y rendimiento de las reses, para generar el marco teórico de futuras investigaciones, en las cuales se evalúe la implementación del IMT. La monografía comprenderá: las causas más estudiadas del IMT, los factores que lo afectan, su efecto sobre el crecimiento de los terneros, calidad de las carcasas (área de ojo de bife, espesor de grasa dorsal y marmóreo), rendimiento de las reses, eficiencia de conversión alimenticia y consumo residual.

OBJETIVO

Profundizar y actualizar conocimientos sobre los efectos de una intervención nutricional temprana en el crecimiento y la calidad de las carcasas del ganado vacuno.

DESARROLLO

Con el fin de alcanzar el objetivo planteado, y para la mejor comprensión de la temática desarrollada la monografía se organizó en 5 capítulos:

I. Imprinting metabólico temprano.

II. Inducción.

III. Efecto sobre variables de importancia económica.

1. Marmóreo.

2. Área de ojo de bife.

3. Espesor de grasa dorsal.

4. Grasa visceral.

5. Rendimiento y calidad de carcasas : tipificación.

6. Peso vivo.

7. Interacción endócrina y molecular: eje somatotrófico

IV. Selección genética.

V. Aspectos económicos y eficiencia productiva.

I. IMPRINTING METABÓLICO TEMPRANO

El “imprinting metabólico temprano” (IMT) permite explicar las respuestas adaptativas del cuerpo a condiciones nutricionales específicas que ocurren durante un período determinado de susceptibilidad en la vida postnatal temprana (Lucas, 1991). La nutrición durante períodos críticos en la vida, puede afectar permanentemente la fisiología, el metabolismo y el rendimiento del ganado por ejemplo (Moriel *et al.*, 2013; Scheffler *et al.*, 2014). Los primeros estudios sobre los cambios metabólicos que pueden producirse al manipular la nutrición de los animales comenzaron con la programación fetal. Perturbaciones en la nutrición durante etapas de desarrollo prenatal, pueden tener efectos duraderos en el crecimiento y la salud a la edad adulta. En la mayoría de las especies de mamíferos los órganos no están desarrollados completamente al nacimiento y continúan desarrollándose en la vida postnatal temprana (Moriel, 2013; Moriel y Arthington, 2013), debido a esto el organismo tiene la habilidad de responder a la exposición en ambientes que no permitan un normal desarrollo mediante la adaptaciones a nivel celular, bioquímico y molecular (Pantel y Srinivasan, 2002. Citado por Moriel, 2013).

Uno de los mecanismos propuestos para explicar como la nutrición postnatal puede producir un IMT, y así afectar la función y estructura de un organismo es la epigenética. Este proceso consiste en una modificación genética que no se basa en cambios en la secuencia de ADN (Riggs *et al.*, 1996; citado por Moriel *et al.*, 2013), pero en la cual los genes son parcial o completamente “apagados”, proceso conocido como “silenciamiento genético”, que tiene como resultado que los mismos no se expresen (Erdman, 2013).

Los estudios sobre epigenética comenzaron a partir de la relación observada en humanos entre mala nutrición durante el embarazo y la niñez, con determinadas enfermedades a la edad adulta como obesidad y diabetes. Como ejemplo puede citarse lo ocurrido durante la Segunda Guerra Mundial en Holanda. El consumo normal en calorías de una mujer en gestación tardía es de 2.300kcal, en diciembre de 1944 el ciudadano holandés promedio consumía 1.000 kcal, y en febrero de 1945 el consumo era de 580kcal. El peso al nacimiento de los bebés que cursaban el último tercio de gestación se redujo llamativamente. Estos bebés tuvieron menor estatura a la edad adulta, al igual que sus hijos (los nietos de las madres), Además, presentaron tasas más altas de obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares a la edad adulta que los hijos de madres que tuvieron una nutrición óptima durante el embarazo (Erdman, 2013).

Los cambios epigenéticos se observaron en múltiples especies, entre ellos ratones, humanos, bovinos, ovinos y cerdos.

En un trabajo realizado en ratones por ejemplo, se estudió el efecto que tenía el mayor o menor número de camada en ratas lactantes para producir cambios en la cantidad de leche y calorías consumidas por las crías. Se observó que ratas provenientes de camadas pequeñas (3 crías por madre) tuvieron sobrepeso, hiperinsulinemia, hiperleptinemia e hiperglucemia durante el período de lactación al compararlos con camadas normales (10 crías por madre). Las ratas de camadas chicas presentaron hiperfagia y mayor peso corporal a lo largo de toda su vida, desarrollando resistencia a la insulina y obesidad en el período del post destete (Glavas *et al.*, 2010; citado por Moriel, 2013).

Por otra parte, en humanos está comprobado que las altas ganancias de peso durante los primeros 4 meses de vida (mayores a 0,1kg) aumentan las posibilidades de sufrir sobrepeso a los 7 y 20 años entre un 17 y 422% respectivamente (Ong *et al.*, 2009; citado por Moriel, 2013).

En cuanto al ganado bovino, hay estudios que demuestran que la performance de crecimiento de terneros que reciben una nutrición energéticamente concentrada en la vida postnatal temprana es altamente eficiente. Este efecto puede ser utilizado como una herramienta para mejorar la eficiencia en el *feedlot*, la calidad y peso de las carcasas. Se demostró que dichos efectos estaban relacionados con procesos epigenéticos (Moriel, 2013).

Los procesos epigenéticos son modificaciones genéticas en las cuales se afecta la expresión de determinados genes sin cambios en la cadena del ADN. Los cambios epigenéticos inducidos por modificaciones en la dieta, incluyen principalmente la metilación del ADN y la modificación de histonas (Moriel, 2013; Erdman, 2013).

El ADN es una molécula constituida por dos cadenas de nucleótidos enfrentadas entre sí, en las que sus bases nitrogenadas se orientan hacia el interior de la misma y mediante uniones de puentes hidrógeno mantienen unidas las dos cadenas (Figura 1.1.a). Las bases nitrogenadas son A (adenina), que se ubica en frente de a T (tiamina), y G (guanina) que siempre se enfrenta con C (citosina) (Bocalandro *et al.*, 2005) (figura 1.1.a).

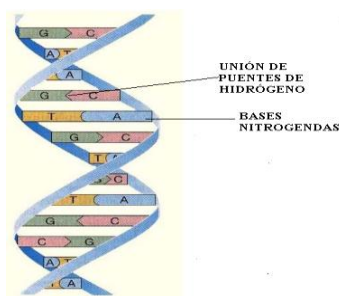


Figura 1.1. a) Cadena de ADN

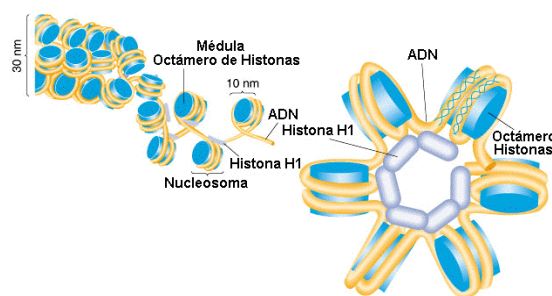


Figura 1.1.b) Cromatina.

La cadena de ADN se enrolla, sobre sí misma, formando espirales en proteínas llamadas histonas. De esta forma, se compacta para formar una estructura llamada cromatina (figura 1.1.b).

La función del ADN es la de codificar proteínas con funciones biológicas. La expresión de los genes que codifican esas proteínas depende de complejos mecanismos de regulación. Los mismos podrán expresarse o no según la actividad de la cromatina: si está o no activa transcripcionalmente. La cromatina activa transcripcionalmente es denominada eucromatina y es capaz de expresar la información genética que contiene, mientras que la heterocromatina no es capaz de hacerlo (Bocalandro *et al.*, 2005; Moriel; 2013).

El mecanismo epigenético que incluye la metilación consiste en la adición de grupos metilo a los grupos de citosina-guanina del ADN (figura 1.2), mediante la acción de una enzima llamada ADN metiltransferasa (Simmons, 2011 citado por Moriel, 2013). El incremento en la metilación de un gen hace que sea menos probable que se exprese. Este efecto se mantiene durante la replicación del ADN, lo que permite que el mismo permanezca en las sucesivas divisiones celulares (Waterland y Garza, 1999; citado por Moriel, 2013). Además, un gen metilado puede transmitirse durante la división meiótica y posterior fecundación. De esta forma el cambio epigenético se mantiene de una generación a la siguiente, proceso denominado epigenética transgeneracional (Erdman, 2013; Vickers, 2014; Zambrano, 2009).

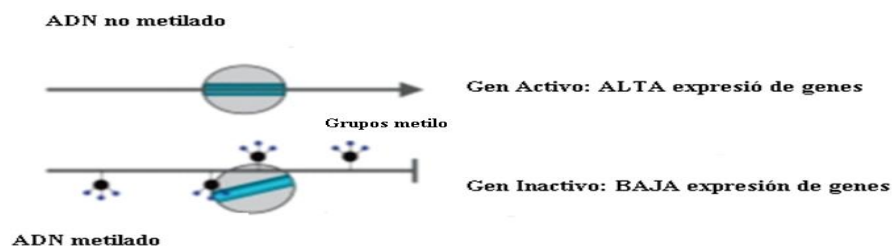


Figura 1.2. Metilación del ADN (Adaptado de Erdman, 2013).

Las modificaciones epigenéticas a nivel de histonas consisten en la incorporación de grupos acetilo a las mismas, lo que genera regiones de eucromatina (activas transcripcionalmente). En este caso la expresión de los genes aumenta. Los grupos acetilo unidos a las histonas pueden servir como un marcador epigenético para identificar estas porciones de ADN (Waterland y Garza, 1999; citado por Moriel, 2013). Se ha comprobado que algunos factores dietarios disminuyen la actividad de enzimas que inhiben la acetilación de histonas, lo que se traduce en mayor acetilación y el aumento de la expresión de los genes que se encuentran en esa región (Li y Li, 2006; citado por Moriel, 2013) (figura 1.3).

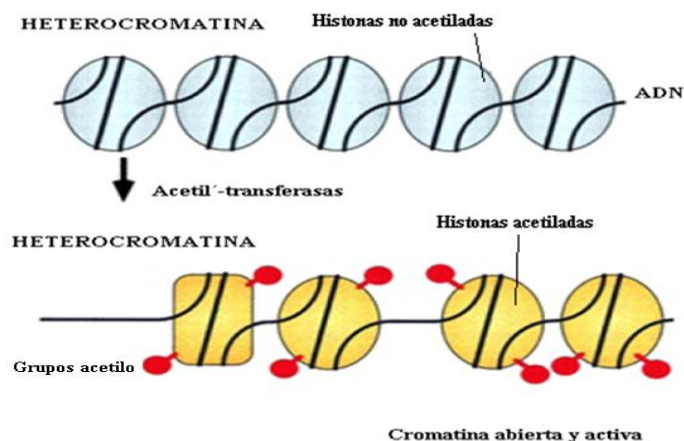


Figura 1.3 Acetilación de Histonas (Adaptado de Erdman; 2013).

Los cambios epigenéticos producidos por la intervención nutricional altamente energética (dietas de alrededor de 1,26 Mcal/Kg de ENg) en la vida postnatal de los animales generan modificaciones en el organismo a través de alteraciones endocrinas y moleculares. El eje hormonal principalmente afectado es el somatotrófico, que es uno de los principales encargados de controlar el crecimiento.

Las hormonas que conforman este eje son: Hormona de crecimiento (GH), los receptores de GH (GHR-1A, -1B y -1C), factor de crecimiento tipo insulínico 1 (IGF-1), su receptor (IGF1R) y las proteínas ligadoras de IGF-1. La GH disminuye la lipogénesis inducida por la insulina, estimula la lipólisis en el tejido adiposo y la síntesis de proteínas musculares en animales en crecimiento y la secreción hepática de IGF-1 (Moriel; 2013). El IGF-1 está involucrado en el metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasa, además de la proliferación y diferenciación celular en estos tejidos. Su receptor (IGF1R) se encuentra en numerosos tejidos, entre ellos el muscular y adiposo.

Diferentes investigaciones que evaluaban el efecto de la intervención nutricional en terneros sobre este eje demostraron que altos niveles de alimentación alteran el eje somatotrófico en diferentes puntos (Moriel, 2013).

II. INDUCCIÓN

Existen evidencias a nivel molecular que indican que una intervención nutricional temprana puede aumentar tanto la deposición de grasa intramuscular, como la hipertrofia de las fibras musculares (Moriel, 2013) Esta intervención en bovinos puede realizarse mediante destete precoz (DP) o *creep feeding*, la primera ha sido la forma más estudiada. Generalmente estas técnicas, y en particular el DP, no son utilizadas pensando en el ternero y menos mejorar calidad y rendimiento de carcasa. Tradicionalmente, el DP es utilizado para mejorar los índices de preñez del rodeo cuando la disponibilidad forrajera es baja, con el fin de desligar a la vaca de los requerimientos energéticos de la lactación. La mayoría de los productores de cría realiza un destete convencional (DC) entre los 6 y 7 meses de edad. El DP se realiza normalmente entre los 100 y 150 días de vida (Lake, 2009) pero también puede realizarse entre los 45 y 150 días (Ritchie, 2005) o antes (Moriel *et al.*, 2013). Al destetar al ternero, la nutrición del mismo se vuelve responsabilidad del productor y el aporte de energía y proteínas necesarias para el crecimiento temprano del ternero puede ser insuficiente.

El *creep feeding* (CF) consiste en suplementar al ternero al pie de la madre y se utiliza para aumentar las ganancias diarias de los lactantes, mejorar los índices de preñez del rodeo, destetar terneras con un mayor desarrollo para llegar sin dificultades a un entore precoz de 15 meses, aumentar la carga animal sin disminuir las tasas de preñez ni el peso promedio del destete o realizar sin complicaciones un destete anticipado a los 4 o 5 meses de edad (Carreras, 2012).

Estudios realizados en Estados Unidos que demuestran que al realizar DP mejora el grado de marmóreo, aumenta la calidad, el peso de las carcasas y el rendimiento a la faena, además disminuye el porcentaje de grasa visceral, el consumo residual y mejora la eficiencia de conversión. (Ahola, 2014; Grimes, 2007; Lake, 2009; Meyer *et al.*, 2005; Moriel y Arthington, 2013; Moriel *et al.*, 2013; Moriel, 2013; Meeter, 2011; Scheffler *et al.*, 2014). En cuanto al CF, se observó que aumenta el peso de las carcasas a la faena (Myers *et al.*, 1999), mejora la calidad de las mismas (Ahola, 2014; Meeter, 2011) y la performance post-destete (Meeter, 2011).

III. EFECTO SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS

Los principales estudios para evaluar el efecto del IMT sobre la calidad y rendimiento de carcasas en bovinos se realizaron en Estados Unidos. La norma oficial utilizada en dicho país es el *Standards for Grades of Carcass* (normas para la clasificación de carcasas), que tiene como criterio dos parámetros específicos de clasificación para su uso dentro del país: rendimiento y calidad. Las reses pueden clasificarse según solo uno de esos dos parámetros, los dos, o ninguno (Drake, 2004).

Las calificaciones de calidad del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*USDA*, del inglés *United States Department of Agriculture*) indican las cualidades degustativas esperadas o la satisfacción que produce la ingesta de la carne. Por otro lado, la clasificación de rendimiento del *USDA* se realiza mediante una estimación del porcentaje de cortes sin hueso que pueden obtenerse del lomo, costillas, cuartos traseros y paleta del bovino para el comercio minorista (Drake, 2004).

Las clasificaciones de calidad del *USDA* son: *USDA Prime*, *USDA Choice*, *USDA Select*, *USDA Standard*, *USDA Commercial*, *USDA Utility*, *USDA Cutter* y *USDA Canner*. Las vaquillonas y novillos pueden recibir todas las clasificaciones. Las vacas reciben todas menos las *USDA Prime*. Los toritos (hasta 2 dientes) solo se clasifican entre las primeras cinco. Los toros no son clasificados según calidad. La principal característica que se tiene en cuenta a la hora de clasificar la calidad de la carne vacuna según el *USDA* es el marmóreo (Gobierno de Chile, 2003; Drake, 2004).

La clasificación de rendimiento estima la cantidad de cortes minoristas de carne sin hueso que se obtendrán de la carcasa. El rango de rendimiento va de 1 a 5, siendo 1 el más alto y 5 el más bajo. Las mediciones que el sistema americano toma en cuenta para estimar el rendimiento de carne incluyen el espesor de grasa a la altura de la 12° costilla, el porcentaje de grasa visceral (grasa de riñones, pelvis y corazón, expresado como porcentaje del peso de la canal en un rango del 1 al 5%), el área de ojo de bife y el peso en caliente de las carcasas (Rubino Lozano *et al.*, 2013; Fluharty *et al.*, 2009; Drake, 2004).

3.1. Marmóreo

El marmóreo, veteado o *marbling* es un atributo muy importante a la hora de evaluar la calidad de la carne. Según Colombatto (2015) “*es clave para la cuota 481 y el mercado estadounidense, por él se pagan las carnes más caras del mundo*”.

El marmóreo afecta indirectamente cualidades degustativas de la carne, como sabor, jugosidad y ternura, factores que influyen positivamente la experiencia del consumidor. (Lake, 2009). Por ello, es una característica valorada económicamente por los vendedores de carne a nivel internacional. El mismo, se mide según la cantidad de vetas de grasa en la superficie de corte en el área de ojo de bife (AOB) entre las costillas 12 y 13 (Figura 3.1). El grado de marmóreo, es por lo tanto, el porcentaje de manchas de grasa en el AOB. Los aumentos en este parámetro indican aumentos en el grado de calidad de la carcasa (Drake, 2004) (figura 3.2 y 3.3)



Figura 3.1 Estimación visual del grado de marmóreo.

Adaptado de Australian Beef Chiller Assessment (2016)

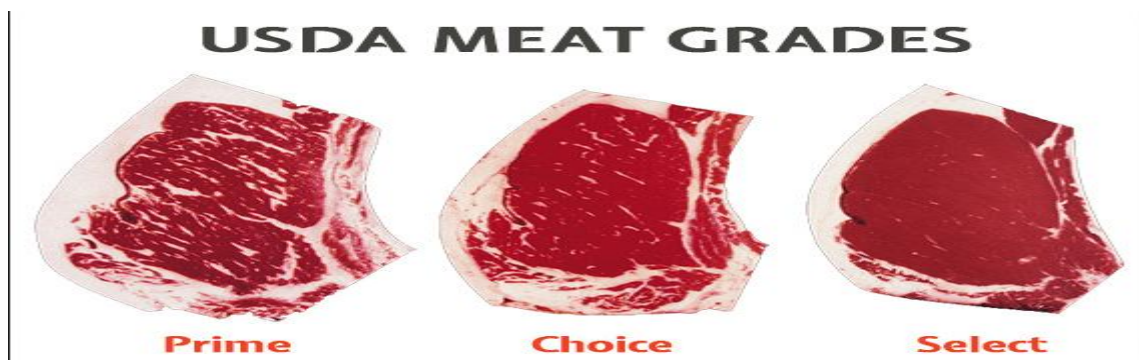


Figura 3.2. Clasificaciones de calidad según USA.

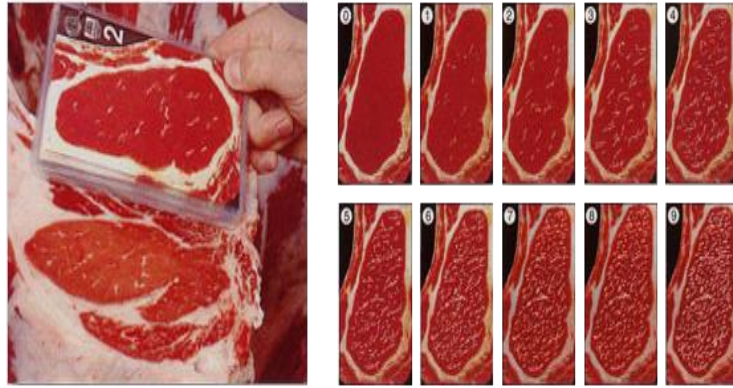


Figura 3.3. Medición del grado de marmóreo.

El grado de marmóreo se determina mediante la observación visual de las carcasas. Luego, basándose en él se asigna la calidad de la res. En el sistema utilizado por la Asociación de Angus Americana (AAA), se asignan valores numéricos para cada grado de marmóreo. Además, existe un sistema alternativo de medición, el mismo fue utilizado en algunos estudios pero actualmente su uso está siendo reemplazado por el de la AAA. Luego de asignarle el valor numérico al grado de marmóreo se clasifica la res según su calidad (Tabla 3.1) (Drake, 2014).

Grado de marmóreo	Score numérico de marmóreo (American Angus Assoc.)	Grado de calidad	Porcentaje de grasa intramuscular (% GIM)	Score de clasificación alternativo
Abundante +	10.67 – 10.99			1,567 – 1,590
Abundante	10.33			1,533
Abundante -	10.0	Prime+	>12.21	1,500
Moderadamente abundante +	9.67			1,467
Moderadamente abundante	9.33			1,433
Moderadamente abundante -	9.0	Prime	10.33 – 12.21	1,400
Ligeramente abundante +	8.67			1,367
Ligeramente abundante	8.33			1,333
Ligeramente abundante -	8.0	Prime -	8.56 – 10.32	1,300
Moderado +	7.67			1,267
Moderado	7.33			1,233
Moderado -	7.0	Choice +	6.89 – 8.55	1,200
Modesto	6.67			1,167
Modesto	6.33			1,133
Modesto	6.0	Choice	5.34 – 6.88	1,100
Bajo +	5.67			1,067
Bajo	5.33			1,033
Bajo -	5.0	Choice -	3.91 – 5.33	1,000
Leve +	4.5	Select +		967
Leve	4.25			933
Leve -	4.0	Select -	2.59 – 3.90	900
Trazas +	3.67			867
Trazas	3.33			833
Trazas -	3.0	Standard+	1.38 – 2.58	800
Practicamente carente +	2.67			767
Practicamente carente	2.33			733
Practicamente carente -	2.0	Standard -	0.28 – 1.37	700
Carente +	1.67			
Carente	1.33			
Carente -	1.0	Utility	NA	NA

Tabla 3.1. Grado de marmóreo y los equivalentes numéricos más el grado de calidad asociado con cada grado marmóreo (para el ganado clase de madurez A, menos de 30 meses de edad). Enumerados en orden decreciente de cantidades de vetas de grasa. Adaptado de Drake (2004)

Las mediciones del marmóreo pueden realizarse también mediante ultrasonografía, midiendo el porcentaje de grasa intramuscular en la zona del área de ojo de bife (figura 3.4). El principal uso que se le da a esta medición es para evaluar reproductores y estimar las diferencias esperadas de progenie (DEPs) que se expresan numéricamente en la escala usada por la AAA (Drake, 2004).

El grado de marmóreo se ve afectado por factores genéticos y nutricionales, en este capítulo se analizarán los segundos. En los últimos 20 años se realizaron diferentes investigaciones que utilizaban técnicas como DP y CF que pueden producir un imprinting metabólico y así aumentar el grado de marmóreo (Tabla 3.2).

Autor	Grado de marmóreo		
	DP	CF	DC
Myers <i>et al.</i> (1999) 1° año	1.198*	1.144	1.120
Myers <i>et al.</i> (1999) 2° año	1.168*	1.124	1.122
Meyer (2005)	51.25*	-	46.25*
Shike <i>et al.</i> (2007)	Mayor	Menor	Menor
Meeter (2011)	586*	500*	476*
Smith <i>et al.</i> (2013)	6.47*	-	5.18*
Scheffler (2014)	6.45*	-	5.17*

Tabla 3.2. Efectos de la intervención nutricional temprana en marmóreo según diferentes autores. *indica diferencias estadísticamente significativas. Los diferentes estudios utilizaron distintas escalas de marmóreo, por lo que no son comparables entre ellos.



Figura 3.4. Punto de evaluación ultrasonografía para marmóreo, espesor de grasa dorsal y área de ojo de bife. Adaptado de Gardón (2015).

Myers *et al.* (1999) realizaron un estudio de dos años de duración en el que compararon tres grupos de terneros: 1) DP (destetados a los 177 días de edad el primer año y a los 158 el segundo), 2) CF (desde el día 177 al 231 el primer año y desde el 158 al 213 el segundo) y 3) DC (a los 231 días de edad el primer año y 213 el segundo). En este estudio el grado de marmóreo se midió utilizando el sistema alternativo de clasificación, durante los dos años fue mayor para los terneros DP, le siguieron los CF y por último los DT (1,198 vs 1,144 vs 1,120 para el primer año y 1,168 vs 1,124 vs 1,122 para el segundo respectivamente).

Las diferencias observadas en el grado de marmóreo entre los grupos DC y CF no fueron estadísticamente significativas, esto puede deberse a que se suplementó a los terneros al pie de la madre a una edad relativamente alta como para producir un IMT. En cuanto a los terneros DP tuvieron 66 y 46 unidades más de marmóreo para el primer y segundo año respectivamente al compararlos con el promedio de los CF y DC.

Por otro lado, Meyer (2005) comparó un grupo de terneros DP a los 90 días de edad y uno de DC a los 202 días. Al finalizar el trabajo, el primer grupo tuvo mayor grado de marmóreo que el segundo (51,25 vs 46,26).

Shike *et al.* (2007) comparó tres grupos de terneros, DP (destetados a los 63 días de edad), CF (destetados a los 189 días, pero consumiendo concentrado al pie de la madre) y DC (separados de sus madres a los 189 días). El grupo DP tuvo mayor grado de marmóreo que los otros dos grupos y un mayor porcentaje de reses fueron clasificadas en nivel *Choice* o superior.

Meeter (2011), comparó terneros DP (a los 133 días), CF (destetados a los 203 días, pero consumiendo concentrado ad libitum al pie de la madre durante los 100 días previos) y DC (separados

de sus madres a los 203 días). Como era de esperarse, el grado de marmóreo más alto fue para los DP, seguido por los CF y por último los DC (586, 500 y 476 respectivamente).

Smith *et al.* (2013) estudiaron la capacidad del DP y del manejo nutricional como IMT para lograr un cambio en el animal que pueda ser utilizado por los productores para maximizar la eficiencia y la rentabilidad de la producción. Para ello tomaron un grupo de terneros DP a los 104 días y lo alimentaron en un *feedlot* hasta los 204 días, estos animales fueron comparados con un grupo DT a los 204 días de edad. Los DP tuvieron mayores grados de marmóreo que los DT (6,47=moderado vs 5,18=modesto).

Scheffler *et al.* (2014) compararon dos grupos de terneros, uno de DT (a los 253 días de vida) y otro IMT (destetados a los 105 días). El segundo grupo tuvo mayor grado de marmóreo que el primero (6,45(moderado) vs 5,17 (modesto)). Los autores sugieren que el aumento en el veteado se dio porque los animales estuvieron más tiempo consumiendo una dieta concentrada.

En los diferentes estudios realizados coincidió que la dieta usada, ya sea en CF o en DP, era energéticamente concentrada y que a lo largo de la investigación los animales con mayor grado de marmóreo pasaron más días en engorde (consumiendo dietas concentradas).

Está demostrado que aumentar el tiempo en que el bovino consume una dieta altamente energética produce mayor grado de marmóreo (Smith *et al.*, 2009). Pero en el estudio realizado por Sheffler *et al.* (2014) los autores concluyeron que el aumento de días en engorde puede explicar solo el 8% del aumento en el veteado de la carne al comparar los dos tratamientos evaluados. Así, si los terneros pasan la misma cantidad de tiempo en el *feedlot*, los que estuvieron expuestos al tratamiento IMT tuvieron mayores grados de marmóreo. De esta manera, el efecto del imprinting metabólico puede explicar el 92% restante. Cuatro posibilidades pueden explicar este mecanismo: 1) durante la fase de IMT aumenta la proliferación de células preadipocíticas, que son mantenidas durante la fase de recría pastoril y maduran cuando el animal se engorda en el corral. Esto se debe a que la adipogénesis del tejido graso intermuscular ocurre desde la gestación tardía hasta cerca de los 250 días de edad (Du *et al.*, 2010; citado por Moriel, 2013). 2) el IMT puede causar un aumento en el reclutamiento de células madre para convertirse en adipocitos. 3) los terneros están programados metabólicamente para responder de manera más agresiva a las señales hormonales o ser más eficientes en extraer nutrientes y convertirlos en grasa. 4) la deposición de grasa intramuscular puede deberse al total de energía consumida por el animal, independientemente de la fase de desarrollo. Por lo tanto, la estimulación de la formación de tejido graso intramuscular puede ser posible durante períodos en los que el consumo de nutrientes es mayor que lo requerido para el máximo crecimiento muscular (Lake, 2009; Scheffler *et al.*, 2014; Smith, 2015; Smith *et al.*, 2009).

Otra teoría que explica este proceso se basa en que la proporción de ácidos grasos volátiles (AGV) producidos en la digestión ruminal varía según la dieta utilizada. Las concentraciones en el rúmen de acetato/propionato/butirato oscilan entre 70/20/10 para bovinos que se alimentan con dietas ricas en forraje y 60/30/10 para los que consumen alimentos concentrados ricos en cereales (Cunninghan y Bradley, 2009) otros autores señalaron similares porcentajes (Ahola, 2014) (Tabla 3.3). Las dietas consumidas por los terneros DP en todos los estudios evaluados eran concentradas ricas en cereales, por lo tanto la producción de propionato a nivel ruminal era mayor en los DP.

De los AGV que se producen en el rúmen, el propionato es el principal precursor gluconeogénico. Pese a que el acetato aporta el 70-80% de las unidades acetyl para la lipogénesis en el tejido graso subcutáneo, en la lipogénesis de la grasa intramuscular solo aporta el 10-20% de las necesarias. Entre el 50 y el 75% del acetyl requerido para la deposición de grasa intramuscular es aportado por la glucosa. A diferencia de la grasa subcutánea, la incorporación de glucosa para formar ácidos grasos en los adipocitos intramusculares es sensible a la insulina, las concentraciones séricas de esta hormona aumentan en un 50-60% con la producción de propionato en novillos alimentados con concentrados. De esta forma al aumentar los precursores gluconeogénicos de la fermentación ruminal aumenta la glucosa circulante, que genera un aumento en la concentración sérica de insulina, lo cual permite un mayor consumo y utilización de glucosa para la deposición de grasa intramuscular durante la fase de crecimiento del ternero (Lake, 2009; Moriel, 2013; Scheffler *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 2009). También es importante tener en cuenta la relación acetato:propionato, si esta es baja aumenta la deposición de grasa intramuscular sin aumentar la de grasa subcutánea, debido a que disminuye el acetato requerido para aumentar el tejido adiposo subcutáneo y aumenta el propionato necesario para el intramuscular (Meteer, 2011), esto explica el aumento en el grado de marmóreo de las carcasas de los terneros DP sin un incremento en el espesor de grasa subcutánea.

Tipo de alimento	AGV		
	Acetato	Propionato	Butirato
Forraje	65-75%	12-25%	5-10%
Grano	50-60%	35-45%	5-10%

Tabla 3.3: Distribución típica de la producción de ácidos grasos volátiles en el ganado bovino según el tipo de alimento. Adaptado de Ahola (2014).

3.2. Área de ojo de bife (AOB)

El ojo de bife es una sección del músculo dorsal largo (*longissimus dorsi*), comienza en la 5° vértebra torácica (VT) y llega hasta la unión de las vértebras toraco-lumbares (13° VT). Es un corte muy preciado para cocinar bifés a la plancha, por ejemplo de aquí se extrae el famoso bife de chorizo (Sanchez Copa, 2015).

El AOB se expresa en centímetros cuadrados, con el animal vivo se obtiene por ultrasonografía (US) tomada entre la 12° y 13° costilla (figura 3.4), luego de la faena se mide realizando un corte en el área del *longissimus dorsi* en la misma ubicación en la que se mide por US (sección de la res usada también para medir el grado de marmóreo). De esta zona de la res se extraen cortes de alto valor. Además, el AOB se utiliza para calcular el grado de rendimiento de la canal y se puede comparar el AOB en diferentes carcasas mediante la división de la misma por el peso de la res y multiplicando por 100 (Drake, 2004).

Dado que de esta zona se extraen cortes de alto valor, es necesario tener en cuenta el tamaño de la misma. Para ser cocinados y consumidos satisfactoriamente, los filetes del AOB necesitan tener un tamaño recomendado de 77 a 96 cm² que se corresponde con un bife de 225 a 340 gramos y 2,5 centímetros de espesor. Si el AOB es muy grande, los filetes cortados en el espesor deseado van a ser muy grandes y muy caros, si es muy chica, al cortarlos en el peso deseado serán muy finos y demasiado secos (Bianchi *et al.*, 2013; Drake, 2004).

Dado que de esta zona se obtienen cortes de alto valor y que hay una correlación positiva entre el AOB y el porcentaje de cortes de minoristas (Bianchi *et al.*, 2013; Ferrario y Fernandez, 2007), los estudios del IMT también evaluaron su efecto sobre esta característica (Tabla 3.4).

Autor	AOB (cm ²)		
	DP	CF	DC
Meyer <i>et al.</i> (2005)	37.9	-	32.2
Smith <i>et al.</i> (2013)	88.39*	-	78*
Myers (1999)	74.5	73.6	74.0
Shike <i>et al.</i> (2007)	-	Mayor	Menor

Tabla 3.4. Efectos sobre el área de ojo de bife lograda según diferentes autores. *Indica diferencias estadísticamente significativas

Meyer *et al.* (2005) evaluaron la capacidad del DP para mejorar la calidad de las carcasas, a los 202 días de edad, los terneros DP tuvieron un mayor AOB que los DC (37,9 vs 32,2 cm²). A la faena,

el grupo DP logró un mayor AOB, pero al igual que con la relación AOB:PV, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Smith *et al.* (2013) demostraron que a la faena, los terneros DP tuvieron mayor AOB que los DC (88,39cm² vs 78cm²).

Myers *et al.* (1999) no encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el AOB y la relación AOB:PV al realizar su estudio en terneros DP, DC y con CF.

Shike *et al.* (2007) demostraron que terneros a los que se les realizó CF tuvieron un 4% más de AOB que los DC.

Moriel *et al.* (2013) evaluaron los efectos del IMT en el rendimiento y el crecimiento de novillos destetados precozmente. Para el estudio utilizaron terneros de 72 días de edad y un peso corporal de 89 kg en promedio y los asignaron en 4 grupos: el de destetados tradicionalmente (DT), a los 177 días de edad y el de destetados precozmente (DP) separados de la madre a los 72 días. A su vez, el grupo DP se dividió en 3 tratamientos: 1) DP y pastoreando raigrás durante 67 días, luego en pasto bahía hasta los 260 días de vida, momento en el que se los envió al *feedlot* (260) (Raigrás), 2) DP y alimentados en un corral con una dieta altamente concentrada hasta el día 260 (Corral), 3) DP y alimentados con una dieta altamente concentrada por 94 días, luego pastorearon pasto bahía hasta el día 260 (IM). Se suplementó con concentrado al 1% del peso vivo a todos los terneros destetados que estaban en pastoreo. Al día 260 del estudio, el tratamiento con mayor AOB fue el del corral (42,19 cm²), seguido por el IM (33 cm²). Los grupos DT y Raigrás fueron los que menor AOB obtuvieron (29 y 27 cm² respectivamente) (Tabla 3.5). En este estudio no se evaluó el AOB al momento de la faena debido a que el mismo finalizó con el envío de los animales al *feedlot*.

Grupo	Raigrás	Corral	IM	DT
AOB (cm ²)	27	42,9*	33	29

Tabla 3.5. Efectos de diferentes manejos nutricionales en terneros sobre área de ojo de bife (Moriel *et al.* 2013) *Indica diferencias estadísticamente significativas.

Como conclusión se puede observar que manejos como el DP y el CF aportan una dieta de elevada calidad en un momento donde el ternero es altamente eficiente en transformar alimento en carne, de esta forma aumenta el AOB y así mejorar la calidad de las reses bovinas. En el único estudio en donde no se encontraron diferencias entre los tratamientos fue el de Meyers *et al.* (1999), estos resultados

pueden deberse a que los tratamientos de DP y CF se realizaron relativamente tarde en la vida de los terneros como para producir un IMT (177 y 158 días de edad).

3.3. Espesor de grasa dorsal (EGD)

El EGD se mide como la cantidad de grasa superficial en el AOB, en el corte entre las costillas 12° y 13°, su medición es utilizada para calcular el rendimiento de la canal. Debido a que ni los consumidores ni las carnicerías desean pagar grasa como carne, la grasa externa es considerada un producto de desecho. Una cantidad excesiva de grasa subcutánea (GSC) se debe retirar de la canal mediante el proceso de “emprolijado” realizado en el frigorífico. Esta práctica disminuye el grado de rendimiento de la carcasa, por lo tanto a medida que aumenta el EGD el grado de rendimiento disminuye. A pesar de lo dicho anteriormente, la presencia de una leve capa de grasa es necesaria, debido a que protege la carne de la refrigeración rápida en las cámaras de frío y también del secado al cocinarse, además mejora la maduración de la misma (Drake 2004).

La deposición GSC hace que el animal tenga un aspecto de “terminado” y se utiliza como parámetro para determinar la terminación de los mismos (Bertucci *et al.*, 2003). Debido a ello, la mayoría de los estudios analizados en esta monografía faenaban a los animales a un EGD constante (Tabla 3.6).

Autor	EGD (cm)		
	DP	CF	DC
Meyer <i>et al.</i> (2005)	1.21	-	1.30
Scheffler <i>et al.</i> (2014)	1.15	-	1.1
Smith <i>et al.</i> (2013)	Similar	-	Similar
Myers <i>et al.</i> (1999)	Similar	Similar	Similar

Tabla 3.6. Efectos de la intervención nutricional temprana en el espesor de grasa dorsal obtenido según diferentes autores. En todos los casos no hubo diferencias significativas.

El EGD no puede evaluarse aisladamente, debe ir acompañado del peso de las carcasas ya que si se desea producir más carne, las reses deben ser más pesadas. Por lo tanto lo que se busca es un mayor peso de las carcasas a similar EGD, para comparar diferentes reses se puede utilizar una relación EGD:PV.

Meyer *et al.* (2005) encontraron un similar EGD, pero mayor PV en terneros DP al compararlos con DC a los 202 días de edad. Al momento de la faena, se sacrificó a los animales a un EGD similar, pero el grupo DP tuvo carcasas más pesadas y una menor relación EGD:PV.

Scheffler *et al.* (2014) faenaron a los animales a similar EGD y los terneros DP tuvieron canales más pesadas que los DC.

Moriel *et al.* (2013) demostraron que al día 260 de vida, los terneros del grupo Corral tuvieron mayor EGD que los IM, Raigrás y DC. El EGD fue similar entre los últimos tres grupos. Estos resultados indicaron que un destete precoz a los 72 días de edad, seguido por un periodo de 90 días consumiendo una dieta concentrada y una recría a pasto hasta el día 260 no aumentó la deposición de grasa subcutánea cuando se los comparó con terneros DC.

Smith *et al.* (2013) y Myers *et al.* (1999) obtuvieron similares resultados. Faenando a un similar EGD, los terneros DP produjeron carcasas más pesadas que los DC. Myers *et al.* (1999) compararon además con terneros de CF, a un EGD constante, estos tuvieron reses más livianas que los DP pero más pesadas que los DC.

Fluharty *et al.* (2000) obtuvieron una ligera reducción en el EGD de terneros DP comparándolos con DC al faenarlos a igual peso final.

Con el fin de explicar el motivo, por el cual no aumentó el EGD en terneros a los que se les realizó un IMT (ya sea con DP o CF) pese a que consumieron una dieta energéticamente concentrada durante más tiempo que los DC, es necesario recordar los mecanismos de lipogénesis explicados anteriormente cuando se habló de marmóreo. En el tejido adiposo intramuscular, el acetato y lactato contribuyen con menos del 20% de las unidades de acetyl para la síntesis de ácidos grasos, mientras que la glucosa contribuye con aproximadamente el 70% de las mismas. Lo contrario se observa con el tejido graso subcutáneo, aquí la glucosa contribuye con menos del 5% de las unidades de acetyl necesarias para su deposición, mientras que acetato aporta el 70-80% de las mismas (Moriel, 2013; Smith *et al.*, 2013).

Los aumentos en el grado de marmóreo en terneros DP se deben a aumentos en sustratos gluconeogénicos (propionato) que incrementan las concentraciones séricas de glucosa e insulina, lo que genera una mayor deposición de grasa intramuscular en relación a la acumulación de GSC (Lake, 2009; Moriel, 2013; Smith, 2015).

Las dietas energéticamente concentradas producen más propionato que las dietas ricas en fibra. Estas últimas producen más acetato que las concentradas. Por ello, al utilizar una dieta concentrada para producir un IMT no aumenta el EGD.

3.4. Grasa visceral (GV)

La GV está formada por el tejido adiposo de los riñones, pelvis y corazón, se relaciona directa e indirectamente con la cantidad de grasa que se recortará durante el desposte. Por lo tanto, se asume como un estimador de la cantidad de grasa intermuscular presente en la carne. La cantidad de GV es determinada subjetivamente y expresada como un porcentaje del peso de la canal. Normalmente representan entre el 1 y el 5% del peso de la carcasa fría, el peso de los riñones no está incluido en esta medición (Fluharty *et al.*, 2009; Rubino Lozano *et al.*, 2013).

La GV se encuentra negativamente correlacionada con el rendimiento de cortes minoristas de la canal, es decir que a mayor GV menor porcentaje de cortes al pormenor (Fluharty *et al.*, 2009; Rubino Lozano *et al.*, 2013).

En cuanto a los en estudios analizados en esta monografía, los resultados fueron contradictorios (Tabla 3.7).

Autor	GV (%)		
	DP	CF	DC
Scheffler <i>et al.</i> (2014)	2.46	-	2.5
Myers <i>et al.</i> (1999)	1.8	1.5	1.8
Harvey <i>et al.</i> (1975)	Menor	-	Mayor
Grimes <i>et al.</i> (2007)	3	-	2.8
Stamm <i>et al.</i> (2007)	2.41	-	2.5

Tabla 3.7. Efectos de la intervención nutricional temprana sobre el porcentaje de grasa visceral obtenida según diferentes autores.

Scheffler *et al.* (2014) encontraron un porcentaje ligeramente menor de GV (2,46 vs 2,5%) en novillos a los que se les realizó un IMT al compararlos con los de DT.

Myers *et al.* (1999) obtuvieron como resultado que el grupo DP tuvo un porcentaje similar de GV el DC. Los novillos de CF tuvieron un 20% menos que los DC y DP.

Harvey *et al.* (1975) (citado por Smith, 2015) reportó que el DP disminuyó el porcentaje GV en los novillos al compararlo con animales de DC.

En la investigación realizada por Stamm *et al.* (2007), al comparar el % de GV en novillos de DP y de DC obtuvieron un porcentaje ligeramente menor para el primer grupo (2,41 vs 2,5%).

Grimes *et al.* (2007) encontraron un porcentaje mayor de GV en novillos de DP al comprarlos con animales de DC (3 vs 2,8%).

Los resultados obtenidos en los diferentes estudios analizados son discordantes, se necesitan más investigaciones sobre esta temática para concluir si la implementación de un IMT mediante un DP o CF afecta el porcentaje de GV positiva o negativamente.

3.5. Clasificación de las carcasas según su rendimiento y calidad

Los resultados obtenidos en los diferentes estudios analizados fueron positivos a la hora de evaluar los efectos del IMT sobre la calidad y rendimiento de las carcasas (Tabla 3.8).

Autor	% de reses clasificadas como <i>Choice</i> o superior		
	DP	CF	DC
Meyer <i>et al.</i> (2005)	57*	-	37*
Scheffler <i>et al.</i> (2014)	41*	-	0*
Smith <i>et al.</i> (2013)	100*	-	50*
Myers <i>et al.</i> (1999)	95*	87	91
Shike <i>et al.</i> (2007)	Mayor	Medio	Menor
Meeter <i>et al.</i> (2011)	81.6*	51.4*	40*

Tabla 3.8. Efectos de la intervención nutricional temprana en la calidad de las reses según diferentes autores. *Indica diferencias estadísticamente significativas.

Meyer *et al.* (2005) obtuvieron como resultado que el 57% de las reses de los terneros DP fueron clasificadas como calidad *Choice* o superior, y solo el 37% de las de los DC fueron clasificadas de la misma forma. En este estudio no se comparó el grado de rendimiento.

En el estudio realizado por Scheffler *et al.* (2014) a pesar de que el PCC de los terneros a los que se les realizó el DP como IMT fue mayor, no hubo diferencias en el grado de rendimiento del *USDA* al compararlo con el resto de los animales. Si se observaron diferencias en la calidad, debido a que el aumento en el grado de marmóreo de las carcasas de los animales del grupo IMT produjo que el 41% de los terneros tuvieran la clasificación *Choice*, mientras que ninguna res del grupo DC obtuvo esta calificación.

Smith *et al.* (2013) obtuvieron como resultado que el 100% de las carcasas de los terneros nacidos en otoño a los que se destetó precozmente para producir un IMT fueron calificadas como *Choice* o *Prime* por el *USDA*. En el mismo estudio, solo el 50% de las reses de los terneros DC lograron esta clasificación.

Myers *et al.* (1999) concluyeron que el DP mejoró el porcentaje de carcasas clasificadas con calidad *Choice* o superior en un 37% cuando se lo comparó con el promedio de los terneros DC y CF. En cuanto al grado de rendimiento, los terneros DP tuvieron 0,09 unidades más de rendimiento que el promedio de los DC y CF. Además, los CF obtuvieron 0,1 unidades más de rendimiento que los DC.

Shike *et al.* (2007) demostraron que un mayor porcentaje de reses de terneros DP fueron calificadas con calidad *Choice +*, y que también hubo más canales de animales DP que se clasificaron como *Prime -* o superior al compararlas con las de los terneros CF. Los DC tuvieron menor calidad de carcasas que los otros tratamientos.

Meeter (2011) obtuvieron como resultado que a más del 90% de las reses DP fueron clasificadas en la categoría *Choice -*, los terneros DP tuvieron mayores porcentajes en las categorías *Choice +* y *Prime -* que los CF. Los DC tuvieron porcentajes más bajos de clasificación *Choice +* y *Prime -* que los otros tratamientos.

Debido a que el aumento en la calidad de la carcasa está relacionado directamente con el aumento en el grado de marmóreo, los resultados obtenidos en los diferentes estudios eran esperables. Ya que como se explicó anteriormente, los terneros DP obtuvieron mayores grados de marmóreo que los otros tratamientos. La clasificación según el grado de rendimiento arrojó resultados semejantes. En los estudios analizados, los terneros DP obtuvieron mayor PCC a un EGD constante y mayor AOB. Esto se traduce generalmente en un mayor rendimiento de la canal.

3.6. Peso vivo

El peso a la edad de destete es una característica importante a tener en cuenta. Ya que la mayoría de la compra venta de los terneros se hace por kg de peso vivo, un mayor peso al destete significa un ingreso más alto para los productores de terneros.

El peso de las carcasas se mide durante el proceso de faena, antes de que las mismas entren en la sala de refrigeración, debido a este paso, la bibliografía utiliza el término peso en caliente de las carcasas (PCC). El PCC se usa al calcular el grado de rendimiento de la res y está relacionado también con el tamaño de los cortes que se van a obtener. Generalmente, una carcasa más pesada representa un AOB mayor. Además las reses más grandes son más eficientes en el tiempo de procesamiento y

trabajo del establecimiento faenador (Drake; 2004). Otra ventaja de un PCC más alto es que se produce mayor cantidad de carne por cabeza, si se logra mantener o mejorar la calidad este aumento de producción generará beneficios a nivel de mercado, tanto interno como externo.

En los estudios realizados para evaluar la forma en la que el IMT afecta a esta característica se faenó a los animales teniendo en cuenta un mismo punto de terminación determinado por el espesor de grasa dorsal. Diferentes autores observaron una relación positiva entre peso a la edad del destete y el peso de terminación, estos resultados se presentan en la Tabla 3.9.

Autor	Peso a la edad del DC (kg)			PCC (kg)		
	DP	CF	DC	DP	CF	DC
Meyer <i>et al.</i> (2005)	271,6*	-	218,9*	290,4*	-	279,7*
Scheffler <i>et al.</i> (2014)	341*	-	265*	564*	-	524*
Smith <i>et al.</i> (2013)	-	-	-	335*	-	304*
Myers <i>et al.</i> (1999) (1º año)	-	-	-	493*	478	470
Myers <i>et al.</i> (1999) (2º año)	-	-	-	467	452	444

Tabla 3.9. Efectos de la intervención nutricional temprana en el peso a la edad del destete convencional y peso en caliente de las carcasas según autores. *Indica diferencias estadísticamente significativas.

Meyer *et al.* (2005) demostraron que a la edad del destete convencional (202 días) los terneros DP eran más pesados que los DC (271,6 vs 218,9kg). A la faena, el PCC del primer grupo fue mayor que el del segundo (290,4 vs 279,7kg).

Scheffler *et al.* (2014) compararon dos grupos, uno DC y otro DP. Demostraron que los terneros a los que se los destetó precozmente para producir un IMT fueron más pesados a la edad del DC de 253 días (341 vs 265kg). Al momento de faena el PCC fue de 564kg para los DP y de 524kg para los DC.

Smith *et al.* (2013) demostraron que los terneros DP tuvieron mayor peso vivo al momento de la faena (581 vs 537,96kg) y mayor PCC (335 vs 304kg) que los DC.

En el estudio de dos años de duración realizado por Myers *et al.* (1999) el peso promedio de las carcasas en caliente fue de 493, 478 y 470 en el primer año y de 467, 452 y 444kg en el segundo año para los grupos DP, CF y DC respectivamente. El mayor PCC del grupo DP puede explicarse porque esos animales estuvieron 51 días más el primer año y 46 el segundo en la fase de engorde que el promedio de los CF y DC.

Shike *et al.* (2007) demostraron que el PCC de terneros a los que se les realizó el CF fueron en promedio 18,5 kg más pesadas que las de los terneros DC.

En el estudio realizado por Moriel *et al.* (2013) a la edad del destete tradicional, los terneros del grupo Corral fueron más pesados (295,7kg) que los otros tratamientos, DT y Raigrás tuvieron similares pesos (215 y 196 kg respectivamente) pero fueron más livianos que los terneros IM (242kg). Al día 260, los novillitos Corral tuvieron un peso vivo más alto (359,7kg) que los otros grupos, DT y Raigrás pesaron 228,6 y 230 kg respectivamente; el grupo IM pesó 276,7kg. En este estudio no se evaluó el PCC debido a que finalizó con el envío de los animales al *feedlot* (Tabla 3.9).

Peso vivo a la edad del DC (kg)				Peso vivo a los 260 días de edad (kg)			
DT	Raigrás	IM	Corral	DT	Raigrás	IM	Corral
215	196	242*	295,7*	228,6	230	276,7*	359,7*

Tabla 3.9. Efectos de la intervención nutricional temprana en el peso a la edad del destete convencional y peso vivo a los 260 días según Moriel *et al.* (2013). *Indica diferencias estadísticamente significativas.

El incremento del peso de las carcasas con un similar espesor de grasa dorsal en los terneros IMT, sugiere que ellos no depositan tan fácilmente grasa subcutánea en relación a los cambios en el peso corporal como lo hacen los DT (Myers *et al.*, 1999; Scheffler *et al.*, 2014). Además, los terneros DP pasaron más días de su vida consumiendo una dieta energéticamente concentrada, lo que produce también un mayor PCC (Myers *et al.*, 1999).

Meeter *et al.* (2011) concluyó que el PCC es mayor en terneros DP, comparado con DC. Pero, cuando los terneros DC tuvieron buenas ganancias durante toda su vida, no hubo una diferencia en calidad y PCC que sea suficiente como para justificar los gastos económicos del DP o el CF.

3.7. Interacción endócrina y molecular: eje somatotrófico

En el estudio realizado por Vestergaard *et al.* (2003) (citado por Moriel, 2013), la alimentación de vaquillonas prepúberes con una dieta altamente concentrada durante 5 semanas, al compararse

con vaquillonas alimentadas a base de pasturas produjo un incremento del aumento diario de peso vivo. Conjuntamente se observó que la unión de GH a sus receptores hepáticos se incrementaba, así como la densidad de IGF-R en el músculo *longuissimus dorsi* (AOB) y las concentraciones plasmáticas de insulina y el total de IGF-1 circulante. Por su parte Smith *et al.* (2002) (citado por Moriel, 2013), demostraron que al aumentar el consumo de nutrientes en terneros aumentan las concentraciones plasmáticas de insulina e IGF-1.

La importancia de estudiar los mecanismos por los cuales el eje somatotrófico afecta el desarrollo muscular se debe a que los músculos esqueléticos de los bovinos representan entre el 55 y el 60% del peso total de las carcasas y el mismo está determinado por el tamaño y número de fibras musculares. El número de células musculares se determina durante la gestación temprana (Pordomingo, 2015; Moriel 2013), pero su aumento de tamaño (hipertrofia) ocurre durante la gestación tardía y en la vida postnatal temprana. La hipertrofia de las fibras requiere la adhesión de núcleos adicionales. Entre el 60 y el 90% del ADN encontrado en las fibras musculares esqueléticas es proporcionado por las células satélites (CS), acumuladas durante el crecimiento postnatal. Las CS son células mononucleares que se encuentran en un estado inactivo entre la membrana basal y el sarcolema de los miocitos. Luego de un daño o una estimulación hormonal las CS se activan dividiéndose y generando nuevas células que se diferencian y fusionan con las musculares. Las CS abarcan cerca del 30% de los núcleos musculares en los animales jóvenes, pero solo del 2 al 10% en los animales maduros. Por lo tanto la proliferación de las CS es crucial en el crecimiento, reparación y regeneración del músculo postnatal (Moriel, 2013). El incremento en la concentración de IGF-1 estimula la proliferación y diferenciación de CS (Moriel, 2013).

En bovinos inmaduros, la tasa de crecimiento del músculo *L. dorsi* está relacionada positivamente con aumentos en el IGF-1 en el suero y con la densidad de IGF-1R. Por lo tanto, debido a que al ingerir dietas altamente energéticas aumentan los niveles de insulina, IGF-1 e IGF-1R, esto explicaría la hipertrofia de las fibras musculares y el mayor peso de las carcasas producidas por efecto de una intervención nutricional energéticamente concentrada en la vida temprana del animal.

El IMT también produce mejoras en cuanto a la proliferación del tejido adiposo, las mismas ocurren por cambios moleculares. El tejido adiposo se genera a partir de células mesenquimales, el crecimiento del mismo se origina a través de procesos de hipertrofia e hiperplasia dependiendo de la edad y de la localización del tejido. La adipogénesis es la formación de nuevos adipocitos a través de la proliferación y diferenciación de células mesenquimales en preadipocitos y la conversión de los mismos en adipocitos. La hiperplasia de adipocitos ocurre durante toda la vida, pero se da principalmente durante los períodos fetales y postnatales (Moriel, 2013).

Los principales depósitos de tejido adiposo en los bovinos son el visceral, subcutáneo, intermuscular e intramuscular, el número de adipocitos aumenta desde antes de mediados de gestación hasta la etapa postnatal temprana para los acúmulos visceral e intermuscular. En el tejido subcutáneo, los adipocitos se forman entre mediados de la gestación hasta los 210 días de vida aproximadamente, mientras que la adipogénesis intermuscular ocurre desde la gestación tardía hasta alrededor de los 250 días de edad, además hay diferencias metabólicas en la forma en que ocurren los acúmulos de grasa en los diferentes tejidos.

Los adipocitos intramusculares presentan un menor diámetro máximo, menor capacidad de diferenciación de preadipocitos y menor respuesta a la lipogénesis inducida por insulina y eficiencia lipolítica. Sin embargo la expresión de ARNm de transportadores de glucosa es mayor al ser comparados con los adipocitos subcutáneos. También los adipocitos subcutáneos e intermusculares difieren en su principal fuente de energía, el acetato es la principal fuente de los subcutáneos mientras que la glucosa lo es en los intramusculares (Moriel, 2013).

La cantidad de grasa intramuscular depende de efectos genéticos y la nutricionales, y pese a que la diferenciación y acumulación de adipositos puede iniciarse en estados tempranos, al momento de la terminación es el último tejido en depositar grasa. Esto se produce por la diferencia observada entre el metabolismo de la glucosa y el tiempo de la hiperplasia de los adipocitos entre los diferentes tejidos. De esta manera el objetivo a nivel productivo se centra en identificar los potenciales mecanismos que mejoren los grados de marmóreo sin aumentar la adiposidad general del bovino. La diferenciación temprana de adipocitos sugiere la existencia de un período de tiempo en el que una intervención nutricional puede aumentar la deposición de grasa intramuscular, esto puede explicar los efectos de las dietas proporcionadas a los terneros luego de un destete precoz sobre el marmóreo expresados anteriormente.

IV. SELECCIÓN GENÉTICA

Los efectos que produce el IMT sobre las diferentes variables productivas desarrolladas anteriormente pueden lograrse mediante selección genética. El mejoramiento genético puede definirse como el uso de herramientas biológicas y matemáticas para aumentar la frecuencia de aquellos genes relacionados con características consideradas favorables para los animales (Piñeira *et al.*, 2009). Por lo tanto, un interrogante que se genera es cuales son las ventajas o desventajas de usar una metodología u otra, considerando el ahorro de mano de obra y alimento altamente energético requerido por el IMT.

Si consideramos por ejemplo la raza Aberdeen Angus en Argentina, la selección animal ha logrado incrementos sostenidos en variables relacionadas a crecimiento (peso al destete y peso final) principalmente los últimos 20 años, un efecto semejante se observó a nivel de AOB. Sin embargo a nivel de marmóreo no se observaron modificaciones. (Figuras 4.1 y 4.2). Es probable que, como se explicó anteriormente, dado el interés creciente a nivel mundial sobre ésta característica, el interés de los productores sobre la misma se incremente.

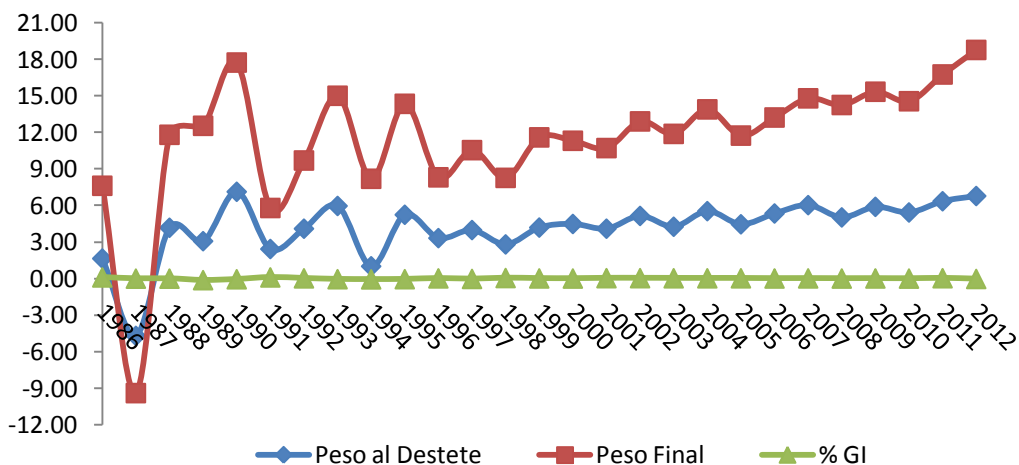


Figura 4.1. Evolución de valores promedio de DEPs para peso al destete, peso final y %GI (marmóreo) (Asociación Angus Argentina, 2016).

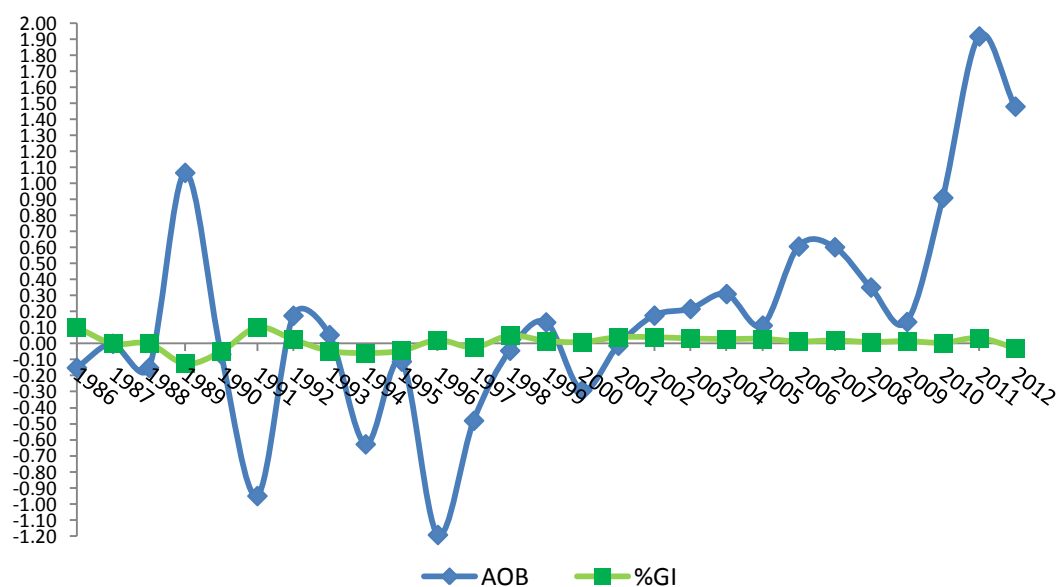


Figura 4.2. Evolución de DEPs para área de ojo de bife y GI (marmóreo). (Asociación Angus Argentina, 2016).

Un interrogante que surge al analizar el efecto de la selección genética por marmoreo, es como afecta la eficiencia reproductiva del rodeo. No se han descrito trabajos que encuentren una relación directa entre estas características, sin embargo algunos muestran una relación indirecta entre ellas. La selección del material genético debe realizarse considerando el medio ambiente donde se produce, de lo contrario se darán tasas de reproducción bajas. Se conoce poco sobre las peculiaridades de las madres que poseen genes de alto marmóreo y se necesitan más proyectos de investigación para abordar estas cuestiones (Martson, 2007).

Se encontró una correlación genética positiva entre la ganancia de peso pre destete y marmóreo (Ritchie, 1999; Splan; 1998. Citados por Martson, 2007). Esto resulta favorable si se desea realizar la selección a favor de esas dos características, pero existe una correlación positiva entre peso al destete y producción de leche materna (Knapp and Black, 1941; Neville *et al.*, 1960; Wyatt *et al.*, 1977; Boggs *et al.*, 1980; Marston *et al.*, 1992. Citados por Martson, 2007), ambas características presentan mediana heredabilidad (0,37 y 0,20-0,25 respectivamente) (Gardón, 2015; North, 1990). Se podría esperar entonces que un incremento en la producción de leche este asociado positivamente con un mayor potencial de marmóreo (Martson, 2007). Otro trabajo evidenció que descendientes de padres con mayores grados de marmóreo presentaron una mayor propensión para producir leche (Rawlings, 1998. Citado por Martson, 2007). Estas observaciones a nivel productivo, se relacionan con hallazgos moleculares, la proteína diacilglicerol acetiltransferasa (DGAT1) se relaciona tanto con variaciones en la deposición de grasa intramuscular como con el contenido de grasa de la leche (Kaupe *et al.*, 2004;

citado por Piñeira *et al.*, 2009), y la misma es codificada por un gen mayor con un efecto importante sobre la variabilidad de esa proteína.

Considerando la relación entre estas variables es esperable que si la selección de rasgos múltiples no se direcciona para aquellos animales que tengan altos grados de marmóreo pero moderada producción de leche, el aumento en la demanda de nutrientes para la producción láctea limite la reproducción en ambientes con recursos nutricionales restringidos (Rawlings, 1998. Citado por Martson, 2007). Situación que puede ser limitante para los sistemas de producción argentinos, ya que la mayoría de los rodeos de cría están instalados en zonas marginales (Vergara y Truffer, 2004).

Es sabido que las razas que sobresalen en la producción de cortes comerciales no dominan la producción carnicera por encima de otras razas con menor potencial genético en ese aspecto. Esto sucede debido a que el ganado con menor producción de dichos cortes sobresale en otras características importantes para la producción eficiente de carne, tales como las características maternas, facilidad al parto y el marmóreo (North, 1990).

Se demostró que existe una alta incompatibilidad debido al antagonismo genético entre el aumento de producción de cortes comerciales, el peso al nacimiento y la dificultad al parto. Esto significa que al aumentar al peso al nacer y la producción de cortes comerciales, aumenta la dificultad al parto de esos terneros. Además, la pubertad tardía tiende a asociarse con mayor potencial de producción de cortes comerciales (North, 1990), esto es una desventaja para la cría ya que los productores necesitan que sus hembras sean precoces reproductivamente para poder producir antes un ternero y así generar ingresos más rápido. También se ha encontrado una correlación genética positiva entre los pesos al destete, al año y a la edad adulta (North, 1990), un mayor peso adulto significa mayores requerimientos de mantenimiento y, como se explicó anteriormente, esto puede afectar la eficiencia reproductiva del rodeo.

En cuanto al AOB, es un indicador de mayor musculatura y de mayor rendimiento al gancho, la cual tiene una correlación genética negativa con el engrasamiento. Cuando aumenta el AOB, disminuye el engrasamiento. Esta última característica es indicativa de facilidad de engorde y está ligado con la fertilidad de las hembras. Es importante que los vientres tengan facilidad de engrasamiento, ya que las grasas actúan como reserva corporal, que permite mantener las funciones productivas ante períodos de baja disponibilidad alimenticia. Sin reservas, lo primero que disminuye en condiciones limitantes es la fertilidad (Vergara y Truffer, 2004). Por lo tanto, seleccionar por un mayor AOB, puede afectar los índices reproductivos del rodeo en establecimientos donde no abunde el alimento disponible para los vientres.

Debido a las relaciones antagónicas explicadas entre las diferentes características productivas que se pueden desear en un plantel de bovinos, es necesario llegar a un balance a la hora de elegir

reproductores, ya que si solo se selecciona por una característica se perderá productividad con respecto a otras.

El IMT puede ser utilizado como una herramienta para mejorar la calidad, peso y rendimiento de las reses sin obtener las características productivas negativas para las cuales se seleccionaría indirectamente al realizar un proceso de mejoramiento genético con el fin de aumentar el marmóreo, AOB, rendimiento, peso al destete o peso adulto. De esta forma se podría dirigir la selección genética para mejorar características de calidad y peso de las reses, sin afectar los índices reproductivos.

V. ASPECTOS ECONÓMICOS Y EFICIENCIA PRODUCTIVA

Los costos de alimentación constituyen del 70 al 90 % de los costos directos de un engorde a corral (Mac Loughlin, 2013), por lo que la eficiencia en el uso de este insumo determinará, entre otras cosas, la rentabilidad del sistema. Una de las formas de evaluar la eficiencia productiva es mediante la estimación de la cantidad de kilos de alimento consumidos por cada kilo de novillo producido, este indicador se conoce como eficiencia de conversión (EC).

Diferentes estudios evaluaron el efecto del IMT sobre la EC y los resultados obtenidos fueron contradictorios. Algunas investigaciones no demostraron efectos del DP en el consumo medio diario (CMD) en terminación (Meyer *et al.*, 2005; Scheffler *et al.*, 2014) o en la relación ganancia : alimento (G:A) (Lusby *et al.*, 1990; Myers *et al.*, 1999c; Schoonmaker *et al.*, 2004; Arthington *et al.*, 2005. Citados por Smith, 2015). También se reportó una elevación en el 12% de la relación G:A para terneros DP al compararlos con DC, pero sin afectar el CMD en terminación (Arthington *et al.*, 2005. Citado por Smith, 2015). Los autores que encontraron reducciones en el CMD reportaron además aumentos en la relación G:A en novillos DP un 10-15% superiores a los DT. Además, sugirieron que el DP produce cambios fisiológicos en el ternero que lo conducen a mejorar su EC en la terminación (Myers *et al.*, 1999a; Barker-Neef *et al.*, 2001. Citados por Smith, 2015)..

Pese a que la medición de G:A es una de las herramientas que menos trabajo requiere, su utilidad no está garantizada completamente debido a las relaciones confusas que existen entre el consumo de alimento, la ganancia de peso y la composición corporal. Por lo tanto, es posible que la variación aportada por el biotipo animal, el potencial de crecimiento y la composición corporal fueran factores que generaron confusión al momento de encontrar las diferencias entre el CMD y G:A, más aún en estudios en donde el peso vivo a la entrada al *feedlot* era distinto en los animales DP y DC (Smith, 2015).

Para eliminar la variación que puede generarse al medir la EC debido a ganancia diaria y tamaño corporal se postuló una medida alternativa de eficiencia que es el consumo residual (CR) (Koch *et al.*, 1963. Citado por Smith *et al.*, 2015). En el cálculo de CR, se evalúa el CMD en función del aumento diario de peso vivo (ADPV) y el tamaño medio del animal durante un período de medición del consumo de alimento. Esta estimación permite predecir el consumo de alimento luego de considerar la variación por ganancia diaria y tamaño corporal. El consumo residual es el valor que se genera al realizar la diferencia entre el CMD observado efectivamente y el esperado para un determinado ADPV. El CR proporciona, de esta manera, una medida relativa de la EC y se puede utilizar para evaluarla sin tener en cuenta la variación de crecimiento potencial y composición corporal de cada animal.

El CR se encuentra inversamente relacionado con las necesidades de mantenimiento de animal, cuando es menor es debido a que el animal consume menos alimento con un tamaño corporal y una tasa de crecimiento estándar, siendo más eficiente que los que tienen un CR mayor (Smith *et al.*, 2015).

Barker-Neef *et al.* (2001) citado por Smith *et al.* (2015) demostraron que los novillos de DP necesitaron menos energía para mantenimiento que los DC durante la fase de terminación, como resultado de una alteración en la partición de nutrientes. Estos autores observaron además una mayor G:A y una reducción en CMD. Según Smith (2015) los resultados obtenidos en ese trabajo pueden relacionarse a efectos del IM sobre el CR y los costos energéticos de mantenimiento. La producción de calor asociada con procesos metabólicos, composición corporal y actividad física produce el 73% de la variación del CR y es la variable que más contribuye a los costos energéticos de mantenimiento (Herd and Arthur, 2009. Citado por Smith 2015). Por lo tanto, los terneros con menor CR tienen menos requerimientos energéticos de mantenimiento debido a que gastan menos energía en producir calor (Herd *et al.*, 2004. Citado por Smith, 2015). El tracto digestivo, hígado y corazón son responsables de alrededor del 39% de la producción de calor en terneros no lactantes, por lo tanto un aumento en el consumo de nutrientes, sin un incremento en la masa de estos órganos puede mejorar la EC en un 10 o 30% (Baldwin *et al.*, 1980. Citado por Smith, 2015). Una restricción alimenticia durante la fase de crecimiento del ternero, aumenta la masa del hígado y de los intestinos en novillos terminados (Sainz y Bentley, 1997. Citado por Smith, 2015). Puede que lo mismo suceda al comparar terneros DC con DP, si los DC permanecen con sus madres sin suplementación, mientras que los DP consumen concentrado ad libitum, se produce un aumento en los requerimientos energéticos para mantener órganos de mayor masa como corazón, hígado y el tracto digestivo en novillos DC durante la fase de terminación. Esto culmina con una reducción en la EC de los terneros que fueron limitados nutricionalmente durante su crecimiento. Sin embargo, se necesitan realizar más investigaciones para comprender mejor el impacto de esta intervención nutricional en la masa de los órganos viscerales para poder identificar los mecanismos fisiológicos que generan que el DP mejore la EC en terminación (Smith, 2015).

Otra causa por la cual el DP puede mejorar el CR es debido a su efecto sobre la masa pulmonar. El DP resulta en un aumento de 0,52 gramos de masa pulmonar por kilo de PV. Pese a que se sabe poco sobre el efecto de los pulmones en la EC, se reportó una relación inversa entre la respiración mitocondrial y el CR (Kolath *et al.*, 2006. Citado por Smith, 2015). El intercambio gaseoso podría ser un limitante en la función mitocondrial. Si la masa pulmonar afecta la capacidad para el intercambio de oxígeno, un aumento en la disponibilidad del mismo podría conducir la función mitocondrial y así aumentar la generación de energía para mejorar la EC. Los resultados de ese experimento sugieren que la cantidad de energía afecta el desarrollo pulmonar en diferentes etapas de la vida del animal, y un

aumento en la masa pulmonar puede haber sido responsable en parte de la mejor en el CR durante la fase de terminación que se le atribuyo al DP (Smith, 2015).

Myers *et al.* (1999) probaron que durante el primer año de su estudio, en la fase de *feed lot*, el grupo DP tuvo menores consumos (7,7 vs 8,16 kg/día) y mejor EC (0,170 vs 0,153) que el promedio de los CF y DC. En el segundo año, los DP tuvieron mayores ganancias durante todo el estudio que el promedio de los CF y DC, a su vez, el grupo CF tuvo mayores ganancias que el DC. También en este año los DP tuvieron menores consumos (7,29 vs 7,68kg/día) y mejor conversión alimenticia (0,160 vs 0,141) que el promedio de los grupos CF y DC.

Shike *et al.* (2007) no encontraron diferencias durante el período de terminación en el ADPV, consumo de materia seca o en la relación G:A entre los grupos CF y DP. Durante todo el estudio los terneros DC tuvieron menores ADPV y necesitaron más tiempo para llegar a la faena que los otros grupos. Al comparar solamente el tratamiento CF con el DC, los primeros tuvieron ganancias un 9,7% más altas, fueron más eficientes en convertir alimento en kilos de peso vivo (0,181 vs 0,175) y estuvieron 11 días menos en el *feedlot* que los segundos, además en la etapa de terminación tuvieron ganancias un 8,1% mayores.

Meteer *et al.* (2011) encontró que durante la fase del tratamiento, los terneros DP ganaron más que los de creep feeding (1,6 vs 1,5kg), los DC tuvieron las ganancias más bajas (1,2kg). El autor señaló que las ganancias fueron altas en los DC debido a que durante el año en el que se realizó el estudio llovió mucho y abundaron las pasturas de alta calidad. En la fase de terminación, el grupo CF ganó un 9% más, tuvo consumos 6,5% más bajos y fue 16% más eficiente que el DP, el autor señaló que no se conoce porque se obtuvieron estos resultados en su estudio, pero podría deberse a la buena calidad de pasturas sumada a la suplementación al pie de la madre. Cuando se comparó el ADPV durante toda la investigación, los DP tuvieron las mayores ganancias, seguidos por los CF y por último los DC. Los terneros DC fueron mejores cuando se comparó la eficiencia en el *feedlot* con el promedio de los otros tratamientos (0,160 vs 0,152).

Smith *et al.* (2013) demostraron que los TDP fueron más eficientes cuando se evaluó el CR (-1,01 vs 0,18), los autores encontraron una correlación positiva entre el aumento diario previo a la fase de terminación y un menor CR en los TDP; a estas diferencias en el ADPV durante la fase de pastoreo le adjudican el 6,25% de diferencia en el CR entre ambos tratamientos. Además el consumo de materia seca fue menor en los TDP (22,8 VS 23,8kg), al igual que la relación alimento/ganancia (4,72 vs 4,96).

Pese a que los estudios analizados evaluaron DP y solo uno evaluó el CF como herramienta para mejorar la EC, los cambios metabólicos que estos producen pueden ser atribuidos al efecto que genera el IMT. Por lo tanto, el IMT debería ser tenido en cuenta como una herramienta más para mejorar la

eficiencia productiva de los sistemas de carne bovina. Ya que el estudio de Meeter *et al.* (2011) indicó mayor eficiencia por parte de los terneros DC, se requieren más investigaciones para demostrar claramente los efectos del IMT sobre estos parámetros de eficiencia productiva.

En relación al impacto económico de estas tecnologías sobre la rentabilidad de los diferentes sistemas algunos autores realizaron diferentes análisis económicos enfocados a la productividad del sistema en general. Smith *et al.* (2013) llegaron a la conclusión de que el DP seguido de una suplementación intensiva a base de granos no debería ser tenido en cuenta como una opción rentable para los productores que venden sus terneros al destete y no reciben aumentos en el precio de su producto por la potencial mejora en la calidad final de la canal. Sin embargo, los productores que realizan ciclo completo, podrían considerar esta herramienta de manejo para disminuir los requerimientos de forraje de sus madres en épocas de sequías o cuando la industria cárnica pague incentivos por mejor calidad de carne como sería el *Certified Angus Beef* (que se otorga a reses de calidad *Prime* o *Choice*). Además, los productores de ciclo completo se verían beneficiados por la mejora que el DP produce en la EC en la terminación en los animales.

Meeter (2011) concluyó pese a las mejoras productivas que se logran con el DP, los TDC tuvieron los costos más bajos. Por lo tanto el DC fue la opción más rentable y menos riesgosa cuando los terneros eran vendidos al destete. Además, en este estudio, cuando los TDC tuvieron buenas ganancias durante toda su vida, no hubo una diferencia en la calidad y peso de las carcasas que sea suficiente como para cubrir los gastos del DP o el CF.

Otros autores expusieron que uno de los mayores beneficios de utilizar el DP es que le proporciona flexibilidad al sistema productivo. Ya que, además de mejorar la calidad de las carcasas y el grado de marmóreo, los terneros nacidos en otoño pueden ser destetados entre los 90 y 100 días de edad. En ese momento, sus madres entran en un período en el que reducen la producción de leche y las fuentes nutricionales para soportar la lactación disminuyen. Destetar a los terneros y alimentarlos en un corral reduce la demanda forrajera del sistema, así pasan el invierno encerrados consumiendo una dieta concentrada energéticamente y vuelven al campo cuando las pasturas de primavera están rebrotando, teniendo ganancias moderadas, pero a un menor costo que si estuvieran en el *feedlot*. Esta fase de pastoreo puede ser seguida por una etapa de terminación a corral que es más corta y más eficiente, y por lo tanto menos costosa, en TDP que en los TDC (Scheffler *et al.*, 2014).

Otra ventaja de utilizar el DP para producir un IMT es la mejora en la condición corporal (CC) de los vientres. Myers *et al.* (1999) evaluaron la CC de madres en las que se les retiró su ternero precozmente y en las que permanecieron con sus hijos hasta la edad del DC (205 días). Aunque comenzaron la lactancia con un mismo peso vivo, a los 205 días de comenzada la misma, las madres de los TDP fueron 40 kg más pesadas y tuvieron ganancias de 0,55kg más altas que las de los TDC

(0,38 vs -0,17kg). Este último punto es importante para tener en cuenta en los sistemas de producción argentina, ya que en la región pampeana se destetan un poco más del 70% de terneros de las vacas entoradas y en las zonas marginales el índice de destete es de alrededor del 50% (Canosa *et al.*, 2013). Aquí se observa otro beneficio del DP, debido a que tener vientres ganando peso y con una mejor CC es indicativo de mayores índices de preñez.

En cuanto a los costos de la utilización del IMT, debe tenerse en cuenta que pese a que se tiene el gasto del concentrado adicional que consumirá el ternero, en los diferentes estudios analizados este gasto puede ser absorbido por el beneficio que se obtiene al momento de vender más kilos de carne y con una mejor calificación de las reses. Otro efecto del IMT que puede absorber los gastos de la alimentación de los terneros es la potencial mejora del IMT en la EC y el CR.

Un punto importante a tener en cuenta para implementar el IMT es la posibilidad de que el productor reciba un mayor ingreso por producir carcasas de mayor calidad. Actualmente, la industria cárnica Argentina clasifica las reses mediante un sistema de tipificación que consiste en la evaluación del desarrollo muscular (conformación) y el espesor de la grasa de cobertura (terminación). Determinando así calidad y destinos comerciales (Harris, 2013). La conformación se determina al analizar el volumen y desarrollo de las masas musculares, observando las formas, perfiles, convexidades y relieves de las reses, sin tener en cuenta la grasa de cobertura. La clasificación para las reses de novillos es JJ, J, U, U2, N, T, A; yendo de mayor a menor calidad (Tabla 5.1 y Figura 5.1) (Harris, 2013).

	CALIDAD DE LAS MEDIAS RESES O CANALES (SÍMBOLOS)						
CLASIFICACIÓN SEGÚN SEXO	CONFORMACIÓN SEGÚN MÚSCULO/HUESO						
	Superior	Muy buena	Buena	Mediana	Regular	Inferior	Mala
Novillo	JJ	J	U	U2	N	T	A
Novillito Vaquillona Vaca Ternero/a	AA	A	B	C	D	E	F
Toro	AA	A		B		C	C
	Consumo especial			consumo		Manufactura	

Tabla 5.1. Clasificación argentina de calidad de reses. Adaptado de Harris (2013).

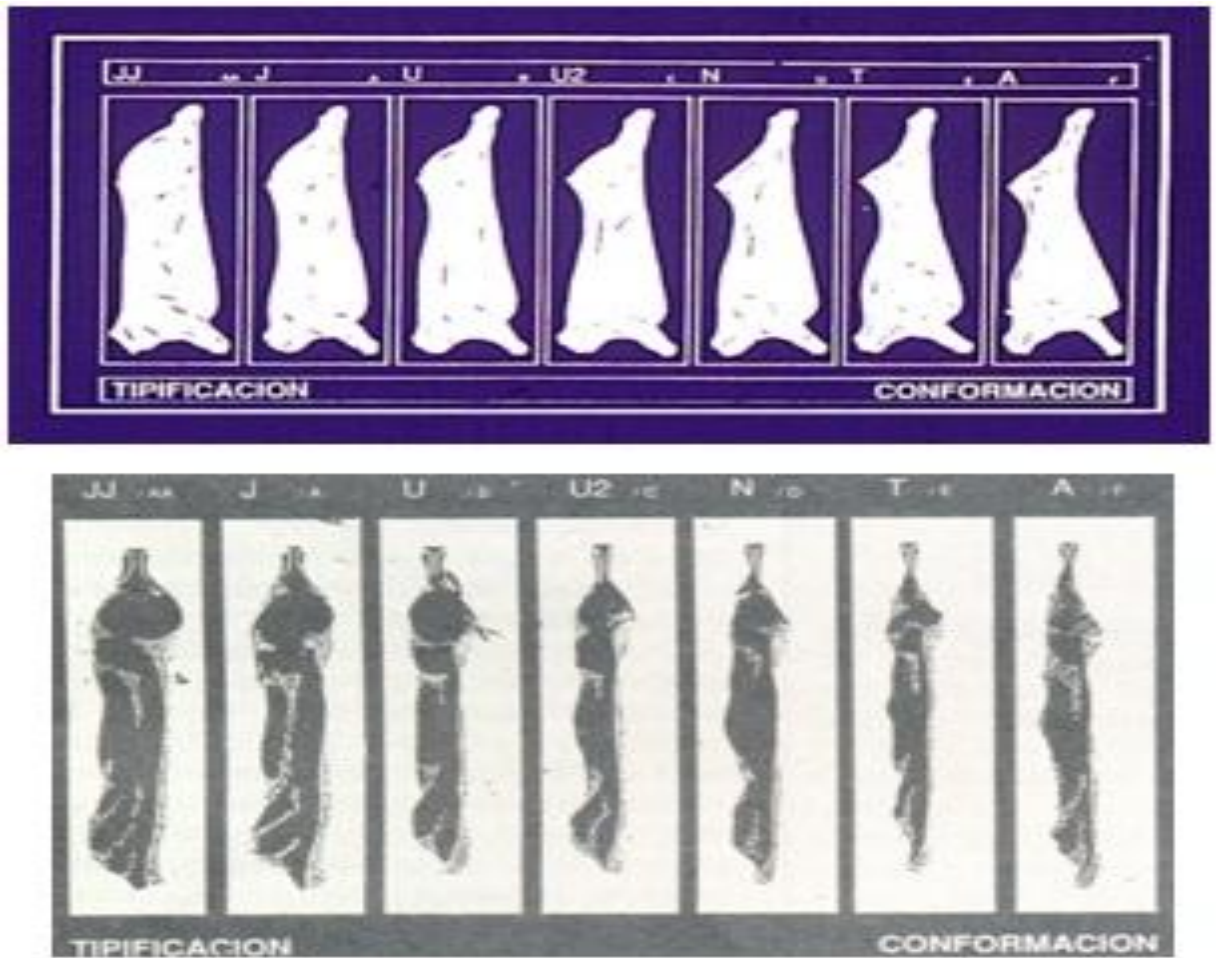


Figura 5.1. Tipificación de Reses. Adaptado de Harris (2013).

La terminación se determina luego de la apreciación del espesor, acumulación y/o distribución del tejido adiposo que cubre la res, la misma debe ser pareja y uniforme. Los diferentes grados de gordura están dados por la relación de las masas musculares con la grasa de cobertura y son: 0 (magro) – 1 (escasa) – 2 (buena) – 3 (abundante/pareja) – 4 (excesiva y mal distribuida) (Harris, 2013).

El productor puede optar cobrar el producto en base al precio por kilogramos de peso vivo, según el peso y la clasificación de la res, y por rendimiento al gancho. Es de esperar que el IMT genere mayores ingresos para el productor, principalmente si se consideran estos dos últimos sistemas de comercialización ya que vendería reses más pesadas y de mayor calidad.

CONCLUSIONES

Los efectos del IMT están asociados con un período crítico en donde intervenciones nutricionales tempranas producen consecuencias a largo plazo en el animal, las cuales son productivamente beneficiosas. Pese a que la relevancia económica de estas mejoras puede variar a través de los diferentes escenarios productivos y precios de mercado, su implementación es observada en un horizonte favorable, ya que los beneficios logrados mediante la utilización de herramientas de manejo que producen un imprinting metabólico temprano como por ejemplo el destete precoz y *creep feeding*, generan oportunidades que pueden optimizar el uso de los alimentos y mejorar la producción de carne en calidad y cantidad. En cuanto al momento de la realización del destete precoz o *creep feeding* se requieren más investigaciones para definirlo correctamente. Los resultados más favorables se obtuvieron entre los 72 y 177 días de vida. Al llevar a cabo esta intervención se espera mejorar la rentabilidad de los sistemas ganaderos, ya que los productores deberían recibir mejoras económicas por la mayor calidad y cantidad de producto logrado ya que aumenta el peso en caliente de las carcasas y área de ojo de bife a un espesor de grasa dorsal constante y por consiguiente el rendimiento a la faena. Sin embargo para llevar a cabo la implementación del imprinting metabólico temprano en los rodeos de Argentina se necesitan estudios nacionales que evalúen la rentabilidad del mismo en el contexto productivo nacional.

La implementación del imprinting metabólico temprano podría aumentar el saldo exportable y generar así mayores ingresos para el país, además de aumentar la disponibilidad de carne para el consumo interno. En cuanto a los costos de la utilización del imprinting metabólico temprano, si bien se generará un gasto por el concentrado adicional y necesidades de manejo, los estudios indican que habrá una mejora en la eficiencia de conversión. En los sistemas evaluados no solo se percibió un mayor beneficio al momento de vender más kilos de carne, con una mejor calificación de las reses, sino que los índices reproductivos de los rodeos de cría mejoraron. Este aspecto posiciona a la intervención nutricional temprana como una alternativa para mejorar la calidad de carne, puntualmente marmóreo, sin los efectos antagónicos que genera sobre la cría la selección genética para estas variables.

Para analizar la conveniencia de incluir el imprinting metabólico temprano desde una mirada que contemple el aspecto económico, debe evaluarse toda la cadena de producción de carne. Debido a las ventajas productivas observadas en los diferentes estudios revisados en esta monografía, se espera que la misma estimule a sus lectores a realizar reflexiones que consideren la implementación del imprinting metabólico temprano en los sistemas productivos nacionales.

En Argentina, puede existir una controversia inconveniente en cuanto al punto de la cadena que percibirá los beneficios de esta técnica. El productor de cría es quien realizará la inversión por lo que debería recibir una mejora en el precio de su producto que la justifique. El invernador por su parte necesitará una garantía de la correcta implementación del imprinting metabólico temprano. Otra posibilidad es que el invernador compre directamente los terneros a la edad de realizar la intervención nutricional y se encargue así de los gastos del destete precoz, situación que incrementaría un aumento en los costos de producción para el invernador y disminuir los kilos venidos por el productor de cría.

En cuanto al mercado internacional, es necesario mencionar que la reglamentación de la cuota Hilton exige que, previo a la terminación, los animales sean alimentados exclusivamente a pasto, por lo que en este caso debería considerarse el sistema de *creep feeding* ya que los terneros estarían pastoreando con sus madres y siendo suplementados con el concentrado necesario. En alusión a la cuota 481, la implementación del imprinting metabólico temprano mediante técnicas como destete precoz y *creep feeding* podría utilizarse como una herramienta válida que permitirá hacer frente a las dificultades relacionadas a edad, peso y calidad que actualmente está afrontando Argentina para insertarse en este mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- AHOLA J. K. 2014. Effects of the 60-d Window Around the Time of Weaning on Subsequent Quality Grade and Eating Quality of Beef. Colorado State University.
- ASOCIACIÓN ANGUS ARGENTINA. 2016. Sumario de Padres Angus. En: http://www.angus.org.ar/index.php?page=era_padres2016 Consultado: 1-11-2016.
- AUSTRALIAN BEEF CHILLER ASSESSMENT. En: http://www.australian-meat.com/Foodservice/Proteins/Beef/Australian_Beef_Chiller_Assessment/ Consultado: 21-10-2016
- BIANCHI M.D; C. A. CORALLO; A.S. FERRERO; G. LUCERO; M. WALTER; R. CONSIGLI; G. MOLINA; O. ADDIB. 2013. Evaluación de la Calidad Carnicera Mediante El Área De Ojo De Bife (AOB) de Toros “Puro Controlados” de la Cabaña Angus de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. Nexso agropecuario. ISSN2346-9147X.
- BERTUCCI C. L.; M. JENSEN; L. DI NEZIO; J.M. DUHALDE. 2003. Terminación de Novillos a Corral. Conformación y Calidad de Carne. INTA. En: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feed_lot/56-terminacion_a_corral.pdf Consultado: 26-09-2016
- BOCALANDRO N.; D. FRID; L. SOCOLOVSKY. 2005. Biología I: Biología humana y salud. 1º ed. Ed. Estrada y Cía S.A. Argentina. 353p,
- CANOSA F. R., C. FELDKAMP; J. URRUTI; M. MORRIS; M.R. MOSCOSO. 2013. Potencial de la Producción Ganadera Argentina Frente a Diversos Escenarios. Fundación producir conservando.
- CARRERAS H. H. 2012. Suplementación del Rodeo de Cría. En: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/cria_amamantamiento/21-Suplementacion.pdf Consultado: 10-09-2016
- COLOMBATTO D. 2015. La Nutrición Temprana Aumenta el Marmoreo. En: <http://www.valorcarne.com.ar/la-nutricion-temprana-aumenta-el-marmoreo/> Consultado: 07-09-2016
- CUNNINGHAM J.M; BRADLEY G.K. 2009. Fisiología Veterinaria. 4^{ta} ed. Elsevier, España. 699p.
- DRAKE D. J. 2004. Understanding and Improving Beef Cattle Carcass Quality. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 8130.
- DEL RÍO J. 2012. Índice de Toma de Tecnología de los Productores y su Impacto. Movimiento CREA. En: <http://www.aacrea.org.ar/images/documentos/investigacion/ganaderia/Brechas%20Comision%20Ode%20Agricultura%20Juan%20del%20Rio.pdf> Consultado: 18-10-2016
- ERDMAN R. 2013. Regulación Epigenética de la Producción en Vacas Lecheras. Departamento de Ciencias Aviar y Animal. Universidad de Maryland, College Park, Estados Unidos.
- FERRARIO J. D; M. A. FERNÁNDEZ. Estudio de Características de Carcasa por Ultrasonido: Medir Para Crear. 2007. Revista Braford, Bs As. 23(58)72-75.

- FLUHARTY, F. L., S. C. LOERCH, T. B. TURNER, S. J. MOELLER, AND G. D. LOWE. 2000. Effects of weaning age and diet on growth and carcass characteristics in steers. *J. Anim. Sci.* 78:1759–1767.
- FLUHARTY F. L.; RELING A. E; ZERBY H. N; KUBER P. F; MILLER L. 2009. Ganado vacuno terminado en sistemas pastoriles: Nutrición, crecimiento, Características de la Carcasa, Clasificación y Palatabilidad. En: <https://smallfarminstitute.files.wordpress.com/2009/09/seccion-6-ganado-vacuno-terminado-en-sistemas-pastoriles.pdf> Consultado: 11-10-2016
- GARDÓN. J.C. 2015. Predicción de parámetros asociados a calidad de carne en ganado vacuno mediante ecografía. En: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/14062/articulos-rumiantes/prediccion-de-parametros-asociados-a-calidad-de-carne-en-ganado-vacuno-mediante-ecografia.html>. Consultado: 20-09-2016.
- GRIMES J. F; F. L. FLUHARTY; T. B. TURNER; H. N. ZERBY; G. D. LOWE. 2007. Effect of Age-at-Weaning and Post-Weaning Management on Performance and Carcass Characteristics of Angus Steers. En: <https://joe.org/joe/2007february/rb6.php> Consultado: 11-10-2016
- GOBIERNO DE CHILE. 2003. Tratado de Libre Comercio Chile-Estados Unidos. ODP. Ministerio de Agricultura. En: http://www.odepa.cl/documentos/tratados_comerciales/USA.pdf Consultado: 25-09-2016
- HARRIS, I. 2013. Clasificación y Tipificación Oficial de Reses Vacunas en Argentina. En: <http://www.foodsafety.com.ar/blog/clasificacion-y-tipificacion-oficial-de-reses-vacunas-en-argentina/> Consultado: 1-10-2016
- IRIARTE. I. 2015. La Cuota 481 No Termina de Cerrar. En: <http://www.agrovoz.com.ar/ganaderia/la-cuota-481-no-termina-de-ser-negocio> Consultado: 25-09-2016
- LAKE, S. 2009. Impacts of Calf Nutritional Management on Quality Grade. The Range Beef Cow Symposium XXI. Casper, Wyoming, Estados Unidos. Pp 98-101.
- LOBBOSCO F. A. 2009. El Engorde a Corral Para la Producción de Carne en la Provincia de Buenos Aires: Un Análisis Económico. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. 84p.
- LUCAS, A. 1991. Programming by Early Nutrition in Man. *Ciba Found. Symp.* 156:38-50.
- MAC LOGHLIN R.J. 2015. Problemas con la Cuota 481. En: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/143-PROBLEMAS_CUOTA_481.pdf Consultado: 25-09-2016
- MAC LOGHLIN R. J. 2013. Venta y el Resultado Económico. VII Congreso de Conservación de Forrajes y Nutrición. Rosario, Argentina. En: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/105-Conversion_decision_engordes.pdf Consultado: 30-09-2016
- MARTSON T.T. 2007. The Relationship Between Marbling and Other EPDs With Implications When Making Beef Cow Herd Breeding and Management Decisions. Certified Angus Beef LLC. Manhattan, Kansas.
- METEER, W. T. 2011 Weaning age and source of energy influence beef cattle performance, carcass characteristics, and economics. Tesis de Maestría. Universidad de Illinois, Urbana-Champaign, Estados Unidos. 64p.

- MEYER D. L.; M. S. KERLEY, E. L. WALKER, D. H. KEISLER, V. L. PIERCE, T. B. SCHMIDT, C. A. STAHL, M. L. LINVILLE, AND E. P. BERG. 2005. Growth rate, body composition, and meat tenderness in early vs. traditionally weaned beef calves. American Society of animal Science.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA. 2014. Nuevo Mercado de Alto Valor Para los *Feedlots* Argentinos. En: http://www.minagri.gob.ar/site/movil/leer.php?id_info=140716095641 Consultado: 08-03-2016
- MORIEL P. 2013. Long-Term Effects of Metabolic Imprinting and Calf Management Systems on Growth and Reproductive Performance of Early-Weanes Beef Calves. Universidad de Florida, Estados Unidos. 159p.
- MORIEL P. Y ARTHINGTON J. 2013. Metabolic Imprinting: Nutrition during calthood influences future growth and reproductive performance of dairy and beef calves. The Florida Cattleman and Livestock Journal.
- MORIEL, P., S. E. JOHNSON, M. HERSOM, P. G. MARTINS, J. M. B. VENDRAMINI, AND J. D. ARTHINGTON. 2013. Effects of Metabolic Imprinting on Growth Performance of Early-Weaned Beef Heifers. J. Anim. Sci. 91(Suppl. 2):419.
- MYERS, S. E., D. B. FAULKNER, F. A. IRELAND, L. L. BERGER, AND D. F. PARRETT. 1999. Production systems comparing early weaning to normal weaning with or without creep feeding for beef steers. J. Anim. Sci. 77:300–310.
- NORTH, L.R. 1990. Variaciones y Correlaciones Genéticas. En: http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/01-variaciones_y_correlaciones_geneticas.pdf. Consultado: 20-09-2016
- OBSERVATORIO DE LA CADENA DE CARNE BOVINA ARGENTINA. 2012. Informe N°12: Exportaciones de Carne Bovina 2012. En: http://www.aacrea.org.ar/images/documentos/investigacion/ganaderia/observatorio/Informe%20nro%202%20-%20Exportaciones%20de%20carne%20bovina%20argentina_Publicado.pdf Consultado:18-10-2016
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2016. ¿Por qué son importantes el sobrepeso y la obesidad infantiles? En: http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood_consequences/es/ Consultado: 14-03-2016
- PIÑEIRA V.J., RIVEROS F.J., FELMER D.R. 2009. Herramientas de Última Generacion Para Mejoramiento Genético Animal. INIA Tierra adentro. Ganaduría y praderas. 42p.
- PORDOMINGO A. J. 2014. Producción Bovina de Carne en Argentina. INTA.
- RITCHIE, H. 2005. Strategies for Managing Marbling in Beef Cattle. Michigan State University Animal Science Staff Paper 517.
- ROULET, N. 2016. Carne: por octavo año, el país desperdició el arancel diferencial de la Cuota Hilton. En: <http://www.cronista.com/negocios/Carne-por-octavo-ano-el-pais-desperdicio-el-arancel-diferencial-de-la-Cuota-Hilton-20150806-0030.html> Consultado: 13-08-2016
- RUBINO LOZANO M. S; BRAÑA VARELA D; MENDEZ MEDINA D; TORRESCANO URRUTIA G. R; SANCHEZ ESCALANTE A; PEREZ LINARES C; FIGUEROA SAAVEDRA F; DELGADO SUAREZ E. 2013. Guía Práctica para la Estandarización y Evaluación de las Carcasas Bovinas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.

- SANCHEZ CHOPA F. 2015. Cortes Carniceros. En: [http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/cortes_carniceros - zootecnia.pdf](http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/cortes_carniceros_-_zootecnia.pdf) Consultado: 29-09-2016
- SCHEFFLER, J. M.; M. A. MCCANN, S. P. GREINER, H. JIANG, M. D. HANIGAN, G. A. BRIDGES, S. L. LAKE Y D. E. GERRARD. 2014. Early metabolic imprinting events increase marbling scores in fed cattle. American Society of Animal Science.
- SHIKE, D. W., D. B. FAULKNER, M. J. CECAVA, D. F. PARRETT, AND F. A. IRELAND. 2007. Effects of weaning age, creep feeding, and type of creep on steer performance, carcass traits, and economics. Prof. Anim. Sci. 23:325-332.
- SMITH, J. K. 2015. Effects of Early Weaning in Finishing Feed Efficiency, Marbling Development and Retail Product Quality of Beef Steers. Tesis para acceder parcialmente al título de doctor en filosofía en ciencias de los animales y aves de corral, Universidad Estatal de Virginia, Estados Unidos.
- SMITH, J.K., S. P. GREINER., M. A. MC CANN. 2013. Early Weaning for Improvements in Feed Efficiency and Carcass traits. Departamento de ciencias animals y de aves de corral, Universidad Estatal de Virginia, Estados Unidos.
- SMITH, S. B., H. KAWACHI, C. B. CHOI, C. W. CHOI, G. WU, AND J. E. SAWYER. 2009. Cellular regulation of bovine intramuscular adipose tissue development and composition. J. Anim. Sci. 87:E72–E82.
- STAM M. M; C. S. SCHAUERP; V. L. ANDERSONP; B. R. ILSEP; D. M. STECHERP; D. DROLC; D. PEARSON. 2007. Influence of Weaning Date (Early or Normal) on Performance, Health, and Carcass Characteristics of May-born Angus Calves. Departamento de agricultura de los Estados Unidos.
- VERGARA, E.M., R. TRUFFER. Selección Genética en Bovinos ¿Por qué Breedplan? IV° Jornadas Nacionales de Cría Bovina Intensiva, Venado Tuerto, Santa Fé, Argentina. En: http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/deps/52-breedplan.pdf Consultado: 15-09-2016
- VIEAU D. 2011. Perinatal nutritional programming of health and metabolic adult disease. World J Diabetes.
- VICKERS M. H. 2014. Programación de Desarrollo y Transmisión Transgeneracional de la Obesidad. En: https://www.nestlenutrition-institute.org/intl/es/resources/library/Free/anales/a72_1/Documents/03%20ART_72_1_baja.pdf Consultado: 10-10-2016
- ZAMBRANO E. 2009. Mecanismos Transgeneracionales en el Desarrollo de Enfermedades Metabólicas. Revista de Integración Clínica. Instituto nacional de ciencias médicas y nutrición Salvador Zuriván. México.