

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CRECIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE TOROS
DE LA RAZA WAGYU EN SISTEMAS PASTORILES

por

Santiago ALAYÓN DUBOURDIEU
Nicolás CAVIA RODRÍGUEZ
Federico CIGANDA HERRERO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2018

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Ana C. Espasandín

Dr. Andrés Rogberg

Med. Vet. MSc. Rodrigo López Correa

Fecha: 27 de setiembre de 2018

Autores:

Santiago Alayón Dubourdieu

Nicolás Cavia Rodríguez

Federico Ciganda Herrero

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos, que nos apoyaron en el transcurso de la carrera.

A la tutora de este trabajo, la Ing. Agr. PhD. Ana Carolina Espasandín por la buena disposición y el apoyo brindado para con nosotros.

A Andrés Rogber y su familia, por la dedicación y por abrirnos las puertas de su establecimiento para la realización de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
A. OBJETIVOS	2
1. <u>Objetivo general</u>	2
2. <u>Objetivos específicos</u>	2
II. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
A. HISTORIA DE LA RAZA EN JAPÓN.....	3
B. HISTORIA DE LA RAZA EN OTROS PAÍSES.....	5
C. CARACTERÍSTICAS DE LA RAZA.....	6
D. MEDIDAS ZOOMÉTRICAS.....	7
1. <u>Altura al anca</u>	8
2. <u>Ancho de hombro</u>	8
3. <u>Ancho de cadera</u>	9
4. <u>Grasa subcutánea</u>	9
E. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE WAGYU	9
1. <u>Rendimiento de la canal</u>	10
2. <u>Resultados de crecimiento de Hereford y Angus en Uruguay</u>	13
F. MODELOS DE CRECIMIENTO	14
1. <u>Lineales</u>	15
a. Función lineal	15
b. Función cuadrática	15
c. Funciones polinómicas	16
2. <u>No lineales</u>	16
a. Modelo de Gompertz	16

b. Modelo de Brody	17
c. Modelo de Richards.....	17
G. HIPÓTESIS	17
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	18
A. LOCALIZACIÓN	18
B. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	18
C. INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	19
1. <u>Escrotímetro</u>	20
2. <u>Compás de brocas</u>	20
3. <u>Ecógrafo</u>	20
4. <u>Brete de metal con balanza y cepo</u>	20
5. <u>Bastón hipométrico</u>	20
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	21
A. PESO VIVO.....	21
B. ANCHO DE PECHO, CADERA Y PELVIS.....	24
C. ALTURA DE ANCA	26
D. CIRCUNFERENCIA ESCROTAL	27
E. GRASA SUBCUTÁNEA	29
F. IMPLICANCIAS	30
V. <u>CONCLUSIONES</u>	32
VI. <u>RESUMEN</u>	33
VII. <u>SUMMARY</u>	34
VIII. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	35

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Razas extranjeras cruzadas con ganado nativo en cada prefectura.....	4
2. Resumen de medidas zoométricas para la raza Angus.....	8
3. Desempeño de toros Wagyu en feedlot.....	10
4. Desempeño de toros Wagyu en feedlot.....	11
5. Rasgos cuantitativos de carcasas de toros Wagyu.....	11
6. Rasgos cuantitativos de carcasas de toros Wagyu.....	11
7. Terneza de la carne Wagyu estimado mediante la fuerza de corte	12
8. Cuadro para puntaje de estructura corporal (frame score) para machos enteros.....	14
9. Listado de los 11 toritos evaluados con sus respectivos padres y pesos en las mediciones realizadas.....	23
10. Coeficientes de determinación de diferentes modelos matemáticos utilizados para describir la evolución de peso vivo de toritos en crecimiento de la raza Wagyu.....	24
11. Cuadro comparativo de las distintas medidas morfométricas para toros de la raza Aberdeen Angus de 12 meses de edad y toros de la raza Wagyu de 15 meses de edad	27
12. Cuadro comparativo de la circunferencia escrotal	28
Figura No.	
1. Comparación de la circunferencia escrotal (SC) en toros de diferentes razas.....	7
2. Ubicación de las medidas morfométricas.	18
3. Evolución de peso vivo de toros Wagyu desde el nacimiento hasta los 18 meses de edad	21
4. Evolución del peso vivo de toros Wagyu de la Cabaña el Oriental desde el nacimiento hasta los 18 meses de edad.....	23
5. Evolución promedio del ancho de pecho, cadera y pelvis en centímetros a los 15 y 18 meses de edad.....	25
6. Evolución promedio de la altura en centímetros a los 15 y 18 meses de edad.....	26
7. Evolución promedio de la circunferencia escrotal en centímetros a los 15 y 18 meses de edad	28

8. Evolución promedio de la grasa subcutánea en milímetros a los 15 y 18 meses de edad 29

I. INTRODUCCIÓN

Uruguay se caracteriza por ser un país productor y exportador de carne. En el mismo, la superficie total agropecuaria es de 16,4 millones de hectáreas, de las cuales 12,4 millones son ganaderos; en dicha superficie, se encuentran 42.114 establecimientos ganaderos. Del total de estos establecimientos, el 50% corresponde a establecimientos criadores, 24% a ciclo completo y 17% a invernadores, siendo el resto recriadores exclusivamente, solo ovinos o sin animales.

El stock total de bovinos es de 12 millones de cabezas, con una producción de carne de 1.167 millones de toneladas, a partir de una faena total de vacunos en el período 2016 de 2,263 millones de cabezas.

El PBI de las producciones agroindustriales en 2016 fue de 4.564 millones de dólares, representando un 8,9% del PBI nacional que fue de 52.303 millones de dólares. Mientras que el PBI agropecuario representa un 6% de este último (MGAP. DIEA, 2017).

Las pasturas naturales en el Uruguay, constituyen el 64,3% del total del territorio y el 82,6% de la superficie ganadera, y forma parte de las praderas templadas de América del Sur. Dominan especies estivales frente a invernales y dominan gramíneas en general frente a leguminosas. En invierno las temperaturas y radiación son bajas, por lo que baja la producción, en verano la situación es inversa por eso la producción es alta, esto acentúa una estacionalidad de las pasturas en función del tipo de suelo. La composición botánica de los campos naturales es heterogénea y varía de acuerdo al área geográfica del país, el tipo de suelo y las prácticas de manejo de los pastoreos en los establecimientos.

La producción de Wagyu en el mundo está basada en sistemas de confinamiento, debido entre otras cosas a las altas exigencias alimenticias de estos animales. Por lo que surge la incógnita de cómo se comportaría la raza Wagyu en sistemas ganaderos del Uruguay, caracterizada por producir carne de calidad y de más alto valor en los mercados externos, y combinados con la producción natural, en sistemas pastoriles, podría constituir una alternativa para mejorar el producto carne.

El presente trabajo de tesis de grado, tiene como objetivo caracterizar a la raza Wagyu en el ambiente de los sistemas pastoriles de Uruguay, y evaluar la evolución de algunos caracteres morfológicos: circunferencia escrotal, peso

vivo, altura del anca, ancho de pecho, ancho de cadera, ancho de pelvis, y espesor de grasa subcutánea.

A. OBJETIVOS

1. Objetivo general

- Caracterizar el crecimiento de machos enteros de la raza Wagyu en un sistema pastoril en el litoral oeste de Uruguay.

2. Objetivos específicos

- Describir la curva de crecimiento que más se ajuste al crecimiento de machos enteros de la raza Wagyu en un sistema pastoril.
- Describir la evolución de caracteres morfométricos a los 15 y 18 meses de edad en toros Wagyu. Dichos caracteres son: circunferencia escrotal, altura del anca, ancho de pecho, ancho de cadera, ancho de pelvis, y espesor de grasa subcutánea.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. HISTORIA DE LA RAZA EN JAPÓN

El Wagyu es una raza originaria de Japón formada a partir de razas asiáticas autóctonas -proveniente de Asia meridional- con alguna influencia de razas europeas; fueron llevadas por primera vez a dicho país en el siglo II.

Según Namikawa (1992) la raza se mantuvo aislada por más de dos siglos, por disposición de las autoridades de los estados donde se encontraban dichos animales, generándose poblaciones chicas y cerradas. Algunas características del ganado nativo puro pueden resumirse mediante documentos antiguos que fueron protegidos por el gobierno como monumento natural. Ishiara, citado por Namikawa (1992) las describió como:

- Pelaje de color negro predominante y el ganado negro con algunas pequeñas manchas blancas en la ubre, cerca de la cola o una pequeña cantidad de pelos blancos sobre la piel negra.
- Animales pequeños, con una altura que no supera los 120 cm en las hembras y 125 cm en los machos.
- Mala conformación cárnica, producto de que la mitad anterior del cuerpo es más ancha, pero la parte posterior y el cuello delgados.
- Los animales antiguos presentan una piel delgada y el pelo ondulado a crespo, cuerno de color blanco azulado, de textura fina y forma cónica. El cuerpo es de líneas finas al igual que sus canillas, las cuales presentan una fuerte inserción a los tendones.
- Las vaquillonas presentan su primer parto a más de 24 meses de edad y los toros se utilizan para el primer servicio a los 3 años de edad.
- Presentan más habilidades para trabajar la tierra y como animal de carga, que el ganado Wagyu moderno.
- La producción máxima de leche por día no supera los 3,3kg, con una lactancia de alrededor de 116 días en promedio, teniendo presente la amplia variación individual en la producción láctea.
- La ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia de conversión alimenticia (ECA), son bajas, pero a pesar de ello, presentan una excelente calidad de carne; característica común dentro de la raza.

Hasta el año 1868 el consumo de carne estaba prohibido, principalmente por motivos religiosos. Por esta razón, los requisitos para el ganado bovino nativo antiguo estaban dirigidos a rasgos importantes del rendimiento laboral, debido a la falta de utilización para la producción de lácteos y carne. Después de la restauración Meiji en dicho año, el nuevo gobierno

estaba ansioso por introducir el hábito de la cultura y comida occidental, por lo que decidió importar animales vivos para su reproducción, por lo tanto, los rodeos se abrieron a la cruce con Brown Swiss, Shorthorn, Devon, Simmental, Ayrshire, Korean, Holstein, y Angus, que también aportaron a la construcción de la raza Wagyu.

En un principio los agricultores no mostraron ninguna preocupación por las razas extranjeras, entonces el mestizaje se volvió común en los primeros años, estimulados por los altos precios de los híbridos en los mercados. Sin embargo, el precio de las cruces se redujo repentinamente en 1910, ya que los mestizos se consideraban animales inferiores "mejoradores" indeseables, especialmente en el rendimiento laboral. Por este motivo a partir de ese año, no se repitió el cruce con razas extranjeras.

En el año 1919 se da la fijación de razas modernas, de acuerdo con la decisión del gobierno, mediante la selección y registro comenzaron con el llamado "ganado japonés mejorado". Las razas importadas cruzadas con ganado nativo se muestran en el cuadro No. 1. En la actualidad hay cuatro razas que se consideran Wagyu en Japón, las mismas son: el negro japonés, el marrón japonés, el japonés Polled y japonés Shortorn. Estas son diferentes entre las prefecturas e incluso entre las regiones dentro de la prefectura (Namikawa, 1992).

En el cuadro No. 1 se presenta las razas extranjeras cruzadas con ganado nativo en cada prefectura.

Cuadro No. 1. Razas extranjeras cruzadas con ganado nativo en cada prefectura

Nombre moderno de la raza	Prefectura	Razas extranjeras cruzadas
Japanese Black	Kyoto	Brown Swiss
	Hyogo	Shorthorn, Devon, brown Swiss
	Okayama	Shorthorn, Devon
	Hiroshima	Simmental, Brown Swiss, Shorthorn, Ayrshire
	Tottori	Brown Swiss, Shorthorn
	Shimane	Devon, Brown Swiss, Simmental, Ayrshire
	Yamaguchi	Devon, Ayrshire, Brown Swiss
	Ehime	Shorthorn
	Ohita	Brown Swiss, Simmental
	Kagoshima	Brown Swiss, Devon, Holstein
Japanese Brown	Kochi	Simmental, Korean Cattle
	Kumamoto	Simmental, Korean Cattle, Devon
Japanese Poll	Yamaguchi	Aberdeen-Angus
Japanese Shorthorn	Aomori	Shorthorn
	Iwate	Shorthorn
	Akita	Shorthorn, Devon Ayrshire

Fuente: tomado de Namikawa (1992).

B. HISTORIA DE LA RAZA EN OTROS PAÍSES

Los primeros intentos de producir o explotar la raza fuera de Japón, se realizaron en Estados Unidos. En el año 1976 se da la primera importación de estos animales, trasladándose dos toros negros y dos toros rojos. Posteriormente en 1993 se importaron los primeros animales de la línea Tajima, dos toros y tres hembras.

La línea Tajima es originaria de la prefectura de Hyogo. Dicha línea se caracteriza por lograr mayor marbling y el más fino, posee un bajo peso al nacer, tasas de ganancias menores, un frame menor y buen temperamento. Además de la línea Tajima existen otras dos, que son de menor importancia ya que no se expandieron con la misma intensidad en el mundo. Estas son: línea Shimane o Fuiyoshi y línea Kedaka o Tottori, ambas caracterizadas por mayor frame, buen promedio de su tasa de crecimiento, calidad de carne y temperamento tranquilo.

En 1994 se realizó la primera gran exportación a Estados Unidos, la cual constaba de 35 animales en total, compuesta por machos y hembras de líneas negras y coloradas.

En Australia el Wagyu se introdujo en el año 1990 con la importación de una hembra pura proveniente de Estados Unidos. En 1997 se realizó el mayor embarque de ganado en pie y desde entonces la raza en la isla, comenzó a tener mayor importancia. Cabe destacar que Australia nunca realizó importación directa desde Japón.

La introducción de la raza en Sudamérica ocurrió en el año 2000 aproximadamente. Los primeros países en importar semen y embriones fueron Brasil, Chile y Uruguay. Inicialmente se trabajó con cruza F1 principalmente, aunque se ha aumentado el porcentaje de sangre Wagyu ($3/4$ y $7/8$), incluso llegándose a engordar puros (Cabaña el Oriental, s.f.).

Los primeros en importar genética Wagyu a Uruguay fue una empresa llamada AWA (Australian Wagyu Association) mediante un proyecto de integración entre un consorcio de cabañas australianas y un socio uruguayo. Este proyecto consistía en marmolear con encierros no tan largos y usando principalmente Wagyu colorado.

La siguiente en importar genética, en 2005, fue la cabaña El Oriental de la familia Rogberg, y los primeros en registrar animales Wagyu puros en la ARU. En este caso la estrategia fue distinta a la anterior, la idea fue avanzar en

cada eslabón de la cadena. Primero la cabaña y las tecnologías reproductivas a partir del 2005, la cría de 2008 a 2013, recría de 2011 a 2014 y finalmente logrando encerrar 16 animales puros y cruza durante 450 días en 2013-2014, mediante un convenio de capitalización con la empresa MARFRIG. Desde entonces, la empresa ha integrado el WagyuGroup, que es una asociación de productores de la raza en Uruguay, los que tienen como objetivo producir carne de calidad de forma natural, libre de hormonas, basándose en un sistema pastoril durante la mayor parte de la vida del animal, al aire libre y con una terminación a feedlot para obtener buenos niveles de marmoleo.

C. CARACTERÍSTICAS DE LA RAZA

La principal cualidad de esta raza es su gran capacidad de infiltración de grasa intramuscular, lo cual tiene un impacto positivo en la jugosidad, terneza y sabor de la carne. Pero para obtener un buen marmoleo es necesaria una dieta especial y costosa. Estas son las razones que explican el alto precio de esta carne en los mercados internacionales, especialmente en Japón y en forma creciente, en otros países europeos.

Otras características ventajosas de esta raza son el bajo peso al nacer, la docilidad, alta fertilidad y la adaptación a producir en diferentes ambientes. La raza presenta además un crecimiento moderado, llegando al peso adulto alrededor de los dos años, pesando machos entre 550 y 750 kg y las hembras entre 400 y 550 kg.

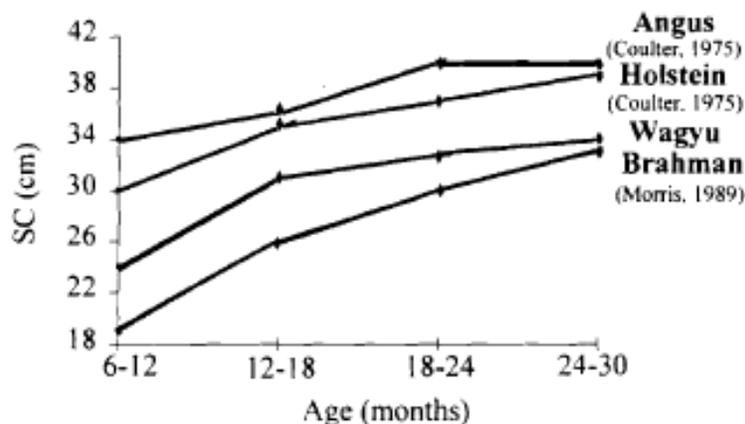
Fuera de Japón solo existen la raza negra y marrón, siendo la negra la más difundida en el mundo por su mayor capacidad de marmoleo, por lo tanto mayor calidad. Las razas Polled y Shortorn fueron aisladas por disposición de un estado de Japón (AWA, s.f.).

Como se mencionó anteriormente los Wagyu son altamente fértiles. Estudios ya realizados por Sosa (1997) en EEUU con mediciones de circunferencia escrotal en 200 toros Wagyu puros, a partir de datos obtenidos de productores de ganado de ese país, medidos entre los 6 meses a 4 años de edad, durante un periodo de 3 años. Revelaron que los toros y las vaquillonas alcanzan la pubertad a una edad temprana. Sin embargo existía una interrogante en cuanto a los toros Wagyu que no pasan el examen de solidez reproductiva por su pequeño tamaño escrotal. Se observó que aproximadamente el 50% de los toros no cumplen con la medida mínima requerida por la Society of Theriogenology.

A pesar del pequeño tamaño escrotal, la raza Wagyu tiene calidad de semen de buena a excelente y alcanzan la pubertad a una edad muy temprana. En base a estos estudios, se concluye que los mismos no son aplicables con exactitud para Wagyu, ya que, la prueba y la mínima medida de circunferencia escrotal requerida por la Society of Theriogenologyes realizada en función de animales europeos y no necesariamente en otras razas.

En la siguiente figura se observan los datos obtenidos en dicho estudio, y se logra comparar con circunferencias escrotales de razas indicas (Brahman), Europeas (Holstein) y británicas (Angus).

Figura No. 1. Comparación de la circunferencia escrotal (SC) en toros de diferentes razas



Fuente: tomado de Sosa (1997).

D. MEDIDAS ZOMÉTRICAS

La zometría estudia la forma de los animales mediante mediciones corporales completas que permiten cuantificar su conformación corporal, esto permite conocer las capacidades productivas de una raza o su inclinación hacia determinada producción zotécnica.

Sánchez (2017) analizó estas mediciones para la raza Angus, en México, donde se utilizaron 32 toros de 12 meses de edad en promedio con un peso aproximado de 350-400 kg. Si bien se trata de una raza distinta a la estudiada, los animales son de similares características (peso, edad y sexo), lo que permite tener datos de referencia para realizar una comparación con las medidas obtenidas.

En el cuadro a continuación se detallan los datos promedio del trabajo mencionado anteriormente

Cuadro No. 2. Resumen de medidas zoométricas para la raza Angus

Medida	Media
Ancho de pecho (cm)	47,03
Ancho de caderas (cm)	47,63
Altura de anca (cm)	122,04

Fuente: adaptado de Sánchez (2017).

1. Altura al anca

Es la distancia que existe, de manera perpendicular desde el punto más elevado de la cadera al plano de sustentación.

Esta medida tiene una alta relación con el aumento de peso diario. Animales demasiado altos tienden a estar fuera de balance debido a su lento desarrollo sexual y por consecuencia baja su eficiencia reproductiva. Además tienen canales con menos carne que los animales cortos y anchos. A su vez, al tener mayor altura tiene hombros y pechos angostos, son más nerviosos y de alto mantenimiento. Animales altos no funcionan tan bien en pastos y tardan en rendir. Estos requieren de más energía para su desarrollo (Charles y Gearld, 2003).

2. Ancho de hombro

Es la distancia que existe, en línea recta entre los ángulos antero-inferiores de las dos espaldas.

Los hombros en los machos a los 12 meses de edad deben tener 2 pulgadas más que el largo de la cadera. Mayor es mejor. Hombros anchos denotan masculinidad, esto es un alto indicador de eficiencia reproductiva, así como de la habilidad para soportar el estrés.

Hombros anchos en los machos son necesarios para una buena conversión de kilos de carne en pasto. Los hombros del toro, deben de estar balanceados con el largo de la cadera (Charles y Gearld, 2003).

3. Ancho de cadera

Es la distancia que existe en línea recta, entre los dos puntos más sobresalientes de la masa muscular de las nalgas.

Dividiendo el ancho de la cadera entre el alto de la cadera se obtiene el porcentaje del ancho de cadera (Ej. 61 centímetros de ancho de cadera entre una altura de 127centímetros es igual a 48%). Un porcentaje alto en los machos es indicativo de madurez temprana y fácil mantenimiento. Toros con un alto porcentaje de ancho de cadera normalmente tienen hombros anchos, pechos profundos y una circunferencia escrotal más aceptable (Charles y Gearld, 2003).

4. Grasa subcutánea

Es una medida muy utilizada en la industria cárnica, obtenida a través del ultrasonido; mide el grosor de grasa subcutánea a nivel de la grupa, entre la intersección de la línea del tejido, en el fondo del músculo glúteo medio y el borde inferior de la capa de grasa subcutánea. Esta medida sirve para estimar cuan magros son los animales y tiene alta correlación genética con el espesor de grasa dorsal (Alvarado, 2016).

Kahi et al. (2014) estudiaron las relaciones entre el crecimiento, las características de la canal y la rentabilidad en el ganado Wagyu, los datos recolectados fueron de 8099 animales en Kumamoto, Japón. Estos estudios arrojaron datos obtenidos a partir de la canal para espesor de grasa subcutánea de 25.9 mm con 761 días de edad y un peso final de 667kg en promedio.

Arakawa et al. (2009) en un estudio recolectaron registros de canales de Wagyu, proporcionados por la Asociación de Registro de Wagyu de Japón. Los datos analizados para espesor de grasa dorsal dieron en promedio 27mm, esta medición fue tomada en la canal entre la sexta y séptima costilla.

E. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE WAGYU

La carne Wagyu, caracterizada principalmente por su sabor y ternura, la hacen apreciada por especialistas y gourmets de distintos países, por lo que en Japón es considerado el consumo de esta carne como un lujo caro, de muy alta calidad, consumiéndola en pequeñas porciones.

Además de ser una delicia gastronómica, también es caracterizada por ser muy saludable ya que la relación de grasa mono insaturada con la saturada

es más alta en Wagyu que en otras carnes y de que la grasa saturada contenida es diferente. El cuarenta por ciento está en una versión llamada ácido esteárico que se considera tiene un impacto mínimo en el aumento de los niveles de colesterol. Por lo tanto el veteado de la carne Wagyu es más beneficioso y saludable para la salud humana.

También posee una mayor cantidad de ácidos grasos linolénico conjugado (CLA) por gramo que cualquier producto alimenticio, aproximadamente un 30% más que en otras razas de carne. Los alimentos que son naturalmente altos en CLA, tienen menos efectos negativos en la salud (AWA, s.f.).

1. Rendimiento de la canal

Se realizó un estudio en los años 1995 y 1996 en la Universidad estatal de Washington, con el objetivo de determinar el rendimiento del feedlot y los rasgos de la canal de toros Wagyu. El mismo consistía en dos tipos de alimentación y un tratamiento control (a base de cebada y complementada para satisfacer todos los requisitos). Se estudiaron dos niveles de proteína de escape del rumen, en un tratamiento se suministraban 55 gramos por animal de la misma, mientras que en el otro el suministro era de 110 gramos por animal. La literatura sugiere que al aumentar la proteína de escape, puede verse aumentado el nivel de marmoleo (Everett y Mark, 1996).

En los siguientes cuadros se observan los datos de rendimiento del feedlot. Hay que tener en cuenta que los animales del ensayo de 1995 fueron alimentados como terneros (7-8 meses de edad), mientras que en 1996 los toros eran alimentados como terneros de sobreaño (12-13 meses de edad), lo cual puede generar una leve tendencia a mayores ganancias diarias en el ensayo de 1995.

Cuadro No. 3. Desempeño de toros Wagyu en feedlot

Tratamientos	No. Toros por tratamiento	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Ganancia total (Kg)	Días de tratamiento	Ganancia diaria
Control	4	205	541	336	196	1,71
55 gramos	6	194	553	359	195	1,84
110 gramos	4	190	542	352	196	1,8

Fuente: adaptado de Everett y Mark (1996).

Cuadro No. 4. Desempeño de toros Wagyu en feedlot

Tratamientos	No. Toros por tratamiento	Peso inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Ganancia total (Kg)	Días de tratamiento	Ganancia diaria
Control	4	297	577	280	170	1,65
55 gramos	4	303	549	246	170	1,45
110 gramos	4	302	551	249	170	1,46

Fuente: adaptado de Everett y Mark (1996).

Los cuadros siguientes muestran el grado de rendimiento para los años en estudio.

Cuadro No. 5. Rasgos cuantitativos de carcasas de toros Wagyu

Tratamientos	No. Toros por tratamiento	Carcasa caliente (Kg)	Dress (%)	Espesor de grasa (mm)	Área de ojo de bife (cm ²)	Grado de rendimiento
Control	4	341	63,1	9,14	87,09	2,5
55 gramos	6	344	62,2	10,41	94,83	2,3
110 gramos	4	337	62	7,87	93,54	1,9

Fuente: adaptado de Everett y Mark (1996).

Cuadro No. 6. Rasgos cuantitativos de carcasas de toros Wagyu

Tratamientos	No. Toros por tratamiento	Carcasa caliente (Kg)	Dress (%)	Espesor de grasa (mm)	Área de ojo de bife (cm ²)	Grasa KPH* (%)	Grado de rendimiento
Control	4	375	65,1	11,17	99,35	2,9	2,4
55 gramos	4	354	65,4	6,85	99,99	2,9	1,9
110 gramos	4	358	65	8,13	94,19	2,9	2,2

Fuente: adaptado de Everett y Mark (1996).

El peso objetivo de los canales calientes (317 a 362 kg) se cumplió en ambos años. Desde el punto de vista de la composición de la carcasa, todas eran de grado de rendimiento deseable, siendo difícil superar los porcentajes obtenidos. Con respecto al área de ojo de bife los resultados fueron mayores

que el promedio para el peso de canales calientes, pero no extremos (Everett y Mark, 1996).

Otra característica que se evaluó en este ensayo, fue la terniza de la carne. La misma se realizó con la máquina de corte de Warner-Bratzler, un método de medición objetivo.

Cuadro No. 7. Terniza de la carne Wagyu estimado mediante la fuerza de corte

Tratamientos	Fuerza de corte (Kg) (1995)	Fuerza de corte (Kg) (1996)
Control	3,03	3,55
55 gramos	2,8	3,04
110 gramos	2,68	3,24

Fuente: adaptado de Everett y Mark (1996).

Se consideran aceptables, valores de corte por debajo de 4.08 kg de fuerza requerida para cortar núcleos de 12.7 mm de diámetro. Todos los resultados arrojaron valores inferiores al mínimo para considerarse carne tierna (Everett y Mark, 1996).

Por otra parte Maki et al. (1992), evaluaron las tasas de crecimiento a pasto en novillos y vaquillonas Wagyu cruza, en un estudio realizado en la Universidad estatal de Washington. A pesar de que en la tesis de grado se estudiaron toros Wagyu puros, parece una buena referencia para tener una idea de las ganancias que se manejan en sistemas pastoriles, así como también en encierro.

Se evaluaron tres fases, en la primera se alimentó ganado con edad de 7-9 meses, con una dieta base 80% forraje y 20% concentrado durante 112 días, en dicho encierro los novillos Wagyu obtuvieron una ganancia promedio de 0.589 kg/d y las vaquillonas 0.635 kg/d y la tasa de conversión alimenticia 6.26 kg de alimento por kg ganado. Luego de esta primera fase, el ganado pasó a alimentarse en una pastura natural durante 84 días, la ganancia diaria promedio del ganado en esta etapa fue de 0.544 kg/d. Posteriormente al período de pastoreo, los animales fueron trasladados al corral, en donde se le suministraba una dieta de 10% forraje y 90% concentrado durante 231 días. La ganancia media diaria de novillos y vaquillonas en esta fase fue de 1.315 kg/día

y 1.224 kg/día respectivamente. La eficiencia de alimentación fue de 4.58 kg de MS/kg de ganancia.

Se pueden obtener datos de otro experimento, realizado en Canadá, en el cual se evaluaron tres tipos de animales, cruce continental, cruce 50% Wagyu y cruce 75% Wagyu. En el mismo se pudo concluir que la influencia de Wagyu potenció el marmoleo. En cuanto a las tasas de crecimiento, se observó una disminución de las mismas, especialmente en la fase de terminación, como también menores desempeños en el tamaño de carcasa. Todos los animales fueron terminados dentro de los 17 meses con una dieta a base de cebada. El rendimiento de los novillos 50% Wagyu parece ser comparable con los novillos cruzados continentales en cuanto a tasa de crecimiento y características de la canal, pero la variación estuvo en el grado de marmoleo, siendo significativamente mayor en novillos 50% Wagyu. Los novillos 75% Wagyu obtuvieron menores ganancias diarias, que los otros dos grupos (Mir et al., 1999).

2. Resultados de crecimiento de Hereford y Angus en Uruguay

Rogberg (2006) obtuvo resultados de ganancia diaria en pastoreo explicados por el modelo lineal, obteniendo datos de 0.6, 0.58 y 0.64 kg/día para terneros Angus, Hereford y cruces F1 respectivamente. Estas ganancias fueron registradas entre el nacimiento y 6 meses de edad de los animales en estudio.

Mientras tanto, otro trabajo realizado por Bistolfi et al. (2014), concluyen que el modelo que mejor se adapta al crecimiento de los animales de dichas razas es el de Brody. Señalan también que el mismo sobrestima el peso al nacer, pero estima bien el peso maduro de los animales. En este trabajo, para el modelo mencionado (que es el que presenta mayor r^2) la ganancia diaria obtenida fue de 0.544 kg para el promedio de las razas estudiadas (Hereford, Angus y sus respectivas cruces).

Bavera (2005), estudió el frame, el cual relaciona altura de anca con la edad del animal. El mismo se expresa en una escala que va de 1 (el más chico) a 9 (el más grande). Para determinar el valor de escala del frame de un animal se utilizan tablas de doble entrada de aplicación universal, ya que para obtener las relaciones entre edad, altura a la grupa y el valor de frame correspondiente se utilizaron miles de observaciones provenientes de cada sexo y de razas y cruces, con las que se calcularon las ecuaciones para establecer las relaciones correspondientes.

En este trabajo, Bavera destaca que valores bajos de frame son característicos de ganado de baja alzada, de madurez temprana, y que alcanza la terminación para faena y la madurez con bajos pesos vivos. Los altos puntajes de frame son característicos de ganado de alta alzada, de larga tasa de madurez, y que alcanza la terminación para faena y la madurez con elevados pesos vivos. La tasa de ganancia es usualmente más alta en ganado con mayor estructura corporal. No obstante, diferencias en tasa y eficiencia de ganancia existen en ganado de tamaño similar.

A continuación se muestra un cuadro de doble entrada para puntaje de estructura corporal (frame score) para machos enteros. Los valores dentro de la tabla están expresados en centímetros.

Cuadro No. 8. Cuadro para puntaje de estructura corporal (frame score) para machos enteros

Edad en meses	Frame Score								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	84,8	89,9	95,1	100,2	105,4	110,5	115,7	120,8	126,0
6	88,1	93,2	98,3	103,5	108,6	113,8	118,9	124,1	129,2
7	91,2	96,3	101,4	106,6	111,7	116,8	122,0	127,1	132,2
8	94,1	99,2	104,3	109,4	114,6	119,7	124,8	129,9	135,1
9	96,8	101,9	107,0	112,1	117,2	122,4	127,5	132,6	137,7
10	99,3	104,4	109,5	114,6	119,7	124,8	129,9	135,0	140,1
11	101,7	106,8	111,8	116,9	122,0	127,1	132,2	137,3	142,4
12	103,8	108,9	114,0	119,1	124,1	129,2	134,3	139,4	144,5
13	105,8	110,9	115,9	121,0	126,1	131,1	136,2	141,3	146,4
14	107,6	112,6	117,7	122,7	127,8	132,9	137,9	143,0	148,1
15	109,2	114,2	119,3	124,3	129,4	134,4	139,5	144,5	149,6
16	110,6	115,6	120,7	125,7	130,7	135,8	140,8	145,9	150,9
17	111,8	116,8	121,9	126,9	131,9	137,0	142,0	147,0	152,1
18	112,9	117,9	122,9	127,9	132,9	138,0	143,0	148,0	153,0
19	113,7	118,7	123,8	128,8	133,8	138,8	143,8	148,8	153,8
20	114,4	119,4	124,4	129,4	134,4	139,4	144,4	149,4	154,4
21	114,9	119,9	124,9	129,9	134,9	139,9	144,9	149,9	154,9

Fuente: tomado de Bavera (2005).

F. MODELOS DE CRECIMIENTO

El crecimiento animal es un aspecto importante al momento de evaluar la productividad en las explotaciones dedicadas a la producción de carne, además de ser usado como criterio de selección. Hay que tener en cuenta que el crecimiento no depende solo de factores genéticos sino que también a efectos ambientales (Gómez et al., 2008).

Los datos generados durante el crecimiento de los animales, requieren del uso de modelos matemáticos que permiten representarlos, de tal modo que se obtenga un buen ajuste y que los parámetros representados muestren características del crecimiento. Dichos modelos pueden ser lineales o no lineales, eligiéndose por facilidad de ajuste e interpretación biológica. Los biólogos estudian los modelos de crecimiento de Gompertz, Richards, Logístico y Brody, porque tienen un sentido biológico; estos son modelos que se obtienen a partir de consideraciones sobre la forma del crecimiento (Trinidad, 2014).

1. Lineales

Función lineal: $f(x) = a + bx$

Función cuadrática: $f(x) = a + bx + cx^2$

Funciones polinómicas: $f(x) = a_0 + a_1x + a_1x^2 + a_1x^3 \dots + a_nx^n$

Los componentes de los modelos lineales utilizados son:

- $f(x)$ = Peso vivo del animal
- a = Peso a la edad 0
- b, c, \dots, z = Coeficientes de regresión
- x = Edad del animal

a. Función lineal

Una función lineal es una función polinómica de primer grado; es decir, una función cuya representación en el plano cartesiano es una línea recta. Donde “a” y “b” son constantes reales y x es una variable real. La constante “a” es la pendiente de la recta, y “b” es el punto de corte de la recta con el eje y. Si se modifica “a” entonces se modifica la inclinación de la recta, y si se modifica “b”, entonces la línea se desplazará hacia arriba o hacia abajo.

b. Función cuadrática

Es una función polinómica de segundo grado, siendo su gráfica una parábola. Se puede construir una parábola a partir de estos puntos: Vértice; Puntos de corte con el eje OX y punto de corte con el eje OY.

c. Funciones polinómicas

Las funciones polinómicas vienen definidas por un polinomio. Su dominio es: \mathbb{R} , por lo tanto, cualquier número real tiene imagen (Figuroa, 2014).

2. No lineales

$$\begin{aligned} \Psi &= \beta_0 \varepsilon^{-\beta_1 \varepsilon^{-\beta_2 t}} && \text{Gompertz} \\ \Psi &= \beta_0 (1 - \beta_1 \varepsilon^{-\beta_2 t}) && \text{Brody} \\ \Psi &= \beta_0 (1 - \beta_1 \varepsilon^{-\beta_2 t})^\mu && \text{Richards} \end{aligned}$$

Dónde:

- “Y” representa el peso
- “ β_0 ” es el peso asintótico cuando “t” tiende a infinito, generalmente es interpretado como porcentaje de madurez con respecto al peso adulto
- “ β_1 ” es un parámetro de ajuste cuando “Y \neq 0” o “t \neq 0”
- “ β_2 ” es un índice de madurez expresado como una proporción de porcentaje del máximo crecimiento con respecto al peso adulto del animal

a. Modelo de Gompertz

El modelo de Gompertz es usado para la descripción de fenómenos biológicos asociados al crecimiento. La correspondiente curva de crecimiento es una sigmoideal, con un punto de inflexión, el cual corresponde a la máxima tasa de crecimiento con la edad y una asíntota. Por lo tanto este modelo, asume que la tasa de crecimiento postnatal se incrementa monótonicamente (denominada fase lag) hasta cuando alcanza un máximo y después decrece en forma monótona asintóticamente (Casas et al., 2010).

b. Modelo de Brody

La ecuación diferencial de Brody considera que la velocidad de crecimiento en peso es proporcional al crecimiento que falta para llegar al peso máximo, se tiene: $\Psi' = \beta_2(\beta_0 - \Psi t)$, al integrarla se obtiene el modelo Brody.

El análisis cualitativo y la obtención del modelo de Brody se realizan de manera similar que el modelo de Bertalanffy (Trinidad, 2014).

c. Modelo de Richards

El modelo de crecimiento propuesto por Richards tiene su origen en procesos biológicos de crecimiento, contiene cuatro parámetros, representados por la función mostrada anteriormente.

Según Trinidad (2014) la curva de Richards representada por un gráfico muestra un comportamiento crecientes en etapas tempranas acompañado de un crecimiento marginal decreciente antes de la madurez y puede ser similar a la curva del modelo Gompertz, todo depende de la manera como se presentan las observaciones en el tiempo.

G. HIPÓTESIS

- Las curvas no lineales son las que mejor se ajustan al crecimiento animal.
- Los caracteres morfométricos se encuentran dentro de los rangos normales para la edad y peso en estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN

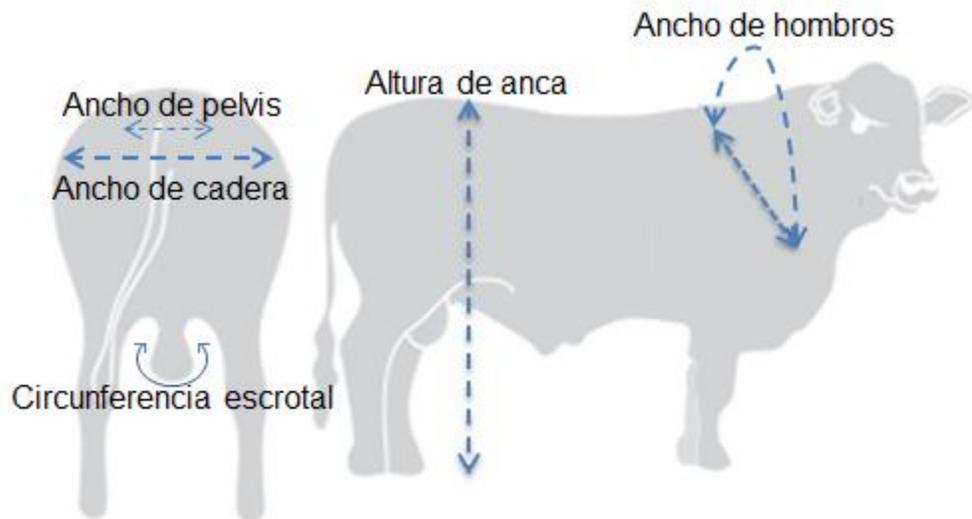
El presente trabajo comenzó en diciembre del 2016 con la primera visita al establecimiento, Cabaña el Oriental, ubicada en el departamento de Soriano, entrando por un camino de tierra sobre la ruta 2 a 6 km de la ciudad de Mercedes.

B. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

La metodología que se utilizó para evaluar las características morfológicas de la raza Wagyu creciendo en sistemas pastoriles, consistió en la cuantificación de algunas medidas zoométricas, pretendiendo conocer las capacidades productivas de la raza. Estas medidas fueron: peso, circunferencia escrotal, altura del anca, ancho de cadera, ancho de pecho, ancho de pelvis y grasa subcutánea.

En la figura siguiente se muestra un esquema de la ubicación de las medidas que se mencionan en este segmento del trabajo.

Figura No. 2. Ubicación de las medidas morfométricas.



Además de los datos recolectados, se trabajó con el banco de datos de los toros de la cabaña.

Se midieron once toros nacidos entre julio y octubre de 2015, los mismos fueron manejados en base a sistemas pastoriles típicos del Uruguay. Dichas medidas se realizaron aproximadamente a los 15 y 18 meses de edad de los animales.

Las mediciones se realizaron de forma ordenada, sin cambiar la persona que realizaba la medición, de manera de disminuir el error. En un principio se hacía pasar el toro al brete con balanza y cepo, se identificaba el animal con la caravana ubicada en la oreja y se pesaba, luego se medía la altura al anca con un bastón métrico, en tercer lugar utilizando un calibrador corredizo que delimitaba las anchuras se medía en tres lugares, cadera pecho y pelvis. Luego se medía la circunferencia escrotal utilizando un escrotímetro. Por último se determinaba en el lado izquierdo del animal, en el espacio comprendido entre la 12 y 13 costilla, la grasa subcutánea mediante imágenes tomadas por un ecógrafo.

Los datos se iban anotando en el momento en una planilla a campo. Luego se procesaron los datos en formato electrónico Excel 2010, individualizando cada medición con la fecha en que se realizó la misma y la edad del animal. Una vez tenidos los datos, se ordenaron para su análisis matemático.

El peso vivo de los animales fue ajustado según las curvas lineal y cuadrática, así como modelos no lineales: logarítmico, Gompertz, Brody (Monomolecular) y Richards.

Se utilizaron 7 mediciones para cada uno de los 11 toros disponibles, desde el nacimiento, hasta los 18 meses de edad aproximadamente, acumulando un total de 77.

Los datos ordenados se procesaron en el programa Infostat (versión 2017), modelando las diferentes funciones previamente descritas. Una vez obtenido cada modelo, se compararon los coeficientes de ajuste (r^2). Los modelos elegidos fueron aquellos que presentaron mayores coeficientes de ajuste.

Para las mediciones morfométricas, se contó con dos mediciones, a los 15 y a los 18 meses de edad, por lo que, en este caso analiza la evolución de los mismos en dicho rango de edades.

C. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

1. Escrotímetro

Esta herramienta es una cinta métrica flexible y se utiliza para la medición del escroto (o cálculo de Biometría testicular) de los toros. Su unidad es en centímetros.

2. Compás de brocas

Está formado por dos brazos curvos hacia adentro terminados en forma de botón, y articulados por un tornillo. En uno de ellos lleva un arco fijo graduado en centímetros, que se desliza por una abertura adosada al arco. Se utiliza para medir anchos de pecho, pelvis y cadera.

3. Ecógrafo

Es un aparato que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para generar secuencias de imágenes de órganos y formaciones dentro del cuerpo. En el caso de este trabajo se utilizó para medir el espesor (en milímetros) de grasa subcutánea.

4. Brete de metal con balanza y cepo

Lugar físico en el cual se encerraba individualmente cada toro para realizar sus respectivas mediciones.

5. Bastón hipométrico

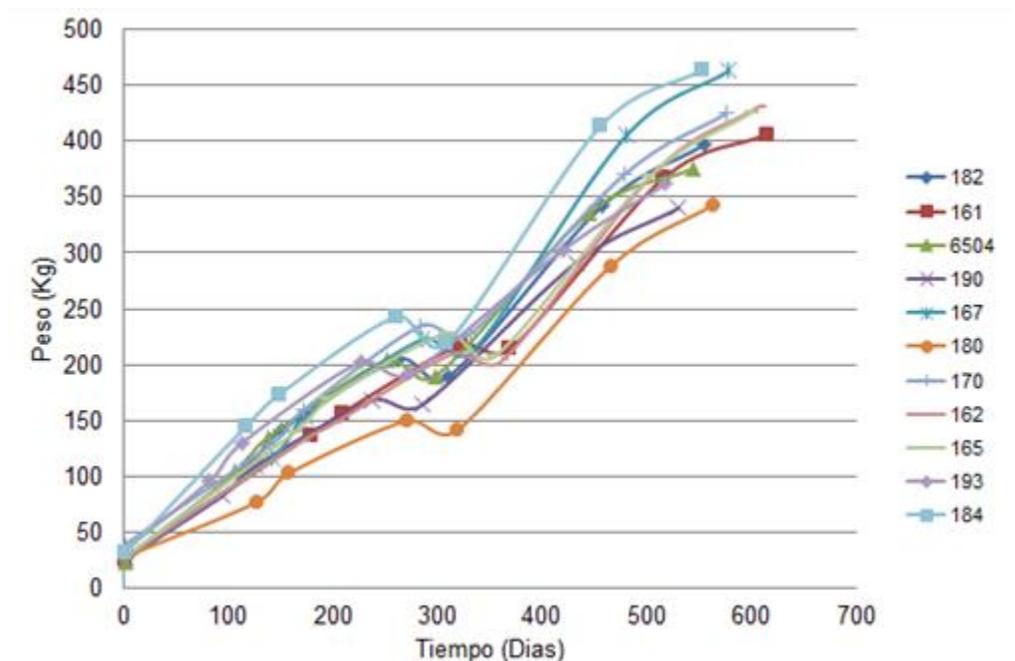
Es un bastón metálico con un brazo movable, el cual se apoya en el anca del animal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. PESO VIVO

En la siguiente figura se presenta la evolución de peso vivo individual en kilogramos de los toros Wagyu desde su nacimiento hasta los 18 meses de edad.

Figura No. 3. Evolución de peso vivo de toros Wagyu desde el nacimiento hasta los 18 meses de edad



Se observa que al nacer, los toros en general parecen tener pesos similares cuando se comparó el animal de mayor y el de menor peso, siendo la diferencia de 13 kg. Pero si se relativiza este valor con el peso promedio al nacer, la variación entre dichos animales es de 45%, por lo tanto la misma es de mayor magnitud.

Aproximadamente a los 100 días de vida de los animales, se observan ganancias diarias de peso crecientes para todos los individuos, esta tendencia es constante básicamente durante todo el período de análisis, aunque presentan fluctuaciones variadas entre los animales. A partir de los 200 días, dichas variaciones son cada vez mayores hasta los 300 días del nacimiento aproximadamente. Durante su primer invierno pierden peso o se mantienen,

pero no se observan ganancias. Esto es debido a dos factores, por un lado a la estación del año en la que se encontraban los animales (Invierno), por otro lado a que la medición del 2 de agosto de 2016 (315 días aproximadamente) se realiza con los toros desbastados - en ayuno previo a la medición -, lo que quiere decir que esos pesos están por debajo de las demás mediciones en un 5-7 % del peso vivo.

Para la siguiente medición los animales recuperan peso significativamente compensando lo perdido durante el invierno, con diferente respuesta entre los animales. La tendencia creciente de ganancia diaria continúa con diferencias hasta el peso final analizado a los 600 días. En ese momento esta diferencia es de aproximadamente de 100 kg entre el toro más pesado y el más liviano, lo que representa un 24% del peso promedio. Entonces la variación es mayor en kilogramos, pero relativizada con el peso promedio es menor, es decir que ocurre lo contrario que al inicio de las mediciones.

El fenotipo es el resultado de la genética de cada individuo y su interacción con el ambiente de producción (Bourdon et al., 1997). Cuando los animales son criados en las mismas condiciones ambientales, las diferencias encontradas se atribuyen a sus diferencias genéticas, estas pueden ser de origen materno y/o paterno.

Los animales con mayor y menor peso al nacimiento (39 y 24 kg respectivamente), son hijos del padre WPI 0053. Por lo tanto la diferencia de estos animales es atribuible mayormente a efectos de la madre. Pero si se toman los animales con mayor y menor peso a los 600 días de vida, con un peso de 464 y 340 kg respectivamente se observa que ambos son hijos de distinto padre, el más pesado es hijo del toro WPI 0053 mientras que el de menor peso corresponde al padre WPI 0088, por lo tanto los factores que intervinieron en la ganancia de peso no pueden atribuirse solo a la madre.

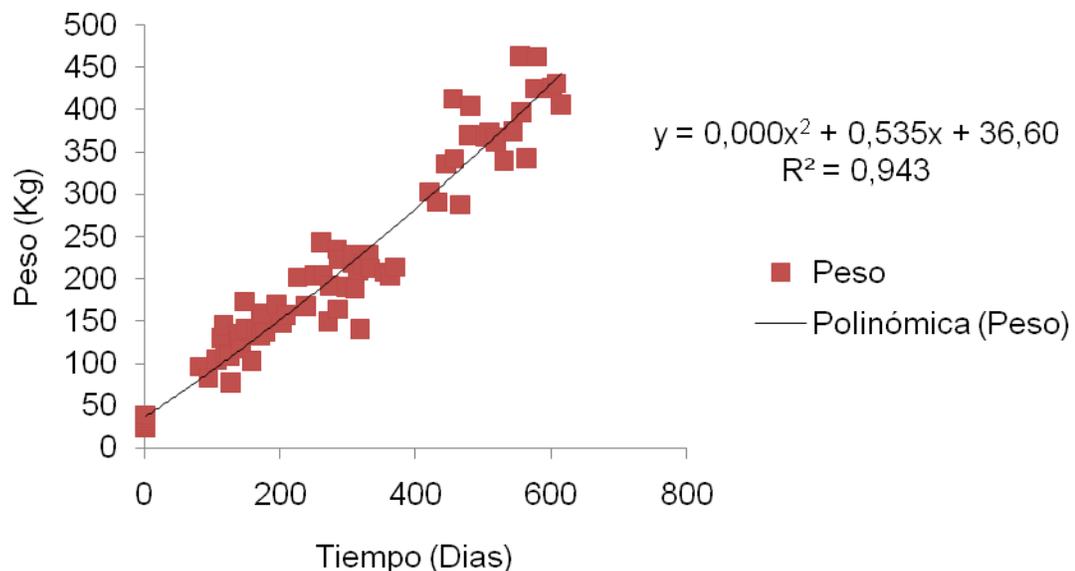
En el siguiente cuadro se observa el listado de los 11 toros con sus respectivos padres y pesos en las mediciones realizadas.

Cuadro No. 9. Listado de los 11 toritos evaluados con sus respectivos padres y pesos en las mediciones realizadas

Padre	Caravana	Fecha de Medición						
		Nacer	21/01/2016	22/02/2016	15/06/2016	02/08/2016	29/12/2016	07/04/2017
WPI 0053	6504	24	104	135	204	190	336	375
McArthur	161	25	137	157	218	214	367	406
WPI 0088	190	26	82,5	109	168	164	291	340
WPI 0088	167	27	117	153	223	212	405	463
WPI 0053	182	27	111	141	205	189	342	397
WPI 0088	180	28	77	103	150	141	288	343
Tokyo	165	28	140	169	228	208	368	426
Tokyo	162	28	132	148	210	204	374	431
WPI 0053	184	31	145	173	243	219	413	464
WPI 0053	193	34	96	130	202	192	303	362
WPI 0053	170	39	128	159	235	228	370	425

A continuación se analiza la evolución de peso vivo para toros, desde su nacimiento hasta los 18 meses de edad como se observa en la siguiente figura.

Figura No. 4. Evolución del peso vivo de toros Wagyu de la Cabaña el Oriental desde el nacimiento hasta los 18 meses de edad



De los modelos evaluados, los dos que mejor se ajustaron fueron los modelos lineales (lineal, cuadrático y logístico), con un r^2 de 0.94. Por su parte, los modelos no lineales presentaron menores r^2 , siendo los más altos de ellos

los de Gompertz y Richards, con un r^2 de 0.92. Mientras que para Brody dicho valor fue el más bajo (0.88).

En este modelo (cuadrático) se obtiene una ganancia diaria promedio de peso vivo de 0.535 kg. Si se compara este dato, con los obtenidos en la revisión bibliográfica, que son ganancias de pesos de razas tradicionales de Uruguay, como por ejemplo Hereford y Angus y su respectiva cruce, se observa que la raza Wagyu obtiene menores ganancias medias que las reportadas por Rogberg (2006), que reportó ganancias de 0.6 kg diarios. Sin embargo, al compararlas con los resultados publicados por Bistolfi et al. (2014), se tienen tasas de ganancias similares, con 0.544 kg/día para el promedio de terneros machos Hereford y Angus, desde nacimiento hasta edad de faena.

En el siguiente cuadro se observan los valores de r^2 obtenidos por todos los modelos evaluados.

Cuadro No. 10. Coeficientes de determinación de diferentes modelos matemáticos utilizados para describir la evolución de peso vivo de toritos en crecimiento de la raza Wagyu

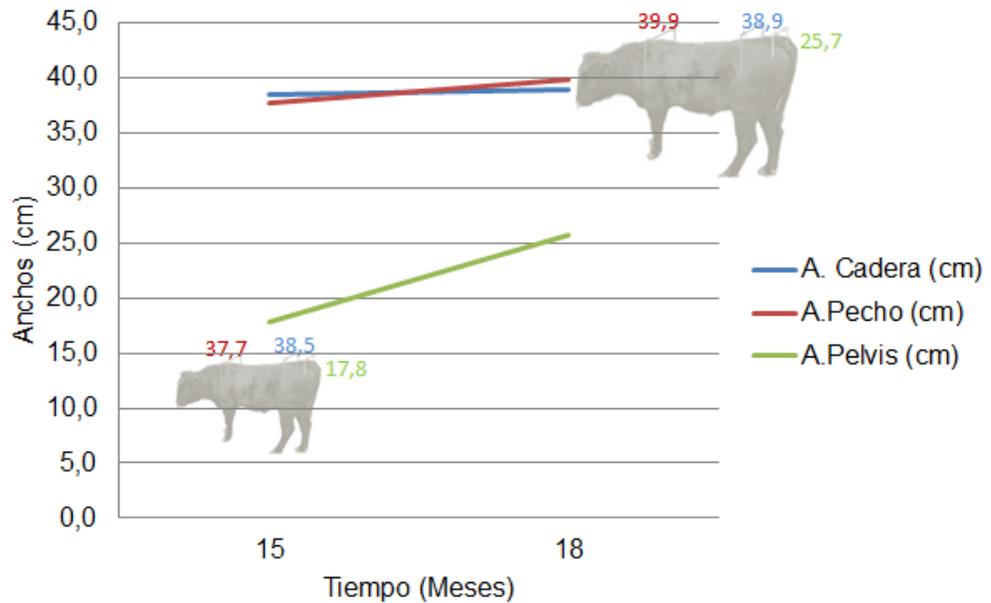
Modelo matemático	r^2
Lineal	0,94
Cuadrático	0,94
Logístico	0,94
Gompertz	0,92
Richards	0,92
Brody	0,88

B. ANCHO DE PECHO, CADERA Y PELVIS

Para estas medidas se cuenta únicamente con dos momentos de medición. No es frecuente realizar determinaciones de estos parámetros en Uruguay, y menos aún para la raza en estudio. Debido a esto, el abordaje de estas características fue meramente descriptivo.

En la siguiente figura se muestra la evolución de los anchos de pecho, cadera y pelvis en dos etapas del crecimiento de los animales: 15 y 18 meses de edad.

Figura No. 5. Evolución promedio del ancho de pecho, cadera y pelvis en centímetros a los 15 y 18 meses de edad



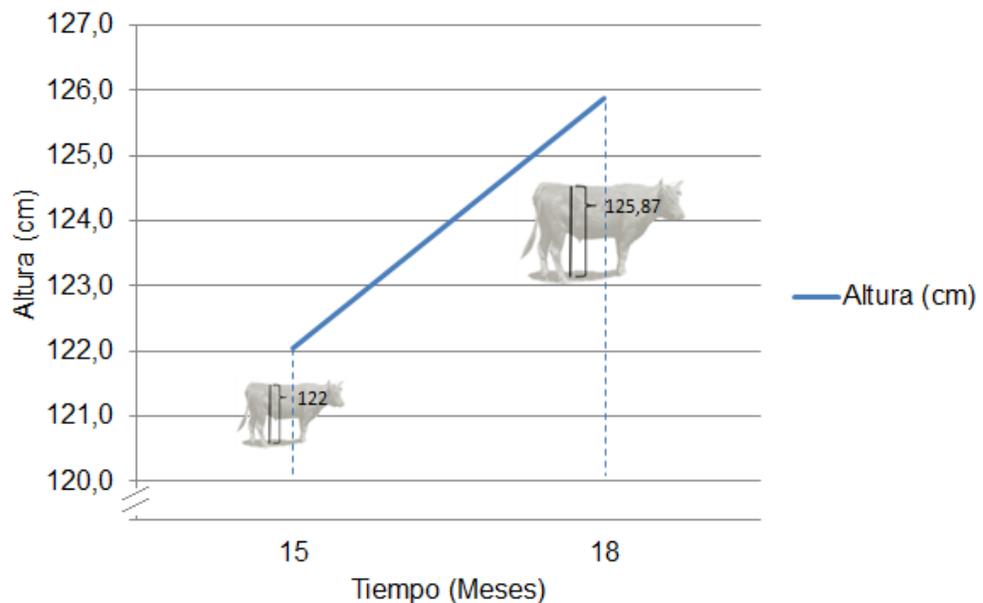
Las mediciones se realizaron aproximadamente a los 15 y a los 18 meses de vida del animal, que se corresponden con 471 y 569 días respectivamente.

Tanto el ancho de pecho como el de cadera varían muy poco entre las dos mediciones, mientras que el ancho de pelvis aumenta en mayor medida, la gráfica muestra una mayor inclinación para este parámetro.

C. ALTURA DE ANCA

En la siguiente figura se muestra la evolución promedio de la altura en centímetros del anca para los 15 y 18 meses de edad.

Figura No. 6. Evolución promedio de la altura en centímetros a los 15 y 18 meses de edad



En la primera medición a los 15 meses de edad, la altura promedio de los once toros fue de 122 cm, mientras que para los 18 meses la altura muestreada fue de 125,9 cm. Por lo tanto, se observa un aumento en altura de 3.87 cm a lo largo de 98 días. Se relacionó la altura de anca con la edad de los toritos en crecimiento para determinar el frame, utilizando una tabla obtenida en un trabajo de Bavera (2005). La misma se presentó en revisión bibliográfica. Según las alturas promedios que se obtuvieron en las mediciones a los 15 y 18 meses de edad de los toritos, dichas medidas de altura arrojan un frame score de 4. Los puntajes de frame se pueden separar en 3 grupos, los animales de estructura chica (de 1 a 3), de estructura media (de 4 a 6) y de estructura grande (de 7 a 9). Los animales de estructura pequeña son de patas cortas, cuerpo corto, alcanzan la madurez y deposición de grasa a edad temprana. Los costos de mantenimiento son bajos. Mientras que los de estructura grande son animales con grandes dimensiones corporales, huesos largos, alcanzan la madurez y la deposición de grasa a mayor edad. Son los de mayor capacidad

de crecimiento pero los de mayores costos de mantenimiento. La raza en estudio se puede identificar en el grupo de estructura media, es decir con mayores dimensiones que las razas tradicionales de Uruguay (Angus y Hereford). Se puede afirmar que alcanzan la madurez más tarde que dichas razas, por lo tanto mayor tiempo para su terminación.

A continuación se presenta un cuadro en el cual se comparan datos de los toros Wagyu en estudio, usando la medida a los 15 meses, de manera que las edades sean lo más similar posible, con el trabajo realizado en México por Sánchez (2017) en donde se caracteriza a toros Angus de 12 meses de edad, entre 350 y 400 kg de peso vivo.

Cuadro No. 11. Cuadro comparativo de las distintas medidas morfométricas para toros de la raza Aberdeen Angus de 12 meses de edad y toros de la raza Wagyu de 15 meses de edad

Medida morfométrica	Angus 12 meses			Wagyu 15 meses		
	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo
Altura de cadera (cm)	122,04	115	129	122,00	114,6	130
Ancho de hombros(cm)	47,03	38,86	52,86	37,73	34,5	40
Ancho de caderas (cm)	47,63	39,37	53,88	38,45	34	42
Ancho de pelvis (cm)	---	---	---	17,82	16,5	19

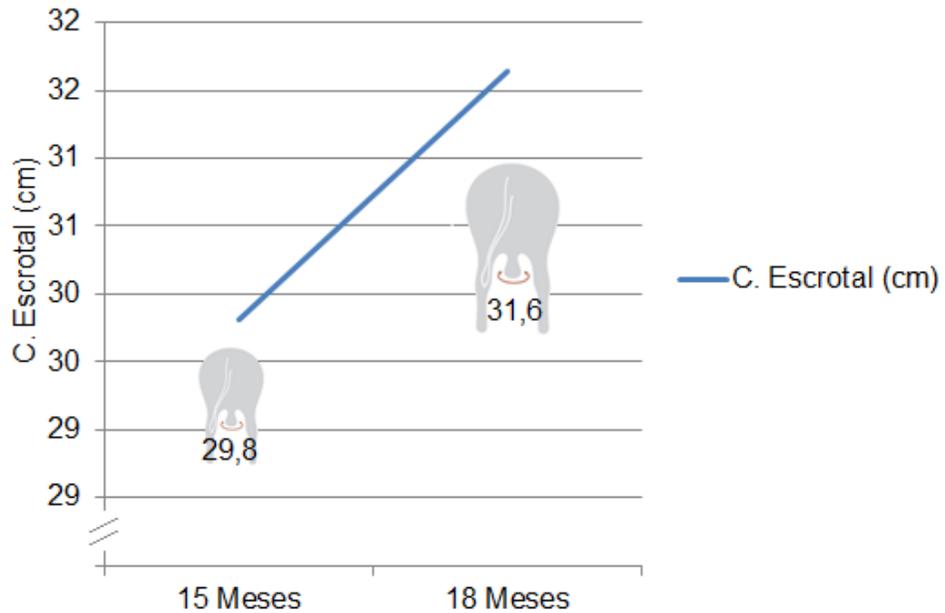
Comparando la altura de anca, no se observan diferencias entre las dos razas. Es importante tener en cuenta que los toros Angus tienen 3 meses menos de edad. También son similares el mínimo y el máximo para esta característica. Sin embargo para las restantes medidas no hay concordancia para las dos razas, tanto en la media como en el mínimo y el máximo. Esto da una tendencia de la raza Wagyu a tener menor ancho de hombros y caderas que la Angus en el peso al cual se compara, bajo condiciones de pastoreo.

Además, comparando datos de ancho de hombro con ancho de cadera, se observa que no hay diferencias dentro de cada raza, lo que concuerda con lo consultado en la bibliografía. Esto quiere decir que son animales con buena conformación y dotes de masculinidad.

D. CIRCUNFERENCIA ESCROTAL

En la siguiente figura se muestra la evolución promedio de la circunferencia escrotal en las dos mediciones, a los 15 y 18 meses.

Figura No. 7. Evolución promedio de la circunferencia escrotal en centímetros a los 15 y 18 meses de edad



En la Figura se muestra la evolución medida en centímetros de la circunferencia escrotal, para dos períodos de tiempo, en donde se observa un aumento de la misma en el período comprendido entre los 15 y 18 meses de 1,8 cm en promedio para los once datos de los toros que se midieron.

Para tener una referencia de los datos recabados, se compara con la información obtenida en la bibliografía.

El siguiente cuadro comparativo muestra los datos publicados por Sosa (1997) de mediciones de toros Wagyu y la mínima circunferencia escrotal establecida por la Society of Theriogenology.

Cuadro No. 12. Cuadro comparativo de la circunferencia escrotal

Tiempo (Meses)	Circunferencias escrotales mínimas (SC) establecidas por la Society of Theriogenology	Scrotal Circumferences Medido en Wagyu Bulls	Circunferencias escrotales (cm)Wagyu Cabaña el Oriental
15-17	31	32	30
18-20	32	33	32

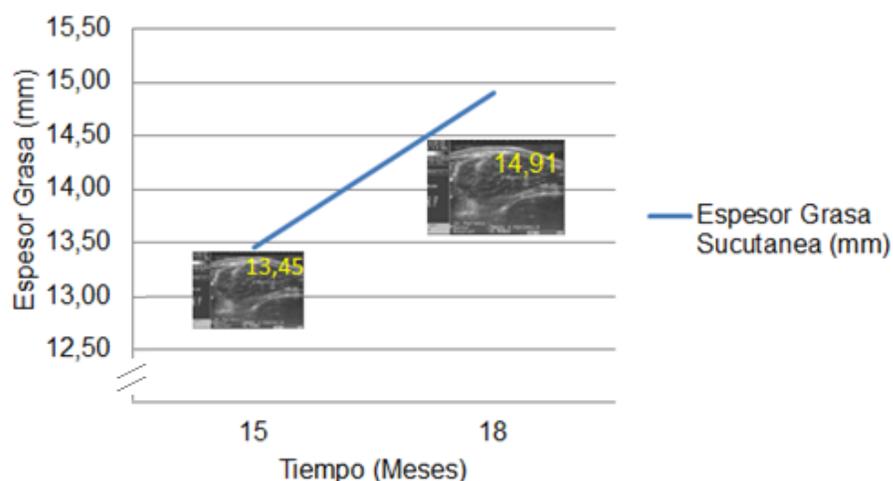
Si se observa la medición a los 15 meses, los toros de la Cabaña el Oriental presentan menor circunferencia escrotal que la mínima establecida por la Society of Theriogenology. Lo mismo ocurre con los datos obtenidos por Sosa (1997). Hay que resaltar que el dato de la Cabaña el Oriental es la medida de los 15 meses exactos, y no un promedio entre los 15 y 17 meses como lo son los datos de la bibliografía, esto también ocurre con el dato de 18-20 meses. La circunferencia escrotal a los 18 meses se encuentra por debajo de los datos obtenidos por Sosa (1997) pero se corresponde con la mínima establecida. Sosa no describe el sistema de alimentación de los animales en estudio, pero se supone sea en condiciones de confinamiento, que es como se cría la raza en el mundo y el trabajo se realizó en Estados Unidos, a diferencia de los toritos de este trabajo, que como ya se mencionó, se criaron bajo condiciones de sistema pastoril, esto puede influir en las diferencias encontradas.

Este examen de solidez reproductiva de la Society of Theriogenology es aplicable para razas de ganado europeo y no necesariamente para Wagyu, por lo tanto, a pesar de que los toros en estudio no superan esta mínima circunferencia, igualmente se ha observado que tienen muy buena calidad de semen, excelente fertilidad y alcanzan la pubertad a edades tempranas.

E. GRASA SUBCUTÁNEA

A continuación se presenta la evolución promedio en cm de grasa subcutánea para los 11 toros en estudio, en dos etapas del crecimiento.

Figura No. 8. Evolución promedio de la grasa subcutánea en milímetros a los 15 y 18 meses de edad



Como se observa en la figura, el espesor de grasa subcutánea aumenta 1,5 cm entre los 15 y 18 meses.

Los datos encontrados en la bibliografía consultada, reportan mayores espesores de grasa, pero las diferencias se explican por varios motivos. El primero y más importante podría deberse a la edad de los animales, ya que los toros en estudio tienen entre 15 y 18 meses, mientras que los toros estudiados por Arakawa (2009), Kahi (2014) y tienen 2 años. Otro motivo de las diferencias encontradas, y no menos importante, es que los toros de la Cabaña el Oriental están bajo pastoreo a diferencia de los citados en la revisión bibliográfica, que estuvieron 470 días en confinamiento. Por último, la metodología de medición también difiere, ya que los autores de esta tesis miden la grasa subcutánea mediante ultra sonido, y en los trabajos citados los datos obtenidos son post mortem, a través de la canal.

F. IMPLICANCIAS

Como consideraciones generales, se quiere destacar la importancia de contar con este tipo de datos recabados y las comparaciones con materiales bibliográficos, ya que son necesarios para un primer paso en la caracterización de la raza Wagyu en sistemas pastoriles en el Uruguay.

Teniendo en cuenta que el sistema de producción de esta raza en el resto del mundo se realiza bajo distintas condiciones - confinamiento -, que se introdujo al país hace poco tiempo y se carece de información productiva, es necesario contar con la información obtenida en este trabajo. Ya que las características que brinda la raza, principalmente el veteado de la carne puede ser un atractivo para nuevos sistemas de producción, en donde se obtenga un producto de mayor calidad para colocar en el mercado internacional y lograr un precio diferencial, generando nuevas oportunidades y opciones de negocios para el sector ganadero, además de facilitar la correcta valorización de los toros a las cabañas de la raza Wagyu.

Para describir y predecir la evolución de peso, las curvas analizadas que presentaron alto grado de ajuste fueron los modelos lineales, tanto el lineal como el polinómico de segundo grado. Estos modelos carecen de interpretación biológica, por lo que sería necesario considerar el período de tiempo y el tamaño de la población en estudio, a modo de obtener una conclusión más

acertada ya que las mediciones realizadas fueron pocas, lo que aumenta el error de los modelos aplicados.

Para mejorar la precisión de los resultados obtenidos, habría que realizar un estudio con mayor número de animales, mayor cantidad de mediciones, con menor lapso de tiempo entre las mismas.

Los crecimientos que se observaron en este trabajo, se pueden calificar como buenos, ya que son similares a los de razas tradicionales, además hay que tener en cuenta que los animales de la raza Wagyu son de mayor tamaño que Angus y Hereford, esto implica mayor costo de mantenimiento.

V. CONCLUSIONES

Es posible describir el crecimiento de machos enteros de la raza Wagyu desde su nacimiento hasta los 18 meses de edad. Las curvas que más se ajustaron al crecimiento fueron la lineal y la cuadrática, presentando igual R^2 entre ellas (0.94). Esto no concuerda con la hipótesis planteada, en la cual se esperaba un mejor ajuste para el crecimiento de los modelos no lineales. El motivo de que los resultados analizados no coincidan con la hipótesis puede tener varias causas. En primer lugar a que el análisis de los animales se realizó hasta los 18 meses de edad, y no hasta su terminación, donde las ganancias diarias disminuyen por mayor costo energético por kg depositado. Otro de los motivos podría ser el bajo número de animales con los que se trabajó, ya que se analizaron 11 animales con 7 mediciones cada uno, lo que genera un total de 77 datos.

Los caracteres morfométricos evolucionaron con la edad del animal dentro de los parámetros esperados para la raza en estudio. Los parámetros esperados se tomaron de estudios de la raza en otros países, para animales de similar peso y edad, difiriendo la categoría, y en un caso se tomaron datos de otras razas existentes en el país para tener una referencia, y se obtuvieron datos similares.

VI. RESUMEN

La introducción de la raza Wagyu en Sudamérica ocurrió en el año 2000 aproximadamente en países como Chile, Brasil y Uruguay. En el año 2005 la cabaña El Oriental perteneciente a la familia Rogber importa genética Wagyu y son los primeros en registrar animales puros en la ARU. Con el tiempo las estrategias fueron cambiando e incorporando nuevas ideas con el objetivo de avanzar en los distintos eslabones de la cadena, primero con las tecnologías reproductivas, la cría y recria para finalmente lograr un convenio de capitalización con la empresa MARFRIG. Este trabajo tuvo el objetivo de caracterizar el crecimiento de la raza Wagyu en sistemas pastoriles en el litoral oeste en Uruguay así como describir caracteres morfológicos de la misma, como lo son circunferencia escrotal, ancho de pecho, ancho de cadera, ancho de pelvis, altura de anca y grasa subcutánea. Se contó con 7 medidas por animal para la evolución del peso vivo desde el nacimiento hasta los 18 meses de edad. Mientras que para el resto de los caracteres se obtuvieron dos medidas, a los 15 y a los 18 meses. Las curvas de crecimiento fueron descritas mediante los modelos lineales y no lineales a través del programa Infostat (versión 2017), ajustándose mejor para este caso los lineales con un R^2 de 0,94 para los modelos lineal, cuadrático y logístico. Las medidas promedio de los 11 toros a los 18 meses para los diferentes caracteres son las siguientes: peso vivo 402 kg, altura de anca 125,9 cm, ancho de pecho cadera y pelvis 39.9, 38.9 y 25.7 cm respectivamente y la grasa subcutánea de 14.91 mm. Dichos valores están dentro del rango esperable para animales de esa edad y ese peso.

Palabras clave: Caracteres morfológicos; Wagyu; Peso vivo; Circunferencia escrotal; Ancho de pecho; Ancho de cadera; Ancho de pelvis; Altura de anca; Grasa subcutánea.

VII. SUMMARY

The introduction of the Wagyu race in South America occurred in the year 2000 approximately in countries such as Chile, Brazil and Uruguay. In 2005, the “cabaña El Oriental” belonging to the Rogber family imports Wagyu genetics and they are the first to register pure animals in the ARU. Over time the strategies were changing and incorporating new ideas with the aim of advancing in the different links of the chain, first with reproductive technologies, breeding and rearing to finally achieve a capitalization agreement with the company MARFRIG. This work had the objective of characterizing the growth of the wagyu race in pastoral systems in the western littoral in Uruguay as well as describing morphological characters of the same, such as scrotal circumference, chest width, hip width, pelvic width, height of anca and subcutaneous fat. There were 7 measurements per animal for the evolution of live weight from birth to 18 months of age. For the rest of the characters, two measurements were obtained at 15 and 18 months. The growth curves were described by linear and nonlinear models through the infostat program (version 2017), linear ones with an R^2 of 0.94 being better adjusted for linear, quadratic and logistic models. The average measurements of the 11 bulls at 18 months for the different characters are as follows: live weight 402 kg, height of chest 125.9 cm, chest width hip and pelvis 39.9, 38.9 and 25.7 cm respectively and the subcutaneous fat of 14.91 mm. These values are within the expected range for animals of that age and that weight.

Keywords: Morphological characters; Wagyu; Liveweight; Scrotal circumference; Breast width; Hip width; Pelvic width; Height of anca; Subcutaneous fat.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, M. 2016. Efecto de la castración sobre el crecimiento del animal, la calidad de la canal in vivo y el rendimiento post mortem de las razas Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagyu – Charbray, en un sistema estabulado en Guápiles, Pococí, Limón. Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. pp. 16-17.
2. Arakawa, A.; Iwaisaki, H.; Anada, K. 2009. A Bayesian approach to the Japanese black cattle carcass genetic evaluation. South African Society for Animal Science. 39 (1):77-80.
3. AWA (American Wagyu Association, US). What are Wagyu? (en línea). Moscow, Idaho. s.p. Consultado jul. 2018. Disponible en <http://wagyu.org/breed-info/what-is-wagyu/>
4. Bistolfi, M.; Direnna, N.; Fernández, S.; Moltini, P. 2014. Curvas de crecimiento en terneros de diferente genotipo desde el nacimiento hasta los dos años de edad. Tesis ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 28-30.
5. Bourdon, R. M. 1997. Understanding animal breeding. Upper Saddle River, NJ, USA, Prentice Hall. 523 p.
6. Cabaña el Oriental, UY. El origen de la raza. (en línea). Mercedes, Soriano, Uruguay. s.p. Consultado 27 jul. 2018. Disponible en <http://www.eloriental.com.uy/#!/-wagyu/>.
7. Casas, G.; Rodríguez, D.; Afanador, G. 2010. Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 23(3):349-358.
8. Charles, W.; Gearld, F. 2003. Reproduction and animal health. Austin, Texas, USA, Acres.p. 52.
9. Everett, L.; Mark, L. 1996. Carcass data on Wagyu bulls fed for the U.S. market. In: Wagyu Symposium (3rd, 1997, Pullman). Proceedings. Pullman, USA, Washington State University. pp. 101-104.

10. Figueroa, R. 2014. Matemáticas. Lic. en Ingeniería en Sistemas de la Información. Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza Oaxaca, México. Universidad Interamericana para el Desarrollo. pp. 11-13.
11. Gómez., A; Cerón, M.; Restrepo, L. 2008. Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 21: 39-58.
12. Kahi, A.; Oguni, T.; Sumio, Y.; Hirooka, H. 2014. Genetic relationships between growth and carcass traits and profitability in Japanese Brown cattle. Journal Animal Science. 85: 348-355.
13. 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: Wagyu Symposium (3rd., 1997, Pullman). Proceedings. Pullman, USA, Washington State University. pp. 39-43.
14. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 18. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario2017web01a.pdf>
15. Mir, P.; Bailey, D.; Jones, S.; Weselake, R.; Lozeman, F. 1997. Growth performance, carcass characteristics and tenderness of meat from beef cattle with Wagyu genetic influence. In: Wagyu Symposium (3rd, 1997, Pullman). Proceedings. Pullman, USA, Washington State University. pp. 105-114.
16. Namikawa, K. 1997. Breeding history of Japanese beef cattle and preservation of genetic resources as economic farm animals. In: Wagyu Symposium (3rd., 1997, Pullman). Proceedings. Pullman, USA. Washington State University. 27 p.
17. Poza, E. 2009 Estudio probabilístico de un modelo de difusión asociado a la curva de von Bertalanffy. Máster en Estadística Aplicada. Granada, España. Universidad de Granada. Departamento de Estadística e Investigación Operativa. pp. 3-7.
18. Rogberg, M. 2006. Heterosis y desempeño en características de

crecimiento en las razas Angus, Hereford y su cruce F1. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. p. 27.

19. Sánchez, M. 2017. Influencia de las mediciones lineales en las variables biométricas en toretes de la raza Angus del estado de Chihuahua – México. Tesis ing. Zootecnista. Riobamba, Ecuador. Red Ecuatoriana de Universidades para Investigación y Postgrados. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 51 p.
20. Sosa, J. s.f. Scrotal circumferences in Wagyu Bulls: a Survey. Pullman, Washinton State University. Animal Science Department. s.p.
21. Trinidad, A. 2014. Modelos de crecimiento en biología, su significado biológico y selección del modelo por su ajuste. Maestro en Ciencias Matemáticas Aplicadas e Industriales. México, D. F., México. Universidad. Autónoma Metropolitana. pp. 12-13.