



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y DE
LA CANAL DE HÍBRIDOS WAGYU CON LAS RAZAS
MATERNAS OVERO COLORADO, HEREFORD Y ANGUS EN
AISÉN

JAVIERA CALVO BARENTIN

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal.

PROFESOR GUÍA: Mario Duchens Arancibia

SANTIAGO, CHILE
2010



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y DE LA CANAL DE HÍBRIDOS WAGYU CON LAS RAZAS MATERNAS OVERO COLORADO, HEREFORD Y ANGUS EN AISÉN

JAVIERA CALVO BARENTIN

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción Animal.

NOTA FINAL:

		NOTA	FIRMA
PROFESOR GUÍA	: MARIO DUCHENS ARANCIBIA
PROFESOR CONSEJERO:	MARIO MAINO MENÉNDEZ
PROFESOR CONSEJERO:	PATRICIO PÉREZ MELÉNDEZ

SANTIAGO, CHILE
2010

A mi familia por su amor incondicional y apoyo fundamental durante toda mi vida, mi carrera y esta tesis. Y sobre todo por la paciencia... costó, pero al fin ya esta!

AGRADECIMIENTOS

A mi profe guía, Dr. Mario Duchens, por todo el tiempo que dedicó a mi desarrollo como profesional y persona, por su excelente voluntad, sus consejos, y principalmente por su amistad y confianza.

A los profes correctores de esta tesis, Dr. Mario Maino y Dr. Patricio Pérez, por sus sugerencias, ayuda y dedicación.

Al Dr. Rodrigo Prado, por mostrarme la vocación por el mundo de los bovinos de carne.

Al Dr. Pedro Meléndez por su ayuda prestada con gran disposición.

A Elizabeth Manzano, por su impagable ayuda, sin la cual hubiese sido imposible realizar esta tesis.

A la gente de Frigorífico Osorno por su buena voluntad.

A todos los funcionarios del Dpto. de Fomento de la Producción Animal y especialmente a la Normita y Don Octavio.

A la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias y sus docentes, porque todos han contribuido de una u otra forma a este logro.

Y por último, pero de todas maneras no menos importante, a Marcelo, mi compañero, amigo y amado, por su indispensable compañía y apoyo, y a su familia por el cariño brindado.

RESUMEN

Esta memoria tuvo por objeto evaluar el resultado del cruzamiento de bovinos de la raza Wagyu, de gran habilidad para producir carnes marmoleadas, con las razas predominantes de la región de Aisén. Este manejo genético se realizó con el fin de obtener un producto superior en lo que respecta a calidad de carne.

En un predio ubicado al sureste de la ciudad de Coyhaique, se inseminaron 75 vaquillas de las razas Aberdeen Angus (n=25), Hereford (n=25) y Overo Colorado (n=25) con semen de toro Wagyu. Se obtuvieron 11 terneros cruce con Angus, 7 con Hereford y 12 con Overo Colorado, los cuales fueron criados, castrados y engordados en el mismo predio. Durante este período se registraron los pesos al nacimiento y al destete. A los 30 meses de edad fueron enviados a la planta faenadora de Frigorífico Osorno, donde se obtuvieron los pesos de las canales calientes y frías, y se midieron y registraron las características de la canal.

Se evaluaron los pesos al nacimiento y corregidos a los 205 y 365 días, las ganancias diarias de peso para los períodos predestete, crianza/recrea y engorda. También se evaluaron características de la canal, entre éstas se contemplaron el rendimiento en vara, el espesor de la grasa dorsal, el color de la grasa y el músculo, el área del ojo del lomo y el grado de marmoleo

No se observaron diferencias significativas en el peso al nacimiento entre las tres cruces. Los híbridos Wagyu x Angus mostraron resultados similares a los híbridos Wagyu x Overo Colorado en las características de crecimiento, mientras que los novillos Wagyu x Hereford presentaron valores más bajos ($p \leq 0,05$) para las variables peso corregido a los 205 y 365 días, y en la ganancia diaria de peso para los períodos predestete y engorda. No se observaron diferencias significativas entre los tres genotipos considerados para las variables relacionadas con la canal y con el rendimiento en vara.

En conclusión, es posible cruzar la raza Wagyu con cualquiera de las tres razas predominantes en la región obteniendo resultados satisfactorios en las características de crecimiento y de la canal.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the performance of crossbred Wagyu steers – well known by its ability to produce marbled meat – with the main beef breeds of Aisén, Chilean Patagonia. This management was carried out in order to obtain a product of superior quality regarding meat quality.

In a farm located South West of Coyhaique, Angus (n=25), Hereford (n=25) and Red Friesian (n=25) heifers were inseminated with Wagyu semen. Eleven Angus, 7 Hereford and 12 Red Friesian cross bull calves were used. They were raised, castrated and finished in the farm. Birth weight and weaning weights were registered. At 30 months of age the steers were sent to the slaughterhouse, where hot and cold carcass weights were taken. Carcass traits were measured and recorded.

The breed comparison included: corrected 205- and 365-day body weight, the average daily gain from birth to weaning, from weaning to beginning of fattening, and during fattening. Also carcass traits were evaluated, including commercial dressing percentage, back fat thickness, muscle and fat colour, ribeye area, and marbling score.

Birth weights were not significantly different among the three crosses. Wagyu x Angus steers performed similarly to Wagyu x Red Friesian steers in growth traits, while Hereford x Wagyu steers had lower ($p \leq 0.05$) corrected 205- and 365-day body weight, and in the average daily gain from birth to weaning and during fattening. No significant differences among the three genotypes were observed in any of the carcass traits and the commercial dressing percentage.

In conclusion, it is possible to cross the Wagyu breed with any of the three main regional breeds, achieving satisfactory performance in growth and carcass traits

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Calidad de la carne.....	4
2.1.1 Palatabilidad.....	5
2.1.2 Grasa intramuscular o marmoleo.....	7
2.2 La raza Wagyu.....	8
2.3 Cruzamientos entre bovinos de carne.....	11
2.4 Características de las razas en cruce con Wagyu.....	12
2.4.1 Razas Británicas.....	12
2.4.2 Razas Continentales Europeas.....	14
2.5 Antecedentes de cruces.....	16
3. OBJETIVOS.....	30
3.1 Objetivo general.....	30
3.2 Objetivos específicos.....	30
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
4.1 Lugar.....	31
4.2 Antecedentes.....	31
4.3 Faena.....	33
4.4 Indicadores registrados.....	35
4.4.1 Pesos.....	35
4.4.2 Rendimiento en vara.....	36
4.4.3 Características de la canal.....	37
4.5 Análisis de la información.....	40
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
5.1 Características productivas.....	41
5.1.1 Pesos.....	41
5.1.2 Ganancias diarias de peso.....	42

5.2 Características de la canal.....	44
5.2.1 Rendimiento en vara.....	44
5.2.2 Área del ojo del lomo.....	45
5.2.3 Espesor de la grasa dorsal.....	45
5.2.4 Color del músculo.....	47
5.2.5 Color de grasa.....	47
5.2.6 Marmoleo.....	48
5.3 Implicancias.....	50

6. CONCLUSIONES.....52

7. BIBLIOGRAFÍA.....53

1. INTRODUCCIÓN

A partir del año 2000 la exportación de carne bovina y sus subproductos se ha constituido en una alternativa de mercado que anteriormente no se había desarrollado en nuestro país. La globalización de los mercados y la producción especializada para cubrir las demandas de este mercado cada vez más exigente, parece fundamental para impulsar el crecimiento de la industria agropecuaria. Existe consenso entre los protagonistas de la cadena de la carne, en que las exportaciones de carne bovina resultan esenciales para el desarrollo del sector en el largo plazo.

Chile no tiene la opción de competir a nivel internacional con altos volúmenes como lo hacen los países pertenecientes al MERCOSUR y otros países del hemisferio sur como Australia y Nueva Zelandia. Es por esto que la industria debe priorizar la creación de productos con atributos de calidad, diferenciados, para así lograr ingresar a mercados donde se transan mejores precios y alcanzar el tan requerido estímulo económico que necesitan los productores para impulsar el desarrollo del sector. Dentro de los atributos que se pueden lograr y que el consumidor está dispuesto a pagar se encuentran características como la terneza, el sabor, la jugosidad, lo saludable, el origen, la inocuidad y la seguridad. Algunos se pueden lograr mediante adecuados programas de seguridad y control oficial, otros mediante manejos específicos tanto durante la engorda como la faena, pero hay otros que sólo dependen de las características genéticas de un animal y su raza.

En la actualidad, en nuestro país es cada vez más frecuente el uso de semen de reproductores de razas específicas de carne en vacas de cría e incluso lecheras para lograr crías F1 con mejores características cárnicas producto de la complementación de ambas razas. Entre las cruza más frecuentes podemos nombrar la de razas terminales sobre vacas Holstein Friesian o la de razas europeas, como Belga Azul o Limousine, sobre hembras doble propósito. Estos cruzamientos permiten aumentar el rendimiento al desposte y mejorar ciertas características de la canal, pero esto no es suficiente para llegar a los mercados de alto valor y lograr satisfacer las necesidades del consumidor exigente que paga por la exclusividad y la especialización de los productos.

La infiltración de grasa en el músculo es una característica muy apetecida debido a que se relaciona con la ternura, la jugosidad y el sabor de la carne, tanto así que países como Estados Unidos, Australia y Japón la utilizan como uno de sus indicadores en la tipificación de canales, dando un valor muy superior a las carnes altamente infiltradas. Esta característica depende fuertemente de la raza del animal, por lo que cruza con animales de razas infiltradoras la mejoran notablemente. La raza reconocida mundialmente por su capacidad de infiltrar fuertemente la carne es la japonesa Wagyu, que fue introducida en Chile el año 1999. Actualmente se trabaja con esta raza en algunos predios de la zona centro y centro-sur del país, pero no se describe su presencia en el extremo sur, particularmente en la región de Aisén que es donde se realizó este estudio.

En la región de Aisén, las razas de mayor importancia en la producción de carne son Overo Colorado, Hereford, cruza de las dos razas antes mencionadas y en menor medida podemos encontrar Aberdeen Angus y algunas razas de origen continental europeo. Sobre estas razas, que son la base de vientres de la ganadería regional, se comparó el efecto del hibridaje con Wagyu sobre algunas características productivas y de la canal, particularmente sobre las razas Hereford, Overo Colorado y Angus.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La exportación de carne bovina es una actividad relativamente nueva en el país, que había venido creciendo en forma sostenida. Sin embargo, en los últimos dos años se ha estabilizado, a un nivel inferior a la mitad del máximo alcanzado en el 2005 (Amunátegui, 2008). Lo anterior es producto de un aumento del precio interno de la carne bovina, junto a otro factor clave que fue la pérdida de competitividad por un bajo valor del dólar, lo cual disminuyó el atractivo de los mercados para la industria.

Aunque los precios del producto exportado han tendido al alza en los últimos 6 años, aún no son suficientemente atractivos como para incentivar a la industria, exceptuando algunos nichos de mercado puntuales, donde se transan productos con atributos de valor agregado.

Las proyecciones hasta el año 2014, tanto del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) como de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), coinciden en que el crecimiento económico mundial, y particularmente el de economías emergentes, al menos mantendrá los niveles de consumo actuales de carne bovina (INDAP, 2007). Para los países de altos ingresos, por presentar consumos elevados, no se esperan aumentos del consumo *per cápita*, pero sí un crecimiento de la demanda de productos funcionales, procesados o que incorporen un mayor valor agregado. En este nicho, la exportación chilena podría tener ventajas frente a competidores del MERCOSUR y Canadá, gracias a mejores condiciones sanitarias y una positiva imagen como país exportador de alimentos de calidad (INDAP, 2007).

La mayoría de los actores del sector coinciden en una orientación a la producción de carne de alta calidad ligada a una reconocida calidad sanitaria, que exige una inocuidad y seguridad alimentaria demostrable. En el corto y mediano plazo Chile no puede competir en volumen, pero sí en calidad, en nichos de mercado que demandan este tipo de producto. Es en este contexto en donde la ganadería del país se debería situar (INDAP, 2007).

Parece muy razonable buscar una estrategia que permita a los actores de la cadena de la carne generar productos con las características necesarias para acceder a los nichos de mercado de alto valor. Una alternativa es mejorar la calidad del producto mediante la cruce con razas que posean en forma marcada un rasgo demandado por los consumidores de nicho.

2.1 Calidad de la carne

A grandes rasgos, pueden distinguirse dos tipos de calidad. La calidad funcional se refiere a los atributos deseables en un producto, por ejemplo, que la carne sea blanda y tenga buen sabor. La calidad de conformación está relacionada con cumplir, de la forma más exacta posible, las especificaciones requeridas por el consumidor, por ejemplo, el tamaño y peso de cierto corte de carne (Warriss, 2000a).

Los principales factores que componen la calidad de la carne están detallados en la tabla 1. El rendimiento y la conformación interesan principalmente al productor; la sanidad ya es prácticamente obligatoria en los países desarrollados y en la mayoría de los que están en vías de desarrollo; el bienestar animal está recién siendo considerado por lo que aún no están claros los mecanismos para su evaluación y valoración, por lo que factores relacionados con la apariencia, características tecnológicas y palatabilidad son los más aplicables para alcanzar un producto de calidad valorado y reconocido por el consumidor, principalmente la palatabilidad (Warriss, 2000a).

En un estudio realizado en Colorado, EEUU, Platter *et al.* (2005) concluyeron que el consumidor asocia el valor del producto a la percepción de una mejor o peor palatabilidad, rasgo que se asocia a la calidad y ternura de la carne. Este resultado sugiere que una mejora en la calidad y ternura de la carne aumenta la preferencia por determinado producto y la disposición del consumidor a pagar un costo extra. Así, si la industria de la carne espera obtener mayor demanda y valor por sus productos, debería concentrarse en mejorar las características asociadas a la palatabilidad.

TABLA 1. Principales componentes de la calidad de la carne.

Componentes de la calidad de la carne:	
Rendimiento y conformación:	Cantidad de producto vendible Relación de músculo y grasa Forma y tamaño del músculo
Apariencia y características tecnológicas:	Textura y color de la grasa Cantidad de grasa intramuscular (marmoleo) Color y capacidad de retención hídrica del músculo Composición química del músculo
Palatabilidad:	Textura y ternera Jugosidad Sabor
Sanidad:	Calidad nutricional Calidad y seguridad microbiológica Calidad y seguridad química
Calidad ética:	Bienestar animal

Fuente: Warriss, 2000a.

2.1.1 Palatabilidad

El principal factor asociado a la palatabilidad es la ternera y su variación se atribuye principalmente a la cantidad y tipo de tejido conectivo y al estado contráctil de las fibras musculares. Otros factores importante son la jugosidad y el sabor; el primero se atribuye principalmente a la capacidad de retención de agua de la canal y a la concentración de lípidos intramusculares (marmoleo), y el segundo a la presencia de proteínas solubles presentes en el músculo que dan el sabor típico a la carne, y a pequeñas moléculas volátiles como péptidos, ácidos grasos, carbohidratos y iones inorgánicos que están relacionados con el aroma (ANSCI, 1999).

El grado de ternera es producto de varios factores, y dentro de estos los más importantes son los que se presentan durante el proceso *post mortem* como la temperatura, el largo de los sarcómeros, la proteólisis y el pH, pero además hay otros relacionados con la composición de las fibras musculares, la capacidad buffer del músculo, la raza y la alimentación del animal (Maltin *et al.*, 2003).

El proceso de proteólisis depende fundamentalmente de las enzimas calpaína y calpastatina, las cuales están presentes en el músculo y actúan coordinadamente sobre los procesos de maduración *post mortem* fragmentando las proteínas de las células musculares en unidades más pequeñas, lo cual le proporciona una mayor ternera. La calpaína es la enzima principal de estos procesos de maduración y las variantes más activas confieren mayor ternera a la carne. La calpastatina es a su vez una enzima que interviene en la regulación de la actividad de la calpaína mediante la inhibición de su efecto cuando el proceso de maduración ha alcanzado determinado progreso. En forma inversa a la anterior, la variante menos activa de esta enzima es la que está asociada con mayor ternera (Herrmann, 2006).

Warriss (2000a) indica que la carne de novillos *Bos indicus* tiende a ser más dura que la de novillos *Bos taurus*, esto se debe en parte a que la actividad proteolítica *post mortem* es menor en la carne de los novillos *Bos indicus*, debido a diferencias en la actividad de las enzimas calpaína y calpastatina.

Hay razas de bovinos que se destacan por la ternera de su carne, entre las cuales se encuentran la raza Aberdeen Angus y Hereford. Éstas a su vez poseen en una alta frecuencia la forma alélica de la calpaína CAPN2^A (0,60 y 0,87 respectivamente (Lara et al., 2005); entre 0,74 y 0,95 (Zhang et al., 1996)) mientras que las razas cebuínas, reconocidas por producir una carne menos tierna, poseen en mayor frecuencia (0,87 a 0,95) la otra forma alélica de la enzima (CAPN2^B) (Lara et al., 2005). La raza Wagyu, reconocida por una ternera excepcional y una carne muy valorada por su adecuada palatabilidad, posee una frecuencia próxima a 1,0 para el alelo CAPN2^A (Zhang et al., 1996).

Como ya fue mencionado anteriormente, la ternera es una de las características más importantes relacionadas con la calidad de la carne, y la raza japonesa Wagyu es reconocida por su alto grado de ternera (Ueda et al., 2007). El contenido de grasa intramuscular de la carne japonesa de calidad superior puede llegar al 20-30% y es el factor más importante en el sistema japonés de clasificación de canales (JMGA, 1988). Así mismo, Gaskins et al. (1995) señalan que tanto en Canadá como Estados Unidos las

canales con un mayor grado de infiltración grasa en el músculo reciben un mejor precio que aquellas que no lo poseen.

Wulf *et al.* (1996) indican que en novillos de raza Limousin, el grado de marmoleo se correlaciona negativamente con la actividad de la enzima calpastatina y positivamente con la ternura.

2.1.2 Grasa intramuscular o marmoleo

El contenido de grasa intramuscular, comúnmente llamado "marmoleo", se refiere al depósito de grasa visible dentro del músculo. El marmoleo tiene efecto sobre las propiedades organolépticas y nutricionales de la carne (Geay *et al.*, 2001).

El grado de marmoleo se correlaciona de manera positiva y estadísticamente significativa ($P < 0,05$) con el sabor ($r = 0,41$), la ternura ($r = 0,36$) y la jugosidad ($r = 0,21$) (Elias Calles *et al.*, 2000), atributos de la carne que conforman la palatabilidad e influyen fuertemente su precio en el mercado. También se describen correlaciones negativas con el contenido de humedad ($r = -0,98$, $p < 0,01$), resistencia al corte ($r = -0,83$, $p < 0,05$) y concentración de aminoácidos libres, exceptuando el aminoácido glutamina. Además se describe una disminución marcada del contenido de proteínas y pérdidas por cocción en la medida que el contenido de grasa intramuscular aumenta por sobre el 23% y 28%, respectivamente, lo cual correspondería a un grado 4 de marmoleo según la escala japonesa (Ueda *et al.*, 2007).

En un estudio realizado por Nishimura *et al.* (1999), en el cual se observaban los cambios que ocurrían tanto en la estructura y propiedades mecánicas del tejido conectivo intramuscular de los músculos *Longissimus dorsi* y *Semitendinosus* durante engorda en ganado Wagyu, detectaron que se producían variaciones a medida que transcurría la engorda. Durante la fase temprana de la engorda (9 a 20 meses de edad), las fibras de colágeno del endomisio del músculo *Longissimus dorsi* estaban más estrechamente asociadas entre sí, así como también éstas aumentaban su grosor y su patrón se hacía más regular en el perimisio. Estos cambios estaban relacionados con el aumento de la

fuerza mecánica del tejido conectivo intramuscular y, por lo tanto, con una mayor dureza de la carne durante este período. Después de los 20 meses de edad y hasta los 32 meses la resistencia mecánica del músculo *Longissimus dorsi* comenzó a decrecer, concomitante con un rápido aumento del contenido de grasa cruda. Mediante microscopía electrónica de barrido se observa que el tejido adiposo se depositaba entre las fibras musculares, destruyendo parcialmente la estructura de panal de abeja que conforman en el endomisio y separando el perimisio en delgadas fibras de colágeno. En cambio en el músculo *Semitendinosus*, en el cual el contenido de grasa cruda fue menor ($p < 0,05$), la estructura del tejido conectivo intramuscular se mantuvo rígida hasta los 32 meses de edad y la resistencia al corte se mantuvo en aumento incluso en la fase final de la engorda.

A medida que el animal madura (9 a 20 meses de edad), la fuerza mecánica del tejido conectivo intramuscular aumenta, lo cual resulta en carnes más duras. Sin embargo, en las carnes altamente marmoleadas del ganado Wagyu, el tejido adiposo se encuentra muy desarrollado entre las fibras musculares durante la etapa final de la engorda en músculos como el *Longissimus dorsi*. Este aumento del tejido adiposo debilita las estructuras del tejido conectivo intramuscular, por lo que contribuye en aumentar la ternura de la carne en la fase final de la engorda. Este efecto es sólo aplicable en razas capaces de depositar grandes cantidades de grasa intramuscular ($>8\%$), lo cual correspondería a un "score" de marmoleo moderado o mayor en la escala de graduación del USDA o a un "score" 2 o mayor en la escala japonesa (Nishimura *et al.*, 1999).

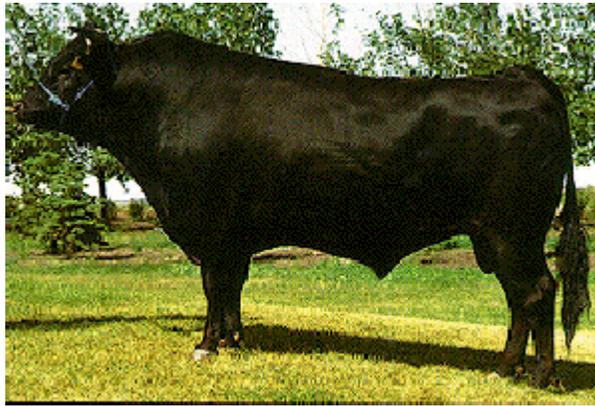
La deposición de grasa intramuscular continúa después de los 24 meses de edad y la fase final de la engorda, pero es variable según el músculo. El aumento de grasa se debe tanto a hiperplasia como hipertrofia de las células adiposas. Esto nos indica la importancia de la fase final de la engorda en el ganado Wagyu para lograr la calidad de carne deseada (Okumura *et al.*, 2007).

2.2 La Raza Wagyu

Cuando se habla de "Wagyu" (Figura 1), en rigor se refiere a todo el ganado de carne japonés (Wa = japonés o al estilo de Japón y Gyu = ganado). El Wagyu de hoy posee

influencias de las razas Brown Swiss, Shorthorn, Devon, Simmental, Ayrshire, Korean, Holstein y Angus (American Wagyu Association, 2000).

FIGURA 1. Ejemplar reproductor de raza Wagyu.



EL ganado Wagyu inicialmente fue utilizado como animal de trabajo agrícola, y logró mantener sus características originales debido al aislamiento político y económico al cual estuvo sometido Japón por más de 200 años. Tras la restauración Meiji, en el año 1868, se produjo la apertura del país y un cambio en la estructura política y social que condujo a la introducción de hábitos alimenticios y culturales de occidente, para lo que fue necesaria la importación de razas de carne (Namikawa, 1997).

En 1887 se importaron cerca de 2.600 cabezas de ganado con el fin de mejorar la producción láctea y el tamaño corporal de la raza nativa. Ciertamente hubo mejoras en la alzada, la producción láctea y los precios de los animales híbridos en el mercado, lo que incentivó la cruce con razas foráneas, pero posteriormente la calidad de la carne y el rendimiento laboral se vieron muy afectados y el precio de los animales híbridos descendió dramáticamente hacia 1910. Después de lo ocurrido se dejaron de realizar cruces con razas extranjeras.

En 1919, por decisión del gobierno, se comenzó con la selección y registro del llamado "ganado japonés mejorado", el cual posee características superiores dadas tanto por los ancestros nativos como por las razas introducidas. Este proceso sólo incluyó a la raza Japanese Black o Wagyu Negro, y debido a la gran variabilidad existente, los objetivos del

programa fueron establecidos por cada prefectura, generándose varios subgrupos inherentes a esta raza, la más ampliamente extendida. Finalmente, en 1944, se consideraron 3 subgrupos dentro de la raza Wagyu Negro, principalmente debido a sus características fenotípicas (Namikawa, 1997).

En la actualidad el 44% de la industria japonesa de carne de bovino se basa en las cuatro razas nativas: Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Poll y Japanese Shorthorn. El ganado Wagyu Negro juega el papel más significativo debido a que numéricamente es el grupo más grande y representa aproximadamente el 93% de la carne de vacuno proveniente de razas puras dentro de Japón (Kahi y Hirooka, 2005). Además, la carne producida por el Wagyu Negro es altamente marmoleada en comparación con la de otras razas Japonesas (Namikawa, 1997).

El ganado Wagyu Negro posee grandes variaciones en lo que respecta a cantidad y calidad de la carne. Esto se debe principalmente a que la raza está compuesta por diversos genotipos y fenotipos, los cuales se han generado en rebaños cerrados correspondientes a distintos distritos (Ozawa *et al.*, 2000; Xie *et al.*, 1996). En la tabla 2 se describen algunos valores recopilados para características productivas y de la canal.

TABLA 2. Promedios (\pm error estándar) para características productivas y cualitativas de la raza Wagyu.

Autor	N	Edad Faena (meses)	Peso Faena (kg)	Peso Canal (kg)	AOL (cm²)	EGD (cm)	MAR (*)
Mukai <i>et al.</i>, 1995	8329	28,5 \pm 1,7	-	411 \pm 45,11	48,2 \pm 6,3	3,1 \pm 0,85	4,27 \pm 1,78
Ozawa <i>et al.</i>, 2000	44	27 \pm 0,7	654 \pm 6	396 \pm 4	48,7 \pm 0,7	2,3 \pm 0,0	7,4 \pm 0,3
Mukai <i>et al.</i>, 2004	652	-	350-499	-	51,6 \pm 0,3	2,5 \pm 0,04	5,47 \pm 0,08
Anón, 2007	179	-	690,8	434,2	54,1	2,2	6,6

AOL = Área del ojo del lomo, EGD = Espesor de la grasa dorsal, MAR = Marmoleo.

(*)= Según la escala del sistema japonés, que utiliza un rango de 1 a 12.

2.3 Cruzamientos entre bovinos de carne

Para realizar un mejoramiento genético de la producción en un rebaño de animales de carne existen principalmente dos procedimientos: La selección dentro de animales de una misma raza con el objetivo de mejorar características deseadas, y la cruce de reproductores de diferentes razas con el propósito de generar individuos que se adapten mejor a las condiciones de producción y recursos existentes (Long, 1980). La mejora genética puede ser maximizada mediante la combinación sistemática de la cruce entre razas y la selección entre y dentro de razas (Cundiff, 1970).

El principal objetivo de los sistemas de cruce entre razas de carne es la optimización tanto de los efectos no aditivos (heterosis o vigor híbrido) como aditivos (complementación de diferencias entre razas) de los genes (Gregory y Cundiff, 1980). Este sistema consiste en aparear dos razas diferentes, y el producto cruce resultante manifiesta una exaltación de las características productivas, hecho que se denomina heterosis o vigor híbrido y se mide como la ventaja en producción que posee una cruce por encima del promedio de sus padres. Además existe la complementación genética, la cual radica en amalgamar en una cruce caracteres que provienen de distintas razas. Por ejemplo: combinar resistencia al calor, a ectoparásitos y adaptación a pastos de baja calidad (cebú) con facilidad de terminación, buena conformación de res y calidad de carne (Angus) (Bavera, 2002).

Los caracteres de baja heredabilidad (fertilidad, aptitud materna) son los más beneficiados por los cruzamientos. Le siguen los de mediana heredabilidad (peso al destete, ganancia de peso postdestete, eficiencia de conversión). Los de alta heredabilidad (conformación, terneza, área del ojo del bife, grasa láctea) tienen bajo valor de vigor híbrido, y la selección es el medio más indicado para mejorarlos (Bavera, 2002).

2.4 Características de las razas en cruce con toro Wagyu

2.4.1 Razas Británicas

La raza Hereford y Angus corresponden a razas de origen británico, que en comparación con las que se originaron en la Europa continental, presentan generalmente las siguientes características:

1. Maduran, engordan y se engrasan más temprano.
2. Crecen a menor velocidad y son más pequeñas en su madurez.
3. Son menos musculosas.
4. Tienden a ser más fértiles.
5. Presentan un menor peso de nacimiento y menores dificultades al parto.
6. Son de mayor longevidad y tienen vida reproductiva más extensa.

Como resultado de estas características, en los programas de cruzamiento se considera a las razas británicas como razas maternas, debido a que tienden a contribuir con aquellas características que son consideradas importantes en la eficiencia reproductiva (Anrique, 2004; Prado, 2006).

Aberdeen Angus

Los ejemplares de esta raza no presentan cuernos ("polled") y son de color negro, existiendo la variante roja en forma recesiva. Las vacas maduras, de rebaños comerciales, pesan alrededor de 450-500 Kg y tienen una mayor producción de leche que la raza Hereford, la otra raza británica más distribuida en el mundo. Las hembras Angus superan a otras razas de carne en fertilidad y facilidad de parto. La raza es casi pura para la característica "polled", y se puede esperar que los toros Angus originen el 100% de las crías sin cuernos.

Los terneros Angus engordan rápidamente y poseen más grasa intramuscular que otras razas de carne, lo que significa que su calidad de carne es a menudo mayor que la de otras razas. Por esta razón, en Estados Unidos muchos industriales pagan un precio mejor por novillos Angus o cruces de Angus con otras razas. En Chile los novillos Angus se han

faenado entre los 400-450 kg y las vaquillas, entre los 350-400 kg. Esto contrasta con la realidad de EEUU donde se faenan de 550 kg.

En los programas de cruzamiento, el Angus contribuye con la característica "polled", pigmentación, fertilidad, madurez temprana, tamaño de la vaca pequeño a moderado y calidad de la canal (marmoleo). El Angus es una muy buena raza materna y produce una excepcional calidad de carne.

La raza Angus, originaria de Escocia, es hoy la raza de carne más popular en EEUU y Argentina. En EEUU se ha trabajado muy intensamente en su selección genética y se dispone de los mejores reproductores a través del uso de semen. El Angus es la raza de carne más utilizada en inseminación artificial en Chile y los criadores de Angus venden su producción (toros y vaquillas) con facilidad. Se está incorporando mucho el Angus a los rebaños Hereford, que aún es la raza de carne especializada más común en nuestro país.

Existe mucha demanda por esta raza por la preferencia que muestran algunos mercados externos (EEUU, Japón y Corea) por carne con infiltración grasa. Actualmente se inseminan vientres Angus con semen de la raza japonesa Wagyu, que sobresale por su grado de marmoleo, para mejorar aún más el nivel de infiltración de grasa intramuscular (Prado, 2006).

Hereford

El Hereford ha sido la raza bovina especializada en carne más importante y numerosa de nuestro país. El gobierno de Chile importó vientres Hereford desde Argentina y Uruguay en la década del 60.

La raza Hereford es reconocida particularmente por su habilidad para prosperar y reproducirse bajo condiciones desfavorables. Su cuero grueso y densa cubierta de pelos le permite adaptarse con mayor facilidad a las inclemencias del invierno y por lo tanto, mantenerse en buenas condiciones durante épocas de clima extremo y escasez de alimentos.

En Estados Unidos la raza Hereford pura ha ido perdiendo importancia. Sin embargo, las hembras híbridas Angus x Hereford son bastante populares por su adecuada fertilidad. Los Hereford engordan fácilmente a una edad temprana, sin embargo, sus canales no tienen tanto marmoleo como las canales de Angus a edades comparables. En el mercado nacional, se observa que las canales Hereford se engrasan más que las de otras razas y la abundancia de grasa de cobertura y visceral es desfavorable del punto de vista comercial, por el escasísimo valor de la grasa. El novillo Hereford se faena en Chile a igual peso que el Angus, de 400-450 kg y la vaquilla de 340-380 kg.

En los programas de cruzamiento, el Hereford contribuye con adaptabilidad a condiciones adversas de terreno (rusticidad), resistencia en el invierno, fertilidad bajo condiciones limitantes de alimentación y tamaño de madurez moderado con una tasa de crecimiento adecuada (Prado, 2006).

2.4.2 Razas Continentales Europeas

Comparadas con las razas británicas, las razas continentales europeas son generalmente más grandes, de madurez más tardía, de mayor musculatura, menos fértiles y tienen mayores dificultades al parto, debido a mayores pesos al nacimiento. Por el hecho de producir carnes magras, exhiben un mayor porcentaje de cortes vendibles, menor engrasamiento intramuscular y un grado de calidad más bajo en la tipificación de EEUU que considera el marmoleo como criterio básico en la calidad. Como resultado de estas características, se consideran como razas paternas terminales para los programas de cruzamiento, aunque algunas de las razas continentales que producen más leche, tienen mayor fertilidad y un tamaño moderado pueden ser también clasificadas como razas maternas. Entre éstas últimas están las razas de doble propósito (carne y leche) presentes en Chile; el Overo Colorado y el Overo Negro (Prado, 2006).

Overo Colorado o Clavel Alemán

Raza originaria de la Región del Rin, tanto alemana como holandesa, que se originó a partir del ganado Frisón Holandés (color negro), pero sufrió una selección para el color rojo, que es de carácter recesivo, y para un tipo de cuerpo más musculoso y de patas más

cortas, que tiende a ser típico de una raza doble propósito orientada principalmente hacia producción de carne. En Alemania se orientó su selección hacia un tipo más equilibrado, de doble aptitud, con el propósito de mantener tanto características de producción láctea como condiciones fisiológicas y anatómicas para producción de carne (Díaz, 1978, citado por Kawas, 1988).

En el año 1907 se introdujo por primera vez en la zona sur del país, desde Alemania, específicamente en la provincia de Cautín, siendo Chile el primer país sudamericano que introdujo la raza Overo Colorado en el continente. Posteriormente se extendió a lo largo de todo el país.

Actualmente, el Overo Colorado es la raza más importante en la producción de carne en Chile. Tradicionalmente era utilizada tanto para carne como para leche, las vacas eran ordeñadas en una proporción importante de los rebaños y producían un ternero muy cotizado para la producción de carne. Hasta hoy el ternero Overo Colorado es mejor valorado que un ternero Hereford. Con la irrupción del Holstein, muchos ganaderos que se dedican a la producción de leche han reemplazado al Overo Colorado.

Actualmente, la mayoría de los rebaños de raza Overo Colorado se dedican más bien a la producción de carne siendo muy pocos los planteles lecheros tecnificados que utilizan todavía a ésta raza. Recientemente, se ha publicitado la creación de la denominada raza Clavel Chilena de carne. Entre pequeños propietarios aún es frecuente que ordeñen vacas Overo Colorado (Prado, 2006).

El color de la raza es rojo con blanco. Las vacas adultas pesan unos 550-575 kg con una producción de leche promedio de unos 3.500-4.000 kg, en los rebaños usados para producción de carne. El novillo Overo Colorado se engorda hasta los 500-550 kg, unos 100 kg más pesado que el Hereford y el Angus (Prado, 2006).

El novillo Overo Colorado cumple perfectamente con los requisitos del mercado europeo por su peso de faena. Sin embargo, la raza no destaca por infiltrar grasa intramuscular (Anrique, 2004; Prado, 2006).

El Overo Colorado no es una raza que tenga amplia distribución en el mundo. Existen algunos rebaños en Alemania y en nuestro país. En Chile se describen planteles finos de esta raza, más orientados a la producción de carne. Lamentablemente, no ha existido un trabajo sostenido por seleccionar genéticamente esta raza. Su peso de nacimiento es bastante más alto que en las razas británicas, del orden de 40-44 kg los machos y 38-42 kg las hembras, lo cual produce mayores dificultades de parto, especialmente en primerizas. Las hembras de esta raza superan a las razas de carne en producción de leche, por lo que tienden a favorecer el peso al destete como razas puras y al participar en cruzamientos (Anrique, 2004).

2.5 Antecedentes de cruzas

Publicado por el Departamento de Ciencias Animales, de la Universidad del Estado de Washington, el "2006 National Wagyu Sire Summary" (Gaskins, 2006) reúne información genética de toros Wagyu, estimados a través de pruebas de progenie. La progenie en la mayoría de los casos corresponde a animales con 50% de genética Wagyu. Este resumen se realiza desde el año 1999, con el objetivo de identificar aquellos toros con resultados de excelencia en lo que respecta a marmoleo y desarrollo, y así obtener una progenie que concuerde con las demandas del mercado. Esto se basa en la premisa de que no todos los animales poseen la habilidad genética de producir carnes marmoleadas y un desarrollo corporal con las características deseadas.

Las características fenotípicas de la progenie para el año 2006 se registraron en grupos contemporáneos, sometidos a las mismas condiciones de manejo. Éstas se muestran en la tabla 3.

Maki *et al.* (1997) realizaron un estudio en el cual evaluaron el desempeño de 118 híbridos Wagyu (64 novillos y 54 vaquillas) durante el desarrollo. Los terneros F1 utilizados en el estudio provenían de la cruce de toros Wagyu con hembras de raza Angus pura o 50% Angus.

TABLA 3. Promedios fenotípicos para progenie de toros Wagyu.

Rasgo	Promedio	± EE	Menor	Mayor	N° progenie
Peso al nacimiento (kg)	34,93	4,99	17,24	55,34	766
Peso al destete (kg)	228,16	30,39	144,69	307,08	432
Score de marmoleo*	7,74	1,83	1,0	15,0	2745
AOL (cm²)	93,55	10,68	64,52	125,81	459
EGD (mm)	1,83	0,81	0,25	4,45	452

Fuente: Gaskin, 2006. National Wagyu Sire Summary.

(*) = Desde un valor máximo de 15 a un valor mínimo de 1, donde 7.74 equivale a una puntuación de 4 en la escala japonesa y un grado "Moderate" en la escala del USDA.

EE = Error estándar.

En este estudio se evaluó el crecimiento y la ganancia diaria de peso durante 16 meses, divididos en 3 etapas diferentes: postdestete, pastoreo y engorda.

La primera etapa se inició entre los 7 a 9 meses de edad, con un peso promedio de 282 kg para las hembras y 321 kg para los machos, tuvo una duración de 112 días y la dieta estuvo compuesta por una relación forraje/concentrado de 80:20 en base materia seca. Posteriormente, pasaron a un período de pastoreo durante 84 días. Finalmente, fueron trasladados a un "feedlot" en el cual se les fue aumentando gradualmente la proporción de concentrado en la dieta, hasta llegar a una relación 10:90 de forraje y concentrado, respectivamente, esta etapa duró 231 días y concluyó con la faena de los animales a la edad aproximada de 22 a 23 meses.

Los pesos finales, así como las GDP separadas por sexo y la eficiencia de conversión de alimento para cada una de las etapas anteriormente señaladas se detallan en la tabla 4.

TABLA 4. Desempeño de híbridos Wagyu durante tres etapas distintas del desarrollo.

Item	Sexo	Postdestete	Pastoreo	Engorda
Peso Final (kg)	Novillo	387	436	706
	Vaquilla	353	391	650
GDP (gr)	Novillo	590	590	1.266
	Vaquilla	636	450	1.207
ECA	Novillo	13,75	-	10,1
	Vaquilla	13,75	-	10,1

Fuente: Maki *et al.*, 1997

De los 115 animales que llegaron a la faena, 61 (53%) calificaron bajo la categoría de "prime" y 54 (47%) bajo la categoría "choice" según la calificación del USDA en EEUU.

El estudio concluyó que la eficiencia de conversión alimenticia y las ganancias diarias de peso fueron menores a las que presenta el ganado comúnmente engordado en EEUU durante la etapa final del "feedlot". Los autores sugieren que si los precios obtenidos en el mercado japonés compensan los altos costos de alimentación, vale la pena sacrificar el tipo de producción que normalmente se realiza en EEUU para obtener este importante mercado de destino (Maki *et al.*, 1997).

Lunt *et al.* (2005) desarrollaron un estudio en el cual se compararon las características de las canales de novillos Angus y Wagyu a la edad de faena típica de EEUU y a la de Japón. A su vez, se observó cómo se comportaban con dietas basadas en heno y dietas basadas en maíz, para ambas edades de faena.

En el modelo de engorda de EEUU la meta de peso a la faena es de 525 kg; para esto se realizan engordas de 8 meses, en el caso de dietas basadas en concentrado, y de 12

meses para las engordas con alimentación basada en forraje. Para ambos casos se calculó una ración con la cual los animales debiesen aumentar 325 kg durante la engorda.

En el modelo japonés la meta es de 650 kg al final de la engorda y para esto se realiza una engorda de 16 meses de duración en el caso de una alimentación basada en concentrado, y de 20 meses si la alimentación tiene un mayor componente de forraje. Para ambos casos se calculó una ración con la cual los animales debiesen aumentar 540 kg durante la engorda.

Para ambos diseños se utilizaron 16 novillos Wagyu y 16 novillos Angus, los cuales fueron destetados a los 8 meses y luego separados en grupos de 4 animales para cada modelo de engorda, quedando los grupos distribuidos de la siguiente manera (Tabla 5):

TABLA 5. Características productivas en novillos Angus y Wagyu alimentados bajo dos sistemas distintos de engorda y a diferentes edades de faena.

Engorda	Ganancia Esperada	Dieta	Edad Faena	n	raza	Peso Inicial	Peso Final	GPO
EEUU	325 kg	Concentrado	8 ms	4	Angus	208,7	525,0	316,3
				4	Wagyu	169,1	427,9	258,8
		Forraje	12ms	4	Angus	207,5	528,4	320,9
				4	Wagyu	175,1	479,4	304,3
JAPÓN	540 kg	Concentrado	16 ms	4	Angus	218,6	662,8	444,2
				4	Wagyu	174,3	573,3	399,0
		Forraje	20 ms	4	Angus	205,5	663,1	457,6
				4	Wagyu	175,3	603,4	428,1

Fuente: Lunt *et al.*, 2005.

GPO = Ganancia de peso observada (Peso final – Peso inicial).

En Japón, los animales Wagyu son sacrificados a los 36 meses, a diferencia del ganado norteamericano, el cual es faenado entre los 15 y 18 meses. Con este largo período de engorda que presentan los animales en Japón, pueden alcanzar canales de hasta 415 kg y maximizar el rendimiento carnicero por sobre el 64% (Mir *et al.*, 1997).

El peso inicial o peso al destete fue significativamente mayor en el ganado Angus, resultado al cual también se llegó en los trabajos realizados por Cundiff *et al.* (2001), Mir *et al.* (1997) y Pino (2008). El peso final y el peso de las canales también fueron significativamente mayores para los novillos Angus, para los diferentes modelos de engorda y edades de faena ($p=0,002$).

En cuanto a las ganancias de peso, los novillos Angus estuvieron muy cerca de alcanzar la ganancia esperada para el modelo de engorda de EEUU, no así para el modelo japonés. Los novillos de raza Wagyu no estuvieron cerca de las ganancias de peso esperadas en ninguno de los dos modelos de engorda, ni tampoco a las distintas edades de faena. Entonces se puede concluir que con los dos tipos de dietas, los Angus obtuvieron mejores tasas de ganancia de peso y mejor aun cuando se utilizó el peso de faena de EEUU (Lunt *et al.*, 2005).

Si bien existen diferencias significativas en los promedios de ganancias diarias de peso, la mayor diferencia se observó en los primeros meses de alimentación. Esta observación sustenta la hipótesis planteada por el investigador, que indica que el ganado Wagyu obtendría mejores rendimientos en las dietas basadas en forraje que en las basadas en concentrados en comparación a otras razas y también que los novillos Angus tienen mayores tasas de ganancia diarias de peso que los novillos Wagyu con la misma dieta, pero esta diferencia es menor cuando se utilizan periodos prolongados de tiempo (Lunt *et al.*, 2005).

Para este estudio, el puntaje de marmoleo y la calificación de calidad de la carne, según la norma de EEUU, no presentó diferencias significativas entre las dos razas, y la mayoría de las canales faenadas a los 16 y 20 meses fueron clasificadas dentro del grado Prime (según la norma de clasificación de la carne en EEUU) (Lunt *et al.*, 2005).

Al medir la diferencia de marmoleo con un análisis de lípidos intramusculares, sí existe diferencia significativa entre raza y dieta, y también entre raza y edad de faena. Las canales de novillos Wagyu, a la edad de faena japonesa, presentaban un 32% de lípidos en el músculo *Longissimus dorsi* mientras que los novillos Angus presentaron un 12% a la

misma edad de faena. Los lípidos intramusculares aumentaron en los novillos Angus hasta los 16 meses en engorda, y no aumentó después en la medición que se realizó a los 20 meses, mientras que en los novillos Wagyu, los lípidos continuaron aumentando hasta el final del estudio (Lunt *et al.*, 2005).

Los animales de raza Angus, alimentados con la dieta basada en concentrado, lograron un mayor grado de marmoleo y mayor porcentaje de lípidos intramusculares que los animales de raza Wagyu bajo el mismo sistema de alimentación cuando se utilizó la edad de faena de los EEUU, pero ambos resultados fueron superiores en los animales Wagyu cuando fueron sometidos a una dieta basada en forraje y faenados a la edad utilizada por el sistema de engorda Japonés. Estos resultados respaldan fuertemente al sistema de engorda prolongado y rico en forraje utilizado por los japoneses, particularmente con el ganado Wagyu (Lunt *et al.*, 2005).

Las diferencias de marmoleo que existen entre la raza Wagyu y otras razas británicas o continentales, no son evidentes hasta que la raza es alimentada hasta su máxima madurez fisiológica (Lunt *et al.*, 2005).

Con el fin de determinar si la genética Wagyu mejoraría el potencial de marmoleo y la velocidad del desarrollo en animales híbridos, Mir *et al.* (1997) realizaron inseminaciones con semen de raza Wagyu en hembras Angus o 50% Wagyu (Wagyu x Angus ó Wagyu x Raza Continental), obteniendo así animales 50 ó 75% Wagyu, los cuales fueron comparados con ganado típicamente usado en centros de engorda (feedlots) canadienses, que correspondían a híbridos de razas continentales.

El periodo de prueba se dividió en dos fases, inicial y final. La primera se realizó desde el destete e ingreso de los animales al ensayo hasta que éstos lograron un peso vivo de 400 kg, la segunda desde el término de la primera hasta visualizar un grosor de 8 mm de grasa dorsal mediante ultrasonografía (con una medición cada 8 semanas).

Durante la fase inicial no hubo diferencias en la GDP en entre los novillos 50% Wagyu y los híbridos de razas continentales, pero sí fue significativamente menor en los novillos con 75% de influencia Wagyu (Tabla 6).

En la misma tabla también se detallan los pesos al destete o inicio del ensayo, los cuales difirieron entre los tres grupos, y éste fue disminuyendo en la medida que la proporción de influencia Wagyu aumentó, y así también estos animales debieron mantenerse por más días en engorda para lograr la meta final de la fase inicial (400 kg).

TABLA 6. Promedios de mínimos cuadrados para características productivas en novillos con 0, 50 y 75% de influencia genética Wagyu: Fase de inicial*.

% Wagyu	n	PI (kg)	PF (kg)	GDP (kg)	Días en engorda	CDMS (kg)	ECA
0	6	264 a	409 b	1,03	140 a	8,2 a	8,0
50	16	225 b	457 a	1,03	224 b	7,8 a	7,6
75	12	184 c	410 b	0,95	240 b	7,1 b	7,6

Fuente: Mir *et al.*, 1997.

PI= Peso inicial, PF=Peso al terminar la fase inicial, GDP= Ganancia diaria de peso, CDMS= Consumo diario de materia seca, ECA =Eficiencia de conversión alimenticia (CDMS/GDP).

(*)Hasta lograr los 400 kg de peso vivo.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

Durante la fase final los animales de cruza continentales lograron aumentar de peso más rápido que cualquiera de las cruza con influencia Wagyu, y los novillos 75% Wagyu ni siquiera alcanzaron el peso esperado de 500 kg al terminar la fase final de engorda, la cual incluso fue de mayor duración en este caso (Tabla 7). El consumo diario de materia seca fue menor en los novillos con algún porcentaje Wagyu, pero aun así, estos no lograron superar la ECA de los híbridos de razas continentales.

TABLA 7. Promedios de mínimos cuadrados para características productivas en novillos con 0, 50 y 75% de influencia genética Wagyu: Fase final*.

% Wagyu	PF (kg)	GDP (kg)	Días en engorda	CDMS (kg)	ECA
0	516 a	1,48 a	78	10,3 a	7,3 a
50	530 a	0,85 b	84	7,9 b	9,9 b
75	470 b	0,78 b	77	7,3 b	9,6 ab

Fuente: Mir *et al.*, 1997.

PF= Peso final, GDP= Ganancia diaria de peso, CDMS= Consumo diario de materia seca, ECA =Eficiencia de conversión alimenticia (CDMS/GDP).

(*) Desde los 400 kg de peso hasta lograr 8 mm de espesor de grasa dorsal, visto mediante ultrasonografía.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

Los novillos con herencia Wagyu requieren mayores períodos de engorda que los híbridos de razas continentales (441 días en “feedlots” canadienses) para lograr una canal de calidad aceptable, y en la medida que el porcentaje de herencia Wagyu aumenta, éste período también aumenta (Tabla 8).

El peso de la canal caliente no varía notablemente entre los novillos sin herencia Wagyu y los que sólo poseen un 50%, pero sí hay diferencia con los novillos 75% Wagyu.

TABLA 8. Promedios de mínimos cuadrados para características de la canal en ganado con 0, 50 y 75% de influencia genética Wagyu.

% Wagyu	Edad Sacrificio (días)	PCC (kg)	RCC (%)	AOL (cm)	EGD (mm)	MAR
0	441 a	292 a	60,5 a	82	7,7 a	7,8 a
50	510 b	295 a	58,1 b	78	16,0 b	6,0 b
75	541 c	259 b	58,5 b	73	11,3 c	5,7 b

Fuente: Mir *et al.*, 1997.

PCC = Peso canal caliente, RCC = Rendimiento canal caliente, AOL = Área del ojo del lomo, EGD = Espesor de grasa dorsal, MAR = Grado de marmoleo medido en una escala inversa donde 10 indica ausencia de marmoleo y 1 abundante.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

En cuanto al grado de marmoleo, 60 de las 65 canales de ganado con herencia Wagyu (incluyendo a las hembras) lograron el grado “Canada AAA”, el cual correspondería a un grado “Choice” en EEUU, y de éstas, 20 calificaron además en la categoría “Canada

AAAA", que sería equivalente a la clasificación Prime de EEUU, mientras que sólo 2 de las 6 canales provenientes de los híbridos continentales lograron ser calificadas como "Canada AAA", o sea, "Choice".

La genética de la raza Wagyu influye directamente mejorando el potencial de marmoleo del ganado, pero también produce una disminución de las tasas de crecimiento, especialmente durante la fase final de la engorda, y por consiguiente del tamaño de la canal (Mir *et al*, 1997).

El desempeño de novillos con un 50% de influencia genética Wagyu es comparable al de novillos de raza continental, tanto para tasas de crecimiento como para características de la canal, exceptuando el grado de marmoleo, el cual es significativamente menor en las razas continentales (Mir *et al*, 1997)

En el Centro de Investigación de la Carne, en Clay Center, Nebraska, EEUU, donde en los últimos años se han evaluado cruza de razas bovinas con el objetivo de mejorar la eficiencia en la producción de carne mediante la heterosis y la complementación, es que en el año 2001, se incluyó a la raza Wagyu y se comparó tanto su crecimiento como características de rendimiento carnicero y eficiencia productiva.

Este programa es llamado "Germ plasm evaluation program" y en su VI ensayo incluye tanto a la raza Wagyu como a razas británicas Hereford y Angus y algunas razas continentales europeas de doble propósito (Noruego Rojo y Sueco Rojo y Blanco). En este estudio se generaron grupos de razas y se realizaron inseminaciones artificiales en vacas Angus, Hereford y Marc III (raza compuesta de $\frac{1}{4}$ de Angus, $\frac{1}{4}$ Hereford, $\frac{1}{4}$ Pinzgauer y $\frac{1}{4}$ de Red Poll) (Cundiff *et al*, 2001).

Los animales fueron beneficiados a la edad corregida de 471 días y se obtuvo información sobre: porcentaje de rendimiento, espesor de grasa dorsal, área de ojo de lomo, porcentaje estimado de grasa renal, pélvica y cardíaca y peso de la canal. Además se registraron características de calidad de carne como marmoleo y madurez. El período comprendido entre el nacimiento y la faena fue de 471 días, lo cual corresponde al tiempo

de faena normal en un "feedlot" de EEUU. Para concluir, se realizó una medición de terneza, sabor y jugosidad mediante un panel de degustación (14 días *postmortem*) (Cundiff *et al.*, 2001).

El efecto de la raza paterna fue de significancia estadística tanto para la GDP postdestete, como para el peso final, el peso a los 200 días, el peso de la canal y el rendimiento de la canal caliente. Los resultados obtenidos por los novillos hijos de toros Angus y Hereford en las variables antes mencionadas no difirieron entre si, pero fueron mayores a los obtenidos por las otras razas paternas. En el otro extremo estuvieron los novillos hijos de toros Wagyu, quienes mostraron el menor promedio de ganancia diaria de peso con respecto a las otras razas paternas (Tabla 9) (Cundiff *et al.*, 2001).

El efecto de la raza paterna no fue significativo para la variable área del ojo del lomo (Tabla 9), pero sí hubo diferencias entre las razas paternas para las variables marmoleo y espesor de grasa dorsal. En el caso del marmoleo, los valores obtenidos por los novillos hijos de padres de razas Angus y Wagyu no difirieron entre si, pero fueron mayores a los obtenidos por los novillos con herencia paterna de razas continentales doble propósito, las que a su vez fueron superiores a la raza paterna Hereford. Para el espesor de grasa, el mayor valor obtenido fue para la raza paterna Angus, valor que fue significativamente mayor que el de la raza Hereford, y éste a su vez mayor que el de la raza Wagyu y las razas continentales doble propósito (Cundiff *et al.*, 2001).

Con respecto a la calidad de carne, los resultados que se obtuvieron del análisis del panel de degustación, indican que no hay diferencias, tanto en sabor como en jugosidad, entre los novillos hijos de las razas paternas ya mencionadas. Sí existieron diferencias estadísticamente significativas para la terneza medida por el método de Warner-Bratzler (de resistencia al corte), donde las razas paternas Wagyu y Angus fueron superiores al resto de las razas paternas en estudio, pero cuando la terneza fue evaluada por el panel de degustación, sólo fue significativamente superior el valor obtenido por la raza paterna Wagyu en relación a las demás razas (Cundiff *et al.*, 2001).

TABLA 9. Valores promedios, según raza paterna, para características de la canal y del desarrollo en novillos híbridos beneficiados a una edad corregida de 471 días.

Raza paterna	GDP Post-destete (kg)	Peso 200 días (kg)	Peso final (kg)	Peso Canal (kg)	RCC (%)	MAR	AOL (cm ²)	Espesor grasa (mm)
Angus	1,4 a	229,3 a	610,2 a	375 a	61,4 a	578 a	81,1	13,5 a
Hereford	1,4 a	231,3 a	614,7 a	378 a	61,4 a	506 b	82,6	11,43 b
Promedio razas europeas	1,3 b	226 b	585,7 b	355 b	60,6 b	530 c	80	7,9 c
Wagyu	1,2 c	208,2 c	543 c	334 c	61,5 a	562 a	81	9,1 c

Fuente: Cundiff *et al.*, 2001.

GDP = Ganancia diaria de peso, RCC = Rendimiento canal fría, MAR = Marmoleo (400=slight; 500=small; 600=modest).

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

Posteriormente, Casas y Cundiff (2006) realizaron un estudio en el cual caracterizaron la composición de la canal y el crecimiento post destete en cruzas terminales. Se analizaron novillos obtenidos de la cruce de vacas F1 (las obtenidas en el estudio realizado por Cundiff *et al.* (2001)) con toro de raza Charolais. Las hembras F1 estaban compuestas por las razas maternas Hereford, Angus y MARC III (¼ Hereford, ¼ Angus, ¼ Pinzgauer, y ¼ Red Poll) y por las razas paternas Hereford o Angus (agrupadas como Razas Británicas), Noruego Rojo, Sueco Rojo y Blanco (razas doble propósito sin influencia genética Holstein), Wagyu y Frison.

La raza de las abuelas maternas no tuvo efecto significativo en ninguno de los rasgos analizados. Por el contrario, la raza de los abuelos maternos tuvo un efecto significativo para todos los rasgos analizados ($p < 0.02$), excepto para el rendimiento de la canal caliente, área del ojo del lomo y el "score" de marmoleo (Casas y Cundiff, 2006).

Los animales con herencia Wagyu registraron los menores valores para la GDP post destete, peso de canal caliente, peso al sacrificio y espesor de cobertura grasa. Concuerdan con lo anterior los resultados de Pitchford *et al.* (2002), en donde se especifica que la canal caliente de cruza WxH son en promedio un 9% más livianas que las Hereford puras y además poseen un 25% más de grasa intramuscular.

La herencia de las razas Hereford y Angus fue evaluada en conjunto (razas británicas) y obtuvieron un marmoleo similar al de los animales con herencia Wagyu, y también comparativamente similar al de los animales con herencia Noruego Rojo y Suizo Rojo y Blanco (530, 544, 550 y 532, respectivamente, según el "score" utilizado por el USDA), razas que se consideran como de doble propósito. Los novillos con herencia de razas británicas obtuvieron el mayor "USDA yield grade" (rendimiento carnicero) y la mayor cantidad de grasa total (kg) y grasa como porcentaje de la canal caliente. Por el contrario, los animales con herencia Wagyu obtuvieron los menores valores para las tres características.

No se registraron diferencias significativas para el AOL entre ninguna de las razas presentes en el estudio y el valor del promedio para las razas británicas fue de 81,2 cm² y de 80,3 cm² para la raza Wagyu (Casas y Cundiff, 2006).

Recientemente, Pino (2008), evaluó las variables productivas de los diferentes tipos de híbridos Wagyu con razas cárnicas tradicionales y de doble propósito presentes en Chile (Angus, Normando y Overo Colorado) realizando un análisis comparativo de las variables peso y GDP desde el nacimiento hasta la engorda, inclusive, entre los diferentes híbridos.

Como se detalla en la tabla 10, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las distintas cruza para los pesos al nacimiento. A diferencia de lo que ocurrió con los pesos al nacimiento, sí se encontraron diferencias significativas entre los híbridos para los pesos corregidos a los 205, 365 y 550 días, siendo siempre más pesado el grupo con genética Angus en comparación con las cruza con razas continentales, las cuales no difirieron entre si.

TABLA 10. Valores promedios, según raza paterna, para peso al nacimiento y pesos corregidos a los 205, 365 y 550 días de edad.

Raza materna	Peso (kg)			
	Nacimiento	205 días	365 días	550 días
Angus	30,4 a	212,8 b	380,7 b	568,8 b
Normando	29,1 a	169,2 a	317,9 a	508,8 ab
Overo colorado	30,8 a	168,0 a	303,7 a	480,3 a

Fuente: Pino, 2008.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

Al analizar la GDP nacimiento-destete corregido a los 205 días (Tabla 11), no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre las diferentes cruzas, pero sí la hubo en los períodos posteriores donde el grupo de los animales con genes Angus fue siempre superior a los otros dos grupos, siendo esta diferencia significativa sólo con el grupo Overo Colorado, no así con el grupo de Normando. Las cruzas con razas continentales no difirieron entre sí en ninguno de los períodos evaluados.

TABLA 11. Valores promedios, según raza paterna, para GDP en tres períodos diferentes.

Raza materna	GDP (kg)		
	Nacimiento-205 días	205-365 días	365-550 días
Angus	1,12 a	1,08 b	1,05 b
Normando	0,99 a	0,93 ab	0,97 ab
Overo colorado	0,89 a	0,90 a	0,92 a

Fuente: Pino, 2008.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas.

Aún cuando la raza Wagyu está presente en Chile desde 1999 y se ha cruzado con diferentes razas nacionales, no hay estudios que muestren el comportamiento de los híbridos de Wagyu con las razas de carne predominantes en Chile, principalmente en lo que respecta al desarrollo y las características de la canal. Recientemente se ha introducido la raza Wagyu en la región de Aisén mediante la inseminación de hembras con semen de toros Wagyu, un hecho que se aprovechó para evaluar aspectos productivos y cualitativos de la cruce con esta raza particular, más aun cuando se sabe que la región de Aisén posee características especiales para la producción de carne de calidad.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar variables de crecimiento, rendimiento a la vara y características de la canal de novillos híbridos F1 de padre Wagyu y madre Angus, Hereford u Overo Colorado.

3.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar peso al nacimiento, peso corregido a los 205 y 365 días, y la ganancia diaria de peso para los lapsos predestete, crianza/recría y engorda.
2. Comparar el rendimiento a la vara (caliente y fría) en los tres grupos de novillos: a) Wagyu x Angus, b) Wagyu x Hereford y c) Wagyu x Overo colorado.
3. Comparar las principales características de la canal en las tres cruzas consideradas, mediante indicadores técnicos específicos.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Lugar

El estudio se llevó a cabo con novillos provenientes del fundo Alta Sierra, ubicado a 32 km. al sureste de la ciudad de Coyhaique, en la región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo.

4.2 Antecedentes

En un estudio previo se seleccionaron un total de 75 vaquillas de tres razas diferentes: 25 Angus, 25 Hereford y 25 Overo Colorado, con el objeto de inseminarlas con un toro de raza Wagyu y registrar pesos al nacimiento, cada quince días y al destete de las crías macho nacidas.

El toro seleccionado para la inseminación fue Fukujiro, número de identificación GOSFV0106, hijo de Fujutsuru y nieto por parte materna de Michifuko. Dentro de sus características destacan el alto grado de marmoleo y el pequeño tamaño de adulto.

Las vaquillas fueron sincronizadas e inseminadas post detección de celo. Luego las pariciones ocurrieron durante la primavera del año 2005, las crías nacidas se identificaron debidamente y se procedió a registrar el peso de éstas al nacimiento.

FIGURA 2. Hembra Overo Colorado con cría F1 recién nacida.



Destete y Crianza

Las crías permanecieron con sus madres hasta el momento del destete (7 a 8 meses de edad), momento en que los machos fueron separados de las hembras y pesados para obtener el peso al destete corregido a los 205 días de edad.

Del total de machos nacidos y destetados se seleccionaron y castraron 31 animales para la recría y la engorda, descartando a los que nacieron tardíamente. De este total de terneros seleccionados 12 poseían herencia Overo Colorado, 11 Angus y 7 Hereford.

Los animales se mantuvieron en potrero con una ración de suplementación en comederos, la cual estaba compuesta por insumos producidos en el predio, y los machos seleccionados fueron pesados una vez al mes en forma sistemática.

La ración estaba inicialmente compuesta por 2 kilos de avena chancada, 9 kilos de ensilaje de pradera (compuesta en su mayor parte por pasto ovillo, ballicas perennes, festuca, trébol blanco y rosado), heno de alfalfa de 2º corte *ad libitum* y 50 gramos de sales minerales, luego, en la medida que los requerimientos nutricionales de los animales fueron aumentando, también se incrementaron las cantidades de insumos dentro de la ración (Tabla 12)

TABLA 12. Ración utilizada durante la etapa de crianza

Tiempos (días)	Ensilaje (kg)	Avena chancada (kg)	Heno (kg)	Sales minerales (gr)
30 días	10	2,5	3,4	50
60 días	11	2,75	3,5	50
90 días	12	3,0	4,0	50
120 días	13	3,25	4,5	50

Recría

Durante la recría la dieta se basó en pradera de alta calidad suplementada con sales minerales ad libitum y el pesaje se continuó realizando cada 30 días. El periodo crianza/recría duró 12 meses en total.

Engorda

Aproximadamente a los 20 meses de edad, los machos previamente seleccionados fueron separados en tres lotes, homogéneos tanto en tamaño y peso como variedad de cruzamientos. Estos tres grupos fueron sometidos a iguales condiciones de manejo y alimentación, en confinamiento.

La alimentación consistió en una ración basada en insumos del predio compuesta por 6 kg de cebada, 6 kg de heno de alfalfa de 2º corte, 15 kg de ensilaje de pradera (principalmente compuesta por pasto ovido, ballicas perennes, festuca, trébol blanco y rosado) y una mezcla de sales minerales (100 gr). El consumo aproximado por animal fue de 27 kg/día tal como ofrecido y los pesos se registraron quincenalmente.

4.3 Faena

Los animales fueron trasladados en camión (Figuras 3 y 4) desde el predio a la planta faenadora de Frigorífico Osorno, viaje que contempla 24 horas aproximadamente e involucra un tramo por vía marítima que va desde Puerto Chacabuco hasta Puerto Montt. Fueron enviados en tres lotes diferentes en la medida que fueron alcanzando la edad y el peso esperados para el sacrificio, que se estableció en al menos 30 meses y 650 kg, y se procuró que cada lote incluya novillos de los tres cruzamientos efectuados.

FIGURA 3. Novillo saliendo desde Coyhaique por vía terrestre hacia Chacabuco.



FIGURA 4. Sistema de traslado por vía marítima entre Chacabuco y Puerto Montt.



4.4 Indicadores Registrados

4.4.1 Pesos

En el transcurso del estudio se registraron los pesos al nacimiento, al destete y posteriormente cada 15 días hasta el día antes de la faena. Con estos datos se calculó el peso al destete corregido a los 205 días (PC 205), el peso corregido a los 365 días (PC 365) y las ganancias diarias de peso (GDP) en los períodos predestete, crianza/recría y engorda, mediante las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{Peso de destete corregido a 205 días} &= \frac{(\text{PD} - \text{PN}) * 205}{\text{Edad destete}} + \text{PN} \\ \text{Peso corregido a 365 días} &= \frac{(\text{PA} - \text{PD}) * 160}{\text{Días entre pesaje}} + \text{PC 205} \end{aligned}$$

Donde:

PD = Peso de destete real (kg)

PN = Peso al nacimiento (kg)

PA = Peso al año (kg)

PD205 = Peso corregido al destete

No hubo necesidad de usar el factor de corrección por la edad de la madre en el peso corregido al destete ya que se utilizaron solamente vaquillas para la inseminación.

$$\begin{aligned} \text{GDP predestete} &= \frac{\text{PD} - \text{PN}}{\text{Días entre pesajes}} \\ \text{GDP crianza/recría} &= \frac{\text{PIN} - \text{PD}}{\text{Días entre pesaje}} \\ \text{GDP engorda} &= \frac{\text{PF} - \text{PIN}}{\text{Días entre pesaje}} \end{aligned}$$

Donde:

PD = Peso al destete real (kg)

PN = Peso al nacimiento (kg)

PIN = Peso al iniciar la engorda (kg)

PF = Peso al finalizar la engorda (kg)

4.4.2 Rendimiento en vara

A la salida del predio se registraron los pesos de los animales y de los registros de la planta se obtuvieron los pesos de las canales calientes y frías (Tras 24 horas de refrigeración a una temperatura de entre 0 y 4°C). Con el peso vivo registrado a la salida del predio menos un 5% de destare considerado se obtuvo el peso vivo estimado previo a la faena, y luego se calculó el rendimiento de la canal caliente (RCC) y fría (RCF), de acuerdo a la siguiente fórmula:

Rendimiento canal caliente=	$\frac{PCC * 100}{PVP - (PVP * 0,05)}$
Rendimiento canal fría=	$\frac{PCF * 100}{PVP - (PVP * 0,05)}$

Donde:

PCC: Peso canal caliente (kg)

PVP: Peso vivo a la salida del predio (kg)

PCF: Peso canal fría (kg)

FIGURA 5. Canales de novillos 50% Wagyu tras 24 horas de refrigeración en Frigorífico Osorno



4.4.3 Características de la Canal

Posterior a la faena de los animales las canales fueron refrigeradas a una temperatura entre 0° y 4° C por 24 horas (Figura 5), para después ser llevadas al desposte. En el transcurso de estas 24 horas se realizó la medición y registro de las características de la canal:

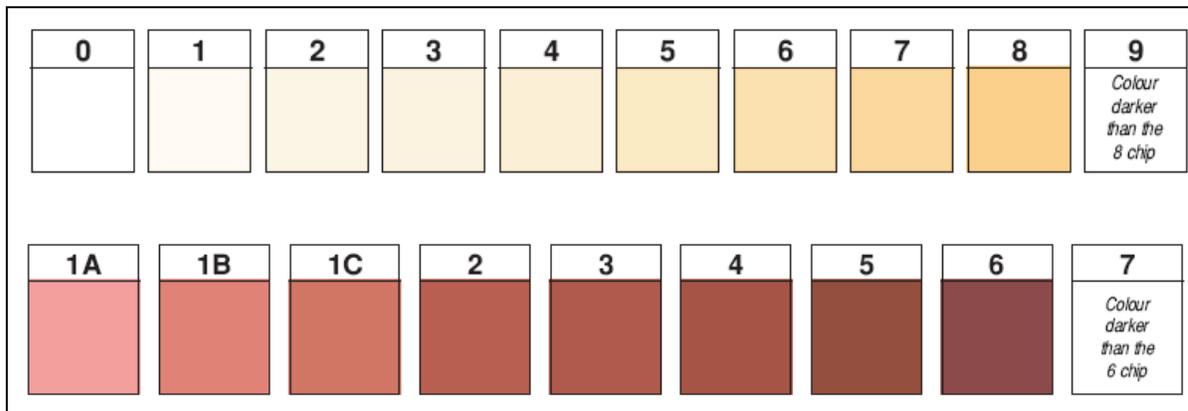
Espesor de la grasa dorsal (EGD)

Se determinó a nivel del noveno espacio intercostal midiendo el grosor de la grasa subcutánea en un punto sobre la parte central del músculo *Longissimus dorsi* a 8 centímetros de la línea media. Se utilizó un pie de metro (Tatum, 1997).

Color de la grasa y músculo

Ambas evaluaciones se realizaron en forma subjetiva mediante la comparación de registros fotográficos del músculo *Longissimus dorsi* con la pauta de clasificación de canales bovinas de Australia AUS-MEAT (Figura 6) (AUS-MEAT, 2006). En el caso de la grasa la escala va de 0 a 9 y del músculo de 1 a 7, sólo en el caso del músculo existe además una división de 1a, 1b y 1c por lo cual se estandarizó en una escala de 1 a 9 para fines estadísticos.

FIGURA 6. Escalas para evaluación del color de la grasa (superior) y el músculo (inferior) según AUS-MEAT.

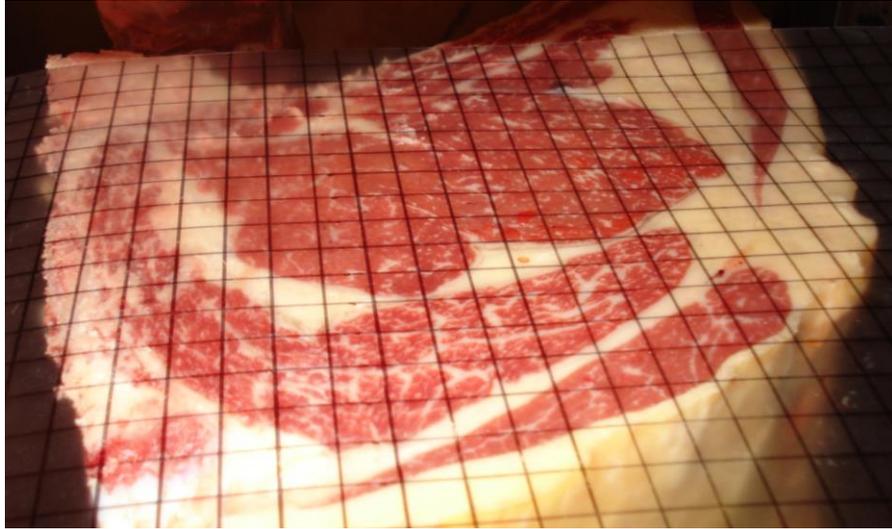


Fuente: AUS-MEAT, 2006.

Área del ojo del lomo (AOL)

Se determinó a nivel del noveno espacio intercostal, en la cara anterior del músculo *Longissimus dorsi* mediante la sobre posición de una lámina de acetato cuadrículada (cm²) y la obtención de una foto (Figura 7), en la cual posteriormente se realizó el recuento de los cuadrados con músculo en más de un 50% de su superficie (AUS-MEAT, 2006).

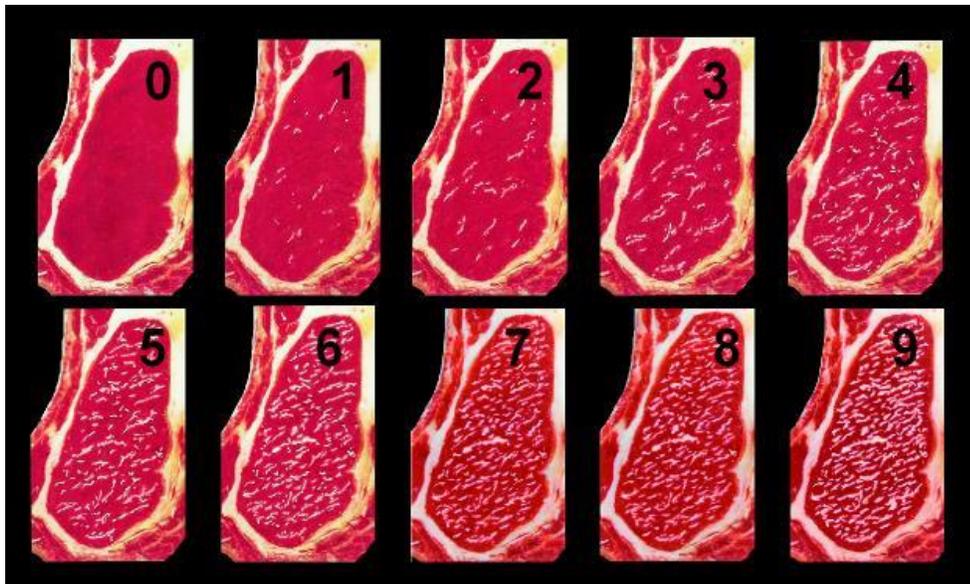
FIGURA 7. Medición del área del ojo del lomo mediante la sobre posición de una lámina cuadriculada.



Grado de marmoleo

Se determinó luego de cuarteadas las canales frías, en forma subjetiva (por apreciación visual) en el área de corte del músculo *Longissimus dorsi* a nivel del noveno espacio intercostal, usando la pauta de clasificación de canales bovinas de Australia AUS-MEAT que como se puede apreciar en la figura 8 utiliza una escala de 0 a 9 (AUS-MEAT, 2006).

FIGURA 8. Escala para la medición del grado de marmoleo.



Fuente: AUS-MEAT, 2006.

4.5 Análisis de la Información

El estudio consta de diez variables, de las cuales cinco son continuas y de distribución normal (EGD, AOL, GDP predestete, GDP crianza/recría, GDP engorda), tres son discretas (color de la grasa, color del músculo y marmoleo) y las dos restantes corresponden a rendimientos expresados en porcentajes, variables que son continuas pero debieron ser sometidas a la prueba de Shapiro-Wilk para verificar su normalidad de distribución; se escoge esta prueba debido a que el tamaño muestral es pequeño.

Las variables continuas y de distribución normal fueron analizadas mediante un análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM del programa Minitab 15[®], considerando el efecto de la raza. Las diferencias estadísticas entre los promedios de mínimos cuadrados se establecieron mediante la prueba de Tukey. Las variables discretas se evaluaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Características productivas.

5.1.1 Pesos.

Los pesos al nacimiento fueron muy similares entre los terneros WxA y WxH, en cuanto que para los terneros WxOC se registró una tendencia a presentar un mayor peso al nacimiento en comparación a los otros dos grupos, pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa. El peso al destete corregido a los 205 días fue significativamente menor en los animales WxH en comparación con los WxA ($p=0,14$) y los WxOC ($p=0,03$), estos últimos no presentaron diferencia estadística entre sí. En el caso del peso corregido a los 365 días, los híbridos WxA obtuvieron pesos superiores a los otros dos grupos, pero esta diferencia fue significativa solamente con los híbridos WxH, los cuales no difirieron estadísticamente con la cruce WxOC (Tabla 13).

Aunque no fue significativo, el "ranking" de los pesos al nacimiento coincide con los descritos por la literatura para las tres razas maternas utilizadas en el estudio (Anrique, 2004; Prado, 2006), pero se produjo una disminución de los promedios para cada raza debido al efecto de la cruce con Wagyu, lo cual concuerda con lo informado por Mir *et al.* (1999); Cundiff *et al.*, (2001) y Pino (2008). Los pesos al destete corregidos a los 205 días están influenciados principalmente por la producción láctea de la raza de la madre, donde según Anrique (2004) y Prado (2006), la raza Overo Colorado tendría una mayor capacidad de producción que las razas británicas, y dentro de éstas la raza Angus sería superior a la Hereford. Sin embargo, la cruce WxOC fue similar a la cruce WxA, esto podría deberse a que la raza Overo Colorado ha ido perdiendo sus habilidades lecheras en la región de Aisén producto de que se ha especializado más en la producción de carne (Elizalde y Valencia, 2005). El peso corregido a los 365 días refleja la diferencia que existe normalmente entre la raza Hereford y Angus en cuanto a velocidad de crecimiento (Prado, 2006) y en el caso de la raza Overo Colorado no hubo diferencias con la raza Angus, lo cual no concuerda con lo descrito por Pino (2008), quien describe que la cruce WxA posee un peso significativamente mayor a la cruce WxOC a esta misma edad, pero en aquel

estudio las pariciones de las hembras Overo Colorado fue tardía en comparación a las Angus por lo que ese resultado no es concluyente.

TABLA 13. Promedios de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para los pesos al nacimiento, al destete corregido a los 205 días y corregido a los 365 días en novillos Wagyu x Angus (WxA), Wagyu x Hereford (Wx H) y Wagyu x Overo Colorado (WxOC).

Cruza	Peso al nacimiento (kg)	PC 205 (kg)	PC 365 (kg)
WxA	30,6 \pm 1,36	208,0 \pm 6,06 a	316,0 \pm 7,89 a
WxH	30,7 \pm 1,70	178,5 \pm 7,60 b	283,9 \pm 9,89 b
WxOC	32,9 \pm 1,30	204,7 \pm 5,81 a	304,0 \pm 7,56 ab

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,1$).

5.1.2 Ganancias diarias de peso.

Como se describe en la tabla 14, las GDP fueron calculadas para los periodos predestete, crianza/recrea y engorda. Para los tres lapsos mencionados la cruce WxA mostró valores superiores a los otros dos grupos, siendo esta diferencia significativa solamente con la cruce WxH en los periodos predestete ($p=0,014$) y engorda ($p=0,028$). En el caso de los animales con herencia WxOC los resultados no variaron significativamente con respecto a los animales WxA a lo largo de los tres periodos evaluados, aunque hubo una diferencia estadística al compararla con la cruce WxH ($p=0,03$) en el lapso predestete.

En el periodo predestete los terneros se alimentan prácticamente sólo de leche materna, por lo que los resultados obtenidos en la GDP durante este periodo probablemente se deban a las diferencias en producción láctea que existen entre las razas maternas utilizadas en el estudio. Prado (2006) y Anrique (2004) posicionan a las razas doble propósito (OC) por sobre las razas británicas en producción de leche y dentro de éstas a la raza Angus por sobre la Hereford; la diferencia entre WxOC y WxA no es muy notoria y

podría deberse, como ya se mencionó anteriormente, a que el biotipo de la raza Overo Colorado utilizado en este estudio está orientado a la producción de carne, no así a la producción de leche que más bien es inexistente a una escala comercial (Elizalde y Valencia, 2005).

Durante la crianza y la recría la diferencia entre los tres grupos se hace mínima y la GDP disminuye de forma importante en comparación al período predestete. Esta variación podría ser consecuencia de que parte importante de esta etapa fue realizada a pastoreo y transcurrió durante el invierno, donde además la raza Hereford posee facilidades para adaptarse debido a su rusticidad (Prado, 2006) y por lo mismo habría sido capaz de presentar una disminución menos importante en la GDP.

En la etapa final, que corresponde a la engorda, las GDP no fueron tan altas como las logradas en el predestete, lo cual concuerda con lo informado por Maki, *et al.* (1997), que describen que la eficiencia de conversión alimenticia en híbridos Wagyu disminuye hacia la engorda. También volvió a manifestarse el mismo “ranking” en los valores de GDP que se obtuvieron en el período predestete; esto era esperable ya que la raza Angus es reconocida por su rápido crecimiento en comparación con las otras dos razas en estudio (Prado, 2006).

TABLA 14. Promedios de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para ganancias diarias de peso en los períodos predestete, crianza/recría y engorda en novillos Wagyu x Angus (WxA), Wagyu x Hereford(Wx H) y Wagyu x Overo Colorado(WxOC).

Cruza	GDP predestete (g)	GDP crianza/recría (g)	GDP engorda (g)
WxA	1.015 \pm 29,6 a	511 \pm 16,5	751 \pm 29,1 a
WxH	871 \pm 37,1 b	487 \pm 20,7	623 \pm 36,5 b
W xOC	999 \pm 28,3 a	481 \pm 15,8	715 \pm 27,9 ab

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$).

5.2 Características de la canal

5.2.1 Rendimiento en vara

La raza materna no tuvo efecto significativo sobre el RCC ($p=0,83$), ni sobre el RCF ($p=0,69$). Las diferencias que existieron entre los promedios de mínimos cuadrados del rendimiento para cada craza fueron muy bajas (Tabla 15).

TABLA 15. Promedio de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para el rendimiento de la canal caliente y el rendimiento de la canal fría en novillos Wagyu x Angus (WxA), Wagyu x Hereford (Wx H) y Wagyu x Overo Colorado (WxOC).

Cruza	Rendimiento canal caliente (%)	Rendimiento canal fría (%)
WxA	60,97 \pm 0,35	59,99 \pm 0,35
WxH	60,75 \pm 0,44	59,65 \pm 0,44
WxOC	60,67 \pm 0,33	59,58 \pm 0,34

Los resultados obtenidos fueron muy buenos en comparación a los normalmente obtenidos en Chile para las razas maternas (56 a 58%) y similares a los obtenidos por Casas y Cundiff (2006), donde no se observaron diferencias significativas para la variable RCC y los resultados variaron entre 61,1 y 61,5 %. También Cundiff *et al.* (2001) señalan que el RCC es idéntico entre híbridos con herencia de razas británicas tanto Angus como Hereford (61,4%) y que en razas doble propósito éste disminuye en un 0,8%.

Durante la refrigeración de la canal se produce una pérdida de peso debido a evaporación de agua. La pérdida puede llegar a ser de un 1,5 a 2% del peso de la canal caliente, lo cual varía dependiendo del tiempo que haya transcurrido entre ambos pesajes (Warriss, 2000b). El peso de la canal fría en este estudio fue en promedio 1,7% menor que el peso de la canal caliente y esta diferencia fue similar entre los tres grupos de animales. Por lo

tanto es esperable que tampoco se observaran diferencias estadísticas entre los valores para el RCF.

5.2.2 Área del Ojo del Lomo

No se registró efecto significativo de la raza sobre el área del ojo del lomo ($p=0,79$). Los promedios de mínimos cuadrados para las tres cruza se resumen por grupo en la tabla 16.

Los resultados encontrados en la literatura para AOL son similares a los obtenidos en este estudio. Tanto Cundiff *et al.* (2001) como Casas y Cundiff (2006) no observaron diferencias significativas para la variable AOL entre novillos con herencia de razas británicas o continentales europeas doble propósito. Cabe mencionar que la otra raza participante en el hibridaje no era de raza Wagyu por lo que los resultados para AOL fueron mayores que los reportados en este estudio, puesto que hay indicios de que la raza Wagyu disminuiría el AOL cuando se cruza con otras razas (Mir *et al.*, 1997)

TABLA 16. Promedio de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para el área del ojo del lomo (cm^2) en novillos Wagyu x Angus (WxA), Wagyu x Hereford (Wx H) y Wagyu x Overo Colorado (WxOC).

Cruza	Área (cm^2)	\pm EE
WxA	61,36	2,44
WxH	60,29	3,05
WxOC	62,83	2,33

5.2.3 Espesor de la Grasa Dorsal

En la tabla 17 se detallan los promedios de mínimos cuadrados de cada cruza para la variable espesor de grasa dorsal. Si bien los novillos WxA fueron los más engrasados, la

diferencia con los otros dos grupos fue menor y no fue estadísticamente significativa ($p=0,54$).

TABLA 17. Promedio de mínimos cuadrados (\pm error estándar) para el espesor de la grasa dorsal (mm) en novillos Wagyu x Angus (WxA), Wagyu x Hereford (WxH) y Wagyu x Overo Colorado (WxOC).

Cruza	EGD (mm)	\pm EE
WxA	22,34	1,30
WxH	20,00	1,63
WxOC	21,27	1,25

Los valores promedio para EGD fluctuaron entre 20 y 22,34 mm lo que es bastante similar al promedio de 18,3 mm \pm 0,81 para novillos con 50% de herencia Wagyu que describe Gaskin (2006). Si bien la diferencia entre los tres grupos no alcanzó a ser significativa, se observó una tendencia por parte de los animales con herencia WxA a presentar un mayor espesor de grasa dorsal. Casas y Cundiff (2006) concluyeron que animales con herencia de razas británicas poseerían mayores cantidades de grasa total, grasa como porcentaje de la canal caliente y EGD en comparación a razas continentales europeas doble propósito. Es probable que esta diferencia se haga menos marcada en la medida que la edad de faena se prolonga ya que hay razas que alcanzan la madurez más tardíamente como la Overo Colorado por lo que demoraría más en engrasarse (Anrique, 2004).

Parrett *et al.* (1985) y Minick *et al.* (2001) observaron que animales con mayor peso de canal caliente mostraron valores más altos para la variable EGD ($r=0,64$ en el caso de Minick *et al.*). Estos resultados son consistentes con los observados en este estudio, donde el mayor valor para la variable peso de canal caliente se registró en el grupo WxA y a su vez el menor valor correspondió al grupo WxH ($p<0,05$).

5.2.4 Color del Músculo

No hubo efecto de la raza materna para el color del músculo (ya que los valores de las medianas para cada cruce no difirieron estadísticamente entre sí). Los resultados se mantuvieron en valores intermedios para todos los grupos, donde el grupo WxH mostró el valor más bajo en comparación a los grupos WxA y WxOC (3, 4 y 4 respectivamente, donde el valor de 1 es para carnes muy pálidas y el 9 para carnes de color púrpura oscuro).

La coloración del músculo es derivada del pigmento mioglobina y del grupo hemo que a su vez es dependiente de hierro (Lawrence *et al.*, 2004). Una vez expuesta la superficie de la carne fresca al ambiente se produce la oxidación de la capa superficial de deoximioglobina (color púrpura), quedando transformada en oximioglobina y logrando el deseado color rojo brillante de la carne. Este proceso toma un determinado tiempo que debe ser de al menos una hora posterior al cuarteo de las canales y no superior a tres horas según el sistema australiano de tipificación de canales (Anón, 2004). Cuando el tiempo de exposición es demasiado prolongado la oximioglobina es oxidada a metmioglobina obteniéndose un color café plomizo poco apetecido por el consumidor (Warriss, 2000c).

El ganado Wagyu contiene significativamente menos concentraciones de fierro en el músculo *Longissimus dorsi* en comparación con el ganado Angus y esta diferencia es genética (Lawrence *et al.*, 2004). La concentración de fierro posee un efecto directo sobre el color de la carne, existiendo una correlación alta y negativa ($r^2=-0,79$) entre su concentración en el músculo y la palidez de la carne (Zembayashi *et al.*, 1999, citado por Lawrence *et al.*, 2004).

5.2.5 Color de la Grasa

Con respecto al color de la grasa dorsal, ésta fue evaluada con una escala de 0 (blanco) a 9 (amarillo) y se concentró en todos los grupos en un valor intermedio, y al igual que el color del músculo hubo una leve tendencia en el híbrido WxH a mostrar un color más

cercano al blanco. Los valores de las medianas para los grupos WxA, WxH y WxOC fueron de 4, 3 y 4, respectivamente.

Pitchford *et al.* (2002) reportaron un valor promedio de 0,5 para un "score" de color de grasa que fue evaluado con una escala de 0 (blanco brillante) a 9 (amarillo anaranjado) en novillos híbridos, obteniendo un máximo de 6 y un mínimo de 0. Dentro de estos resultados las canales de animales terminados en "feedlot" mostraron un color de grasa promedio mucho más blanco (0,2) que las terminadas a pastoreo (3,0) y no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos con herencia Wagyu, Angus o Hereford para el color de grasa, donde el promedio para cada una de éstas fue de 0,5, 0,5 y 0,4, respectivamente.

Los resultados obtenidos fueron similares a los notificados por Pitchford *et al.* (2002) ya que tampoco se encontraron diferencias estadísticas entre las diferentes cruzas. Sí hubo una diferencia notoria en el color al compararlo con canales de otro origen (Figura 4). Este mayor "score" para la variable color de grasa, tal como lo describen Pitchford *et al.* (2002), podría deberse a que la ración utilizada en el período de engorda no estaba solamente basada en granos, sino que tenía una importante cantidad de forraje en forma de heno de alfalfa y ensilaje de pradera. Esto se debe a que los pastos son ricos en pigmentos carotenoides los que son ingeridos en la dieta y transformados en parte a vitamina A, el excedente puede circular en la sangre y después depositarse en el tejido adiposo y en el hígado obteniendo como resultado grasa de color amarillo. La intensidad del color amarillo está correlacionada alta y positivamente con el contenido de carotenoides en la grasa ($r=0,80$) (Barrón *et al.*, 2006).

5.2.6 Marmoleo

El marmoleo fue evaluado utilizando una escala de 0 a 9, de menor a mayor grado de infiltración grasa. Los resultados que se obtuvieron, variaron entre el mínimo de 2 y un máximo de 6, concentrándose la mayoría de estos en la categoría 3, lo que indica una infiltración moderada por parte de todos los grupos estudiados. La diferencia entre los grupos no alcanzó a ser estadísticamente significativa, puesto que los valores de las

medianas para cada cruce no difirieron estadísticamente entre sí ($p=0,25$). Sí hubo un "ranking" en el cual los novillos con herencia Angus fueron los que se posicionaron más alto, luego los novillos Overo Colorado y finalmente los Hereford.

Parrett *et al.* (1985) observaron que existía una correlación positiva ($r=0,65$) entre el EGD y el "score" de marmoleo, situación que se refleja en este estudio donde el "ranking" logrado de EGD coincide con el de los registros de "score" de marmoleo. El "ranking" de los grupos coincide también con el reportado por Cundiff *et al.* (2001) donde los animales con herencia Angus se posicionaron en el primer lugar, luego el grupo de novillos con herencia de razas continentales europeas doble propósito y finalmente el grupo con cruce Hereford; en este caso la diferencia entre grupos sí fue estadísticamente significativa. Por el contrario, Casas y Cundiff (2006) señalaron que no habían diferencias de significancia estadística para la característica marmoleo entre los distintos híbridos.

Lunt *et al.* (2005) indican que entre animales de raza Wagyu y Angus no se observan diferencias en el "score" de marmoleo. Sin embargo, al realizar un análisis de lípidos intramusculares (%IMF) la raza Wagyu mostró un promedio de 32%IMF y la raza Angus un 12%IMF. Anón (2004) explica que el %IMF se mide determinando la cantidad de grasa extraíble químicamente del músculo. En general, un aumento en el "score" de marmoleo se relaciona con un aumento del %IMF, pero hay estudios que han demostrado que esta relación puede ser altamente variable. El principal factor asociado a esta variabilidad es la bidimensionalidad del método visual, además la medición del IMF% incluye porciones microscópicas de grasa intramuscular que no son detectadas en la evaluación visual.

La información recopilada indica tanto diferencias raciales como similitud en la característica marmoleo entre animales híbridos. Esto probablemente se debe a que todos los estudios utilizan métodos para medir el "score" de marmoleo mediante apreciación visual los que tienden a subestimar la cantidad real de grasa intramuscular. Métodos como el %IMF son más certeros, sobre todo cuando el fin es comparar. Si bien los resultados indican una tendencia, estos no son concluyentes y sería necesario seguir realizando estudios relacionados que utilicen métodos de medición menos subjetivos como el %IMF o la medición de AOL mediante un sistema computacional.

Como resultados generales del presente estudio puede afirmarse que no se observaron diferencias significativas en las características de la canal registradas entre los tres grupos de híbridos. Las diferencias se hacen más notorias en las ganancias de peso y los pesos propiamente tales, pero éstas no siguen el mismo patrón descrito en los artículos citados ya que éstos en general coinciden con que las razas continentales doble propósito tienen mayores pesos al destete y son de crecimiento más lento que las británicas. La raza Overo Colorado utilizada está orientada completamente a la producción de carne y por lo mismo es muy factible que posea alguna influencia de razas para este propósito, como lo son las razas británicas, mejorando así su desempeño.

5.3 Implicancias

Para poder entender a cabalidad las implicancias que puede tener un trabajo con las características de éste, es importante conocer lo que los actores del sector entienden como la visión del *cluster* ganadero de la Región de Aisén que no es otra que "ser reconocido por proveer, al mercado nacional e internacional, carnes altamente diferenciadas, principalmente naturales u orgánicas, producto del aprovechamiento de las ventajas comparativas de la región, del mejoramiento de la productividad y de la existencia de profundas redes de colaboración entre los participantes de *cluster*" (ARDP, 2009).

Si así es como se imaginan el sector en el futuro, trabajos como éste que apuntan a modificar algunos atributos, en este caso de los llamados intrínsecos, a través de la introducción de la raza Wagyu, que es reconocida por mejorar notablemente la infiltración grasa del músculo y producir carnes de una terneza excepcional, son de gran relevancia y concordancia con la apuesta estratégica regional.

Si bien en el sur de nuestro país recién se está experimentando con esta raza, ya existen resultados preliminares respecto a características de la canal y productivas en cruzas realizadas con las principales razas presentes en la zona. Este primer acercamiento indica que es posible realizar cruzas con las tres razas predominantes y obtener resultados

satisfactorios sin importar cuál sea la elección (Angus, Hereford u Overo Colorado), esto procurando siempre un buen manejo alimentario y respetando los tiempos de engorda necesarios para lograr la expresión del potencial de la raza Wagyu.

6. CONCLUSIONES

1. No se observaron diferencias significativas en el peso al nacimiento entre las tres cruzas mencionadas (WxA, WxOC y WxH).
2. Los híbridos WxA presentaron un peso al destete corregido a los 205 días significativamente superior a los otros dos grupos. Esta situación se mantuvo en el peso corregido a los 365 días, pero dejó de ser significativa entre las cruzas WxA y WxOC.
3. En relación a los corregidos a los 365 días y GDP para los tres períodos, los híbridos WxOC mostraron resultados comparativamente similares a los híbridos WxA.
4. Los novillos WxH mostraron los promedios más bajos en el análisis de las variables peso corregido a los 205 y 365 días, GDP predestete y GDP engorda.
5. No se observaron diferencias significativas entre los tres genotipos considerados para las variables relacionadas con la canal, *viz.*: rendimiento de la canal caliente, rendimiento de la canal fría, área del ojo del lomo, espesor de grasa dorsal, marmoleo y color de la grasa y el músculo.

7. BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN WAGYU ASSOCIATION. 2000. Wagyu - What are they? Where did they come from? [en línea] <<http://www.wagyu.org/wagyu.htm>>[Consulta: 20-07-2008]

AMUNÁTEGUI, R. 2008. Antecedentes de la carne bovina en el año 2007. [en línea] <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr?idcla=2&idcat=8&idn=2079>>[consulta: 23-09-2008].

ANÓN. 2004. Visual assessment of marbling and meat colour. Meat Technology Update, Australia, 02 abril.

ANÓN. 2007. Information on the 9th National Japanese Cattle Fair. Seino's Animal Industry. Seino. Region Agriculture and Forestry Office.

ANRIQUE, R. 2004. Razas y cruzamientos en ganado de carne. **In:** Rojas, C. (Ed). Manual de Producción de Bovinos de Carne Para la VIII, IX y X Regiones. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI Carillanca. Temuco, Chile. pp. 177-201.

ANSCI. DEPARTMENT OF ANIMAL SCIENCES. UNIVERSITY OF ILLINOIS AT URBANA-CHAMPAIGN. 1999. Meat science on web. Palatability attributes of meat. [en línea] <<http://labs.ansci.illinois.edu/meatscience/Library/palatability.htm>> [consulta: 04-11-2009]

ARDP. AGENCIA REGIONAL DE DESARROLLO PRODUCTIVO DE AYSÉN. 2009. Programa de mejoramiento de la competitividad del cluster bovino/ovino de la región de Aysén (PMC). 118p.

AUS-MEAT. 2006. Australian bovine carcass assessment scheme. [en línea] <<http://www.ausmeat.com.au/media/3407/beef%20&%20veal%20chiller%20assessment%20language.pdf>>[consulta: 20-07-2008]

BARRÓN, S.; MORA, O.; CASTAÑO, V.; SHIMADA, A. 2006. La pigmentación amarilla de tejido adiposo de bovinos finalizados en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. *Téc Pecu Mex.* 44(2):231-240.

BAVERA, G. 2002. Cruzamientos. Cursos de producción de bovinos de carne. Río Cuarto, Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. 7p.

CASAS, E.; CUNDIFF, L. 2006. Postweaning growth and carcass traits in crossbred cattle from Hereford, Angus, Norwegian Red, Swedish Red and White, Friesian, and Wagyu maternal grandsires. *J Anim Sci.* 84:305-310.

CUNDIFF, L. 1970. Experimental results on crossbreeding cattle for beef production. *J. Anim Sci.* 30:694-705.

CUNDIFF, L.; WHEELER, T.; GREGORY, K.; SHACKELFORD, S.; KOOHMARAIE, M.; THALLMAN, M.; GREGORY, K.; VAN VLECK, L. 2001. Preliminary results from cycle VI of the cattle germplasm evaluation program at the Roman L. Hruska U.S. Meat Animal Research Center. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture.

DÍAZ, F.R. 1978. Mejoramiento de los bovinos de carne; cruzamiento. Razas mejoradoras. Montevideo, Ed. Polo. 285 p. (citado por KAWAS, N. 1988. Evaluación preliminar de las características productivas para carne en la raza Overo Colorado. Memoria Título Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Pontificia U. Católica de Chile, Fac. Agronomía. 126 p).

ELIAS CALLES, J. A.; GASKINS, C.T.; BUSBOOM, J.R.; DUCKETT, S.K; CRONRATH, J.D; REEVES, J.J; WRIGHT JR, R.W. 2000. Differences among Wagyu sires for USDA carcass traits and palatability attributes of cooked ribeye steaks. *J Anim Sci.* 78:1710-1715.

ELIZALDE, H.; VALENCIA, B. 2005. Sistemas de producción de carne en Aisén. **In:** Catrileo, A. (Ed). Producción y manejo de carne bovina en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Temuco, Chile. pp. 435-462.

GASKINS, C.; JOHNSON, K.; BUSBOOM, J.; REEVES, J.; WRIGHT, R. 1995. Evaluation of ultrasound for estimation of marbling and within animal variation in marbling in Wagyu steers. *Amer Soc Anim Sci.* 46:266-268.

GASKINS, C. 2006. National Wagyu sire summary. Washington State University. Department of Animal Sciences. 5p.

GEAY, Y.; BAUCHART, D.; HOCQUETTE, J.F.; CULIOLI, J. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod Nutr Dev.* 41:1-26.

GREGORY, K.; CUNDIFF, L. 1980. Crossbreeding in beef cattle: evaluation of systems. *J Anim Sci.* 51:1224-1242.

HERRMANN, P. 2006. Carne Angus en busca del futuro. [en línea] <http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/raza_angus/11-marcadores_terneza.htm> [consulta: 20-11-2008].

INDAP. INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO. 2007. Estrategia regional de competitividad por rubro. **In:** Carne bovina XI Región. INDAP, Santiago, Chile. pp. 1-13.

JMGA. JAPAN MEAT GRADING ASSOCIATION. 1988. Japanese carcass grading standards. [en línea] <<http://www.blackmoreswagyu.com.au/pdf/Japanese-Carcass-Grading-Standards.pdf>> [consulta: 20-11-2008].

KAHI, A.K.; HIROOKA, H. 2005. Genetic and economic evaluation of Japanese Black (Wagyu) cattle breeding schemes. *J Anim Sci.* 83:2021-2032.

LARA, M.; NARDON, R.; BUFARAH, G.; DEMARCHI, J; SERENO, J; SANTOS, S.; ABREU, U. 2005. Polimorfismo del gen calpaina en razas vacunas por la técnica PCR-RFLP. Arch Zootec. 54 (206-207): 305-310.

LAWRENCE, R.; ELLIOTT, R.; NORTON, B.; LOXTON, I. 2004. The genetic effect of F1 Wagyu-Black Angus steers on *Longissimus dorsi* muscle iron concentration. P Aus S Ani. 25:277.

LONG, C. 1980. Crossbreeding for beef production: Experimental results. J. Anim Sci. 51:1197-1223.

LUNT, D.; CHUNG, K.; CHOI, C.; SMITH, S. 2005. Production characteristics and carcass quality of Angus and Wagyu steers fed to US and Japanese endpoints. J Anim Vet Adv. 4 (11):949-953.

MALTIN, C., BALCERZAK, D., TILLEY, R., DELDAY, M. 2003. Determinants of meat quality: tenderness. P Nutr Soc. 62:337-347.

MAKI S., JOHNSON K., SEARS O., GASKINS C., MICHAL J. 1997. The growth performance of Wagyu Cross (F1) cattle during a background, grazing and finishing phase. **In:** 3º Wagyu Symposium. Washington State, EEUU. 14-16 marzo 1997: 39-43.

MINICK, J.; WILSON, D.; DIKEMAN, M.; POLLAK, E. 2001. Heritability and correlation estimates of carcass data from Angus-sired steers. Beef Research Report. Iowa State University. 2p.

MIR, P.; BAILEY, D.; MIR, Z.; JONES, S.; WESELAKE, R.; LOZEMAN, F. 1997. Growth performance, carcass characteristic and tenderness of meat from beef cattle with Wagyu genetic influence. **In:** 3º Wagyu Symposium. Washington State, E.E.U.U. 14-16 marzo 1997. Agriculture and Agri-Food Canada: 105-114.

MUKAI, F.; OYAMA, K.; KOHNO, S. 1995. Genetic relationships between performance test traits and field carcass traits in Japanese Black cattle. *Livest Prod Sci.* 44:199-205.

MUKAI, F.; SADAHIRA, M.; YOSHIMURA, T. 2004. Comparison of carcass composition among Japanese Black, Holstein and their crossbred steers fattening on farm. *Anim Sci J.* 75:393-399.

NAMIKAWA, K. 1997. Breeding history of Japanese beef cattle and preservation of genetic resources as economic farm animals. **In:** 3° Wagyu Symposium. Washington State, E.E.U.U. 14-16 marzo 1997: 1-27.

NISHIMURA, T.; HATTORI, A.; TAKAHASHI, K. 1999. Structural Changes in Intramuscular Connective Tissue During the Fattening of Japanese Black Cattle: Effect of Marbling on Beef Tenderization. *J Anim Sci.* 77:93-104.

OKUMURA, T.; SAITO, K.; SAKUMA, H.; NADE, T.; NAKAYAMA, S.; FUJITA, K.; KAWAMURA, T. 2007. Intramuscular fat deposition in principal muscles from twenty-four to thirty month of age using identical twins of Japanese Black steers. *J Anim Sci.* 85:1902-1907

OZAWA, S.; MITSUHASHI, T.; MITSUMOTO, M.; MATSUMOTO, S.; ITOH, N.; ITAGAKI, K.; KOHNO, Y.; DOHGO, T. 2000. The characteristics of muscle fiber types of *longissimus thoracis* muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. *Meat Sci.* 54:65-70.

PARRET, D.; ROMANS, J.; BECHTEL, P.; WEICHENTHAL, B.; BERGER, L. 1985. Beef steers slaughtered at three fat-constant end points: I Growth, efficiency and carcass characteristics. *J Anim Sci.* 61:436-441.

PINO, F. 2008. Evaluación productiva de la raza Wagyu en cruzamiento con diferentes razas bovinas presentes en Chile. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Medicina Veterinaria. 128p.

PITCHFORD, W.; DELAND, M.; SIEBERT, B.; MALAU-ADULI, A.; BOTTEMA, C. 2002. Genetic variation in fatness and fatty acid composition of crossbred cattle. *J Anim Sci.* 80:2825–2832.

PLATTER, W.; TATUM, J.; BELK, K.; KOONTZ, S.; CHAPMAN, P.; SMITH, G. 2005. Effects of marbling and shear force on consumer's willingness to pay for beef strip loin steaks. *J Anim Sci.* 83:890-899.

PRADO, R. 2006. Razas bovinas para producción de carne. Santiago, Chile. U. de Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias, Depto. Fomento Producción Animal. 25p.

TATUM, D. 1997. Beef Facts: Beef Grading. National Cattlemen's Beef Association.

UEDA, Y.; WATANABE, A.; HIGUCHI, M.; SHINGU, H.; KUSHIBIKI, S.; SHINODA, M. 2007. Effects of intramuscular fat deposition on the beef traits of Japanese Black steers (Wagyu). *J Anim Sci.* 78:189-194.

WARRISS, P. 2000a. Meat Quality. **In:** Meat science: an introductory text. School of Veterinary Science, University of Bristol. Bristol, UK. pp. 106-117.

WARRISS, P. 2000b. The growth and body composition of animals. **In:** Meat science: an introductory text. School of Veterinary Science, University of Bristol. Bristol, UK. pp. 12-32.

WARRISS, P. 2000c. Post-mortem handling of carcasses and meat quality. **In:** Meat science: an introductory text. School of Veterinary Science, University of Bristol. Bristol, UK. pp. 156-181.

WULF, D.; MORGAN, J.; TATUM, J.; SMITH, G. 1996. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. *J Anim Sci.* 74:569-576.

XIE, Y.; BUSBOOM, J.; GASKINS, C.; JOHNSON, K.; REEVES, J.; WRIGHT, R.; CRONRATH, J. 1996. Effects of breed and sire on carcass characteristics and fatty acid profiles of crossbred Wagyu and Angus steers. *Meat Sci.* 43:167-177.

ZHANG, H.; DENISE, S.; AX, R. 1996. Rapid communication: a novel DNA polymorphism of the bovine calpain gene detected by PCR-RFLP analysis. *J Anim Sci.* 74:1441.

ZEMBAYASHI M., LUNT D., SMITH S. 1999. Dietary tea reduces the iron content of beef. *Meat Sci.* 53: 221-226 (citado por: LAWRENCE, R.; ELLIOTT, R.; NORTON, B.; LOXTON, I. 2004. The genetic effect of F1 Wagyu-Black Angus steers on Longissimus dorsi muscle iron concentration. *P Aus S Ani.* 25:277).