

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN EN NOVILLOS WAGYU  
PUROS EN UN SISTEMA DE FEED LOT**

**por**

**Matías Nicolas ALZOGARAY IGUINI**  
**Juan Martín GÓMEZ MONTELONGO**  
**Facundo OLANO MEDERO**

**Trabajo final de grado presentado como  
uno de los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2024**

**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

---

Ing. Agr. (PhD) Ana C. Espasandin

Tribunal:

---

Ing. Agr. (PhD) Ana C. Espasandin

---

Lic. Biotec. (PhD) Mercedes García-Roche

---

Lic. Bioq. (PhD) Andres Rogberg

Fecha: 13 de junio de 2024

Estudiantes:

---

Matias Nicolas Alzogaray Iguini

---

Juan Martín Gómez Montelongo

---

Facundo Olano Medero

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra tutora, Ing. Agr. PhD. Ana C. Espasandin por guiarnos y acompañarnos en esta etapa.

A nuestros familiares y amigos por el apoyo constante a lo largo de toda la carrera.

Al Lic. Bioq. Andrés Rogberg y personal del establecimiento El Oriental, por estar a total disposición y brindar los medios para poder realizar la investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Objetivo general.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Eficiencia de conversión .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.1 Factores que afectan la eficiencia .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.2 Relación entre Eficiencia, consumo y ganancia diaria .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.3 Importancia de la eficiencia de conversión .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Efecto de la dominancia en el consumo.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Mecanismos de regulación de consumo en el corto plazo.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Uso de dietas lipídicas.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 La raza Wagyu.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5.1 Alimentación y dieta.....</b>	<b>19</b>
<b>3.5.2 Calidad de carne.....</b>	<b>20</b>
<b>3.6 Ganadería de precisión .....</b>	<b>21</b>
<b>3.6.1 Comportamiento individual.....</b>	<b>23</b>
<b>3.7 Hipótesis.....</b>	<b>23</b>
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Establecimiento y sistema de producción.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Equipos de medición y medidas .....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Animales.....</b>	<b>28</b>
<b>4.4 Diseño experimental.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5 Composición de la dieta.....</b>	<b>29</b>
<b>4.6 Variables calculadas .....</b>	<b>30</b>
<b>4.6.1 Estimación de consumo de materia seca .....</b>	<b>30</b>
<b>4.6.2 Ganancia de peso.....</b>	<b>30</b>
<b>4.6.3 Eficiencia de conversión .....</b>	<b>31</b>
<b>4.7 Análisis estadístico .....</b>	<b>31</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>

<b>5.1 Consumo.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2 Ganancia de peso .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3 Eficiencia de conversión .....</b>	<b>38</b>
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Tabla No.</b>	<b>Página</b>
Tabla 1. Ganancia media diaria obtenida desde el comienzo de la recría hasta el período experimental .....	28
Tabla 2. Composición de dietas suministradas en los cuatro tratamientos realizados.....	29
Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados y desvíos estándar para el consumo de MS de los tratamientos .....	33
Tabla 4. Comparación entre tratamientos de medias obtenidas en el consumo de materia seca (Kg).....	34
Tabla 5. Resultado ANAVA para tratamiento y período de tratamiento.....	35
Tabla 6. Medias de mínimos cuadrados para consumo de MS de los tratamientos durante ambos períodos .....	35
Tabla 7. Resultado de media de mínimos cuadrados para ganancia de peso, incluyendo el total de individuos.....	37
Tabla 8. Media de mínimos cuadrados para ganancia de peso, incluyendo únicamente individuos que tuvieron ganancia .....	37
Tabla 9. Ganancia media diaria de los cuatro tratamientos durante el período experimental .....	37
Tabla 10. Consumo medio, ganancia media diaria y eficiencia de conversión para los cuatro tratamientos .....	38
Tabla 11. Consumo medio, ganancia diaria ajustada y eficiencia de conversión para los cuatro tratamientos.....	39
Tabla 12. Consumo estimado y consumo durante el experimento de los cuatro tratamientos .....	41
Tabla 13. Consumo estimado y consumo durante el experimento de animales que perdieron peso .....	42
<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Instalaciones donde se llevó a cabo el estudio experimental .....	25
Figura 2. Animales alimentándose en comederos durante el período de acostumbramiento.....	26
Figura 3. Comedero inteligente Hook con capacidad para 100 Kg.....	27
Figura 4. Consumo diario promedio de materia seca (Kg) de novillos Wagyu con diferentes dietas .....	32

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue, evaluar el consumo y la eficiencia de conversión de novillos Wagyu puros ante el agregado de un componente lipídico en la dieta. La base de datos para dicho estudio fueron 32 animales pertenecientes a la cabaña “El Oriental”, ubicada en la ciudad de Mercedes, alimentados en base a dietas húmedas y secas. Para el estudio estadístico se realizaron análisis de varianza y pruebas de tukey, y los datos se analizaron utilizando los procedimientos MIXED y GLM del programa SAS. Los resultados obtenidos indican que hay diferencias individuales en el consumo cuando son alimentados con una misma dieta, explicado posiblemente por relaciones de dominancia. Asimismo, se constataron diferencias significativas en el consumo de alimento cuando los novillos presentan un cambio en la composición de la dieta. Por otra parte, no se logró concluir en relación a la eficiencia de conversión, debido a variabilidad de consumos y ganancias de peso.

*Palabras clave:* Wagyu, consumo de alimento, eficiencia de conversión, ganancia media diaria, Uruguay

## SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the consumption and conversion efficiency of pure Wagyu steers with the addition of a lipid component in the diet. The database for this study was 32 animals belonging to the “El Oriental” cabin, located in the city of Mercedes, fed based on wet and dry diets. For the statistical study, analysis of variance and Tukey tests were performed and the data were analyzed using the MIXED and GLM procedures of the SAS program. The results obtained indicate that there are individual differences in consumption when they are fed the same diet, possibly explained by dominance relationships. Likewise, significant differences were found in food consumption when the steers present a change in the composition of the diet. On the other hand, it was not possible to conclude in relation to the conversion efficiency due to variability in consumption and weight gains.

*Keywords:* Wagyu, feed intake, feed efficiency, daily weight gain, Uruguay



## 1. INTRODUCCIÓN

Las características climáticas y edáficas del Uruguay brindan condiciones propicias para el desarrollo de la ganadería en el país. Esto se contempla, en las exportaciones de carne bovina, siendo de un 25,9 % en el total de exportaciones del Uruguay para el año 2021 (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2022). Uno de los atributos que se destacan en la carne uruguaya es su alto nivel de calidad para poder cumplir con las exigencias de los distintos mercados internacionales.

En este sentido, trabajar con razas bovinas que permitan obtener carne de calidad, podría implicar un significativo crecimiento del país. En el caso de la raza japonesa Wagyu, presenta una característica determinante como lo es su alto nivel de marmoleado y su gran contenido de grasa intramuscular, lo que hace mejorar la terneza y la jugosidad, aumentando así su palatabilidad. Otra particularidad es su aroma característico, el cual proporciona una sensación dulce y grasosa (Motoyama et al., 2016). Por otra parte, resulta conveniente considerar las diferencias entre líneas genéticas. Trabajos nacionales de caracterización de esta raza verifican que los animales Wagyu puros presentan mayores niveles de marmoleo que se mantienen aún en las cruzas con Aberdeen Angus (Aramberri & Olano, 2022).

Para lograr las características específicas mencionadas de la raza, se deben manejar dietas específicas, basadas principalmente en altos aportes energéticos. Los largos encierros requeridos para estas dietas y el marmoleo de la carne de Wagyu hace pensar que los compuestos lipofílicos encargados del aroma y sabor pueden retenerse en mayor cantidad. Algunos alimentos poseen propiedades antioxidantes, de modo que los animales de la raza Wagyu alimentados con estos componentes podrían generar carne con propiedades nutraceuticas únicas, y así originar un producto diferencial, con agregado de valor y reducción de costos productivos (A. Espasandin, comunicación personal, abril, 2023).

Variaciones individuales, la medición de RFI y el potencial uso de una “nutrición de precisión”, generan grandes impactos en la producción de esta raza por sus elevados costos de producción. Por otro lado, el aprovechamiento de subproductos industriales y el empleo de una economía circular, hacen que se aumente de forma significativa la sostenibilidad de los procesos.

Por el hecho de que no existen trabajos evaluando dietas en la raza Wagyu en el Uruguay, resulta oportuno estudiar y generar conocimiento acerca de esto. Es por ello, que este trabajo final de grado tiene como objetivo evaluar las diferencias en consumo y eficiencia de conversión de animales Wagyu puros en dietas con y sin agregado de diversos subproductos de la industria de alimentos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el consumo y la eficiencia de conversión en novillos Wagyu puros en un sistema de confinamiento basados en dietas con y sin agregado de subproductos de la industria alimenticia.

### **2.2 Objetivos específicos**

En novillos Wagyu puros de 24 meses de edad:

- Comparar la ganancia de peso de animales puros en dietas con agregado, y sin agregado de subproductos, utilizado como control.
- Medir variaciones individuales dentro de cada dieta para la ganancia de peso, eficiencia de conversión y consumo.
- Evaluar el efecto de la dieta sobre la ganancia de peso, la eficiencia de conversión y el consumo.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Eficiencia de conversión**

El término de eficiencia de conversión (EC) hace referencia a cuanto alimento debe consumir el animal por unidad de ganancia de peso, esto es, cuánto produce un animal con el alimento que consume. A modo de ejemplo, una conversión 7:1, indica que se requieren 7 kg de alimento para lograr un kilogramo de ganancia de peso (Di Marco, 2006).

Según Carstens y Tedeschi (2006), existen diversos enfoques para definir a la eficiencia de conversión. Un primer enfoque, implica una relación de entradas y salidas, tomando como entradas la ingesta de energía digestible o metabolizable y como salidas el producto magro o canal. Según estos autores, un segundo enfoque, involucra la partición de las entradas de alimento en las porciones necesarias para apoyar los requerimientos de mantenimiento y crecimiento, siendo ejemplo de esto, la eficiencia de mantenimiento y la eficiencia parcial de crecimiento.

Para Carstens y Tedeschi (2006), un tercer enfoque para definir a la eficiencia de conversión, implica relacionar el peso y la tasa de crecimiento de un animal. Se utiliza una ecuación de regresión lineal fenotípica, calculada utilizando datos de consumo y rendimiento de un conjunto contemporáneo de animales, para así determinar el consumo de alimento esperado de un animal en función de su peso y tasa de crecimiento durante el período de la prueba. De acuerdo con Navajas (2021), la diferencia entre el consumo de alimento real y el consumo esperado, es lo que se denomina consumo residual de alimento (RFI). Aquellos animales que consumen menos alimento de lo esperado en función de su tamaño y tasa de crecimiento, serán los animales más eficientes y tendrán un RFI negativo. Por el contrario, los más ineficientes, consumirán más alimento de lo esperado y obtendrán un RFI positivo.

Un cuarto enfoque es mediante el uso de modelos matemáticos, selección asistida por modelos, para así identificar animales más eficientes. Existen fuertes correlaciones genéticas entre predicciones de materia seca individual requerida, predichas por modelos y consumos reales de alimento (Carstens & Tedeschi, 2006).

##### **3.1.1 Factores que afectan la eficiencia**

La eficiencia de conversión es afectada por diversos factores, inherentes al alimento, a la forma de alimentar a los animales, así como relacionados al metabolismo del animal (Di Marco, 2006).

### Requerimientos de energía para mantenimiento.

Los requerimientos de mantenimiento, se definen como la cantidad de ingesta de energía de alimento que no dará como resultado ninguna pérdida o ganancia neta de energía de los tejidos del cuerpo del animal. Los procesos o funciones que comprenden los requerimientos energéticos de mantenimiento, incluyen la regulación de la temperatura corporal, los procesos metabólicos esenciales y la actividad física (National Academy of Sciences, Engineering and Medicine, 2016).

En bovinos destinados a producción de carne, los requerimientos de energía para mantenimiento pueden ser hasta el 70% de las exigencias totales de energía. Estos requerimientos, incluyen los gastos de energía para mantenimiento en actividades voluntarias -como el consumo de alimentos y la locomoción- e involuntarias -mantenimiento de la presión sanguínea, tono muscular, actividad cardíaca, termorregulación, transmisión de impulsos nerviosos o el transporte de iones a través de membranas-. La energía restante es utilizada para la síntesis de tejidos, proteínas, grasas, y se denomina energía neta para ganancia de peso (Cuartas et al., 2013).

El estrés calórico tiene un efecto negativo sobre el metabolismo basal, ya que el animal tiene un gasto de energía alto cuando activa los mecanismos para liberar calor (jadeo) (Castaño et al., 2014).

Burjel y Marques (2017) evaluaron las diferencias en comportamiento de consumo entre animales de la raza Hereford de grupos de eficiencia contrastantes, en base al RFI (bajo, medio o alto) y a partir de esto, concluyeron que los animales más eficientes presentaron un consumo 18% menor que los animales menos eficientes, independientemente de que categoría o año se trate.

A su vez, los animales más eficientes, es decir con un RFI negativo tuvieron efecto sobre distintas variables de comportamiento, presentando un menor tiempo de cabeza gacha por comida y una menor duración de comidas. Estos resultados, demuestran que los animales más eficientes destinan menos tiempo en actividades relacionadas al consumo, lo que conlleva a tener menos requerimientos energéticos, en contraste a los menos eficientes (Burjel & Marques, 2017).

Según Casal (2019), en estudios a nivel de metabolismo celular, se comprobó que novillos con bajo RFI, mostraron una mayor respiración basal y mayor capacidad respiratoria máxima, esto último estaría relacionado con mayor disponibilidad de cadenas respiratorias para hacer frente a las demandas metabólicas. Asimismo, este autor afirma que los novillos de bajo RFI, presentaron mayor número de mitocondrias por unidad de peso hepático. Esto se traduce en que animales más eficientes, podrían optimizar la utilización de nutrientes en comparación con los novillos menos eficientes.

La eficiencia en la utilización energética está dada por la relación entre la energía retenida en forma de producto (carne, leche, lana, pelo, etc.) respecto de la contenida en los alimentos que consumen los animales. Esa eficiencia puede variar según el ajuste de la dieta, la composición de la ganancia de peso (tasa de deposición de proteína y grasa), grupo genético, ganancia diaria de peso promedio, el ambiente y el estado fisiológico de los animales. Entre los animales domésticos, los bovinos son considerados energéticamente ineficientes, debido a las pérdidas que ocurren en los diversos procesos de asimilación de los nutrientes. Sin embargo, esta consideración es en alguna medida injusta, ya que los rumiantes pueden utilizar con eficiencia alimentos fibrosos que para otros animales domésticos monogástricos son indigestibles o de mínima disponibilidad (Cuartas et al., 2013).

#### Requerimientos de energía para crecimiento

Según Di Marco (2006), una vez cubiertos los requerimientos de mantenimiento, la energía sobrante va a ser destinada a crecimiento y producción, por lo que un animal pequeño comparado con otro de mayor tamaño (igual sexo y edad) va a cubrir primero los requerimientos de mantenimiento y, por lo tanto, va a destinar más rápida energía para crecimiento y producción que el de mayor tamaño. Debido a esto, se concluye que, a mayor consumo de energía, aumenta la eficiencia de conversión ya que se diluye el costo de mantenimiento. Esto se cumple hasta cierto consumo, ya que existen diversas causas que hacen que la eficiencia disminuya en el máximo consumo, entre ellas un mayor costo de mantenimiento, mayor rechazo de alimento y una leve depresión de la digestibilidad. Por otro lado, los distintos tejidos tienen diferentes requerimientos para su síntesis, siendo los del tejido adiposo mayor a los del tejido muscular, aproximadamente 4 veces más (McDonald et al., 2006). Consecuentemente, la energía neta necesaria por unidad de peso vivo ganada, depende de la composición tisular de la ganancia, la cual varía dependiendo de factores como el biotipo, la edad, el sexo y el nivel de alimentación, este incide directamente sobre la magnitud de la ganancia de peso.

#### Sexo

Comparativamente los machos crecen más rápido que las hembras debido a la mayor potencia de los andrógenos con respecto a los estrógenos sobre la estimulación del crecimiento. A su vez, los machos consumen más alimento que las hembras, pero éstos tienen una mayor eficiencia de conversión (Bavera et al., 2005).

No existen diferencias significativas en la eficiencia de conversión entre terneros machos y hembras, pero sí la hay entre novillos y vaquillonas de igual edad (Pordomingo, 2013). Esto se debe a que las hembras se engrasan antes que los novillos, por lo tanto, ofreciendo una dieta idéntica a una vaquillona y novillo con la misma edad, la vaquillona tendrá menores ganancias que el novillo, pero tendrá una mayor deposición de grasa (García-Trejo, 2011; Pordomingo, 2013).

Según Di Marco (1998), los toros tienen ganancias entre 10 y 15% superiores a los novillos, y a su vez estos ganan de 10 a 20% más que las vaquillonas. Comúnmente, el tamaño adulto que alcanza un toro con respecto a una vaca del mismo biotipo es un 50% mayor, y el del novillo con respecto a la vaca un 30% mayor.

### Edad

El animal va destinando los nutrientes en diferentes proporciones a los distintos tejidos conforme avanza la edad, generando distintas proporciones de producción de los distintos tejidos, habiendo una mayor proporción de tejido muscular con respecto al adiposo en las primeras etapas de crecimiento, y avanzada la edad, en la terminación, hay una mayor proporción del tejido adiposo respecto al muscular (Di Marco, 1998).

Debido a esto, las categorías más jóvenes son las que presentan mayor eficiencia de conversión (García et al., 1998; Pordomingo, 2013). La conversión para una misma oferta de energía metabolizable se ve disminuida a medida que aumenta el peso del animal y el nivel de engrasamiento (Pordomingo, 2013).

De acuerdo con Di Marco (1998), los animales con un alto potencial de crecimiento son más jóvenes a un mismo peso y como resultado depositan más proteínas que grasa cuando aumentan de peso. Cuando las condiciones de alimentación son limitantes, los animales ganan peso por debajo de su potencial y no llegan a depositar la grasa de cobertura, se ven menos terminados que animales de mayor tamaño. Bajo dichas condiciones, los animales de frame grande expresan su potencial de producción sin tener un exceso de grasa, en virtud de lo cual tienen alta conversión alimenticia.

### Biotipo

No se han mostrado diferencias significativas en la eficiencia de conversión entre novillos de razas británicas (Hereford y Angus) y razas de biotipos más grandes (Limousine y Charolais), sin embargo, la eficiencia comienza a aumentar en los animales de razas con mayor frame, esto se explica porque las razas más pequeñas alcanzan temprano el periodo de terminación, en el cual empieza a aumentar la deposición de grasa, y esta es más costosa de depositar, por lo que llegado este momento, las razas indicas van a estar depositando mayormente proteína, que desde el punto de vista energético es menos costosa, por eso comparados en éste momento, la eficiencia va a ser mayor en las razas indicas (Di Marco, 2004).

En cuanto a la raza Wagyu en comparación con Aberdeen Angus (británica) y otras razas continentales, presenta una menor velocidad de crecimiento, lo que se traduce en una menor ganancia diaria, pero si consideramos el marmoleo a faena, Wagyu presenta los mejores valores a madurez fisiológica, estas diferencias no se expresan en etapas intermedias (Mesia et al., 2022).

Tal como menciona Mesia et al. (2022), considerando animales cruza, Wagyu x Angus o Wagyu x Continental, se observa que los animales cruza Wagyu con respecto a los animales puros europeos, mejoraron su grado de marmóreo, pero que también disminuyen su ganancia diaria, principalmente en la fase final de engorde.

#### Tasa de ganancia

La cantidad de grasa dentro de un biotipo, aumenta con el peso del animal, con el avance de la edad y es mayor en hembras que en machos. Esto explica las diferencias principales entre animales de distinto biotipo y categoría en términos de facilidad de terminación y potencial de ganancia de peso. Por ejemplo, en condiciones con limitantes nutricionales, los animales más fáciles de engordar son los de tamaño (frame) chico, las hembras y los animales adultos. En cambio, en condiciones de alimentación sin restricciones, como en el caso de feedlot, los biotipos grandes son los de mayor tasa de ganancia de peso, y dentro de éstos los machos ganan más peso que las hembras (Di Marco, 2007).

En cuanto al estado del animal, cabe mencionar que, en situaciones similares de alimentación, el animal flaco gana más peso que el gordo en distintas edades y pesos. Si los animales provienen de condiciones alimenticias moderadas que no hayan perjudicado el potencial de crecimiento, presentan ganancias de peso mayores que los animales sin restringir. Por el contrario, si las restricciones a la que se enfrenta el animal son más severas y en etapas tempranas, dicha diferencia desaparece o pueden llegar a ganar menos peso que los no restringidos (Di Marco, 1998).

#### Calidad de la dieta

La calidad de la dieta influye de gran manera en la eficiencia de conversión a través del efecto de la digestibilidad y la metabolibilidad (eficiencia de uso de la energía metabolizable para mantenimiento (km) y ganancia de peso (kp)).

Una parte de la energía metabolizable consumida va a ser retenida y depositada en los tejidos, y otra parte se va a perder como calor. Cuanto mayor sea la energía que se pierde como calor en relación a la que queda retenida, el animal va a resultar más ineficiente. Por lo tanto, la eficiencia de conversión del individuo se verá afectada por cualquier factor que modifique el consumo de energía metabolizable, la producción de calor o la partición de energía retenida. En consecuencia, cuando el consumo de materia seca o la digestión se ven afectados, se altera el consumo de energía metabolizable y por lo tanto la eficiencia. Lo mismo ocurre con la proteína del alimento y la fuente de proteína ofrecida. Debe de existir una relación nitrógeno/energía adecuada, de lo contrario puede existir desaminación de la proteína, generando una pérdida de eficiencia (Di Marco, 2006).

Como afirma Di Marco (1998), la alimentación del animal determina la relación entre el tejido magro y la grasa. Cuando el tejido adiposo subcutáneo se ha desarrollado y alcanza entre 0,8 y 1 cm aproximadamente, debido a un alto plano nutricional o a la edad, el animal presenta un aspecto de contornos redondeados y compacto, lo que se asocia visualmente con el grado de terminación. En este momento, los músculos obtienen el aspecto de marmoleado o veteado. Como la grasa intramuscular depende del total de grasa y esta se acumula al final de la etapa

de crecimiento, las razas grandes pueden tener bajo índice de marmoleado cuando el plano de alimentación es insuficiente como para promover altas tasas de ganancia de peso. Sin embargo, los biotipos de maduración temprana, logran el marmoleado con mayor facilidad, aunque cuando consumen dietas altamente energéticas, acumulan un exceso de grasa subcutánea, así como grasa interna y visceral.

### **3.1.2 Relación entre Eficiencia, consumo y ganancia diaria**

Anteriormente se mencionó como uno de los factores que afectan a la eficiencia de conversión a los requerimientos de energía de mantenimiento, por lo que, al aumentar el consumo de energía, la eficiencia de conversión aumenta, debido a que se diluye el costo de mantenimiento. Animales de alta eficiencia, presentan una menor actividad metabólica y un menor requerimiento de energía de mantenimiento, explicado en parte por una menor producción residual de calor (diferencia entre la producción de calor real y la esperada para cierto nivel de producción y peso) (Marín, 2023).

El aumento de la eficiencia con el aumento del consumo se da hasta determinados valores, ya que luego, la eficiencia empieza a decaer, explicado por fenómenos como mayor rechazo de alimento, mayor costo de mantenimiento y una leve caída en la digestibilidad. Es por esto que los máximos consumos no garantizan una máxima eficiencia. Existen grandes variaciones en la conversión, habiendo animales con bajas eficiencias que requieren de 4,5 Kg de alimento por Kg de ganancia de peso, mientras que hay animales que están por encima del promedio, requiriendo 6 Kg de alimento por Kg de ganancia (Di Marco, 2006).

En cuanto a la ganancia de peso, se comporta de la misma manera que la eficiencia, es decir que está asociado positivamente con el consumo, hasta determinados niveles. Owens (1999), como se cita en Di Marco (2006), indica que esa relación se da hasta un consumo de 8 Kg/día de Ms, posteriormente, la ganancia de peso no aumenta con el incremento de consumo.

Barbosa et al. (2008) evaluaron a 60 novillos de 2 años de las razas Hereford, Angus y cruza, con alimentación de 1 o 2 veces por día en base a ración. Para las variables de ganancia media diaria y eficiencia de conversión, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque sí se registraron mejores ganancias y eficiencias cuando se les suministró 2 veces al día alimento.

En un estudio realizado por Aldaya et al. (2020), en dónde evaluaron a terneras Hereford alimentadas con una ración totalmente mezclada y con el efecto de una restricción alimenticia, el consumo y la ganancia de peso evolucionaron de la misma manera. En cuanto a la eficiencia de conversión, no se encontraron diferencias significativas con el aumento del consumo de materia seca, aunque es de esperarse que, ante una restricción en el consumo, la eficiencia de conversión mejore.



### **3.1.3 Importancia de la eficiencia de conversión**

La eficiencia de conversión, supone que un animal puede producir más comiendo lo mismo o producir lo mismo comiendo menos que otro animal que sea menos eficiente. Desde el punto de vista de animales, en el primer caso, es un aumento directo de la producción, mientras que, en el segundo, es un aumento indirecto ya que permite una mayor carga (Soares de Lima, 2021).

Según Navajas (2021), esa mejor eficiencia de conversión, busca disminuir el consumo, pero sin reducir el desempeño productivo. Esto tiene como alcance, reducir los costos económicos de alimentación, que en la producción ganadera tienen una implicancia de entre un 60 y 80% en los costos totales. Es por esto, que estamos ante un impacto directo en la cuenta económica, así como también se logra un aumento en la capacidad de carga del sistema como se mencionó previamente.

Además de este impacto económico favorable, se evidencian efectos potenciales productivos a nivel ambiental. Uno de ellos es sobre las emisiones de metano entérico, contribuyendo de esta forma a la reducción de gases efecto invernadero, ya que una reducción en la necesidad de consumir alimento por parte del animal, explicada por una mayor eficiencia de conversión, lleva a una reducción en las emisiones totales de metano entérico (Velazco, 2021).

Según Velazco (2021), se podría postular que la mejora de la eficiencia de conversión, podría aportar a la disminución de los gases de efecto invernadero (GEI), a partir de su relación con las emisiones de metano entérico. Asimismo, este autor afirma que hay evidencia en la bibliografía sobre la viabilidad de reducir las emisiones de metano por selección directa de esta característica, ya que las primeras estimaciones internacionales proponen que es heredable.

### **3.2 Efecto de la dominancia en el consumo**

Al igual que todos los animales sociales, los bovinos establecen relaciones de dominancia-subordinación entre ellos y el resultado de dichas relaciones se conoce como jerarquía. La dominancia se establece mediante interacciones agresivas, que puede determinar peleas entre ellos o en comportamientos más sutiles, tales como el desplazamiento de un animal sin contacto físico. Una vez que se establecen las relaciones jerárquicas, éstas son bastante constantes (Manteca, 2006).

En un ensayo realizado por Lager et al. (2011) con vacas Holstein, alimentadas en comederos automáticos, se observó que las vacas dominantes consumieron mayor cantidad de alimento que las subordinadas (8,9 Kg vs 4,7 Kg), teniendo las dominantes menos visitas a los comederos, pero con mayores intervalos de tiempo por visitas.

### **3.3 Mecanismos de regulación de consumo en el corto plazo**

Según menciona McDonald et al. (1999), los mecanismos de regulación del consumo en rumiantes que se relacionan con el comienzo y cese de cada comida en particular, se denominan de corto plazo. Dentro de estos, se encuentran los mecanismos de regulación física y mecanismos de regulación fisiológica. De acuerdo a estos autores, cuando los animales se alimentan con dietas “voluminosas”, se considera que la ingestión está limitada por la capacidad del

rumen, y los receptores de la repleción y tensión en las paredes del rumen, señalan el grado de “llenado” al cerebro. Este tipo de alimento llenan el rumen en mayor grado que lo hacen los alimentos concentrados, definiéndose así la regulación física.

En rumiantes, la ingestión de alimentos, puede estar controlada a nivel fisiológico. En raciones ricas en concentrados, se ha comprobado que la introducción de acetato, propionato y en menor medida el ácido butírico en el rumen, reducen la ingestión de alimento. Debido a la presencia de los receptores de estos metabolitos, a mayor concentración de estos, el consumo se va reduciendo (McDonald et al., 1999).

### **3.4 Uso de dietas lipídicas**

La inclusión de lípidos en las dietas para bovinos contribuye al suministro de energía que se refleja en la mejora de los índices productivos y en la aceleración del ciclo de producción de los animales. El uso de las fuentes lipídicas como opción energética mejora los perfiles de ácidos grasos (AG) en la carne y los índices productivos (Alvarado & Granja, 2021).

Según Alvarado y Granja (2021), en la suplementación lipídica, se pueden utilizar varios tipos de lípidos con distintas composiciones de ácidos grasos (AG), como aceites vegetales, semillas de oleaginosas. Estudios muestran que una suplementación lipídica con más de 70 g/kg de lípidos en la materia seca, pueden tener un efecto antimicrobiano, ya que el exceso de éstos puede reducir la adhesión y la multiplicación de la población bacteriana celulítica, las cuales son las responsables de degradar la fibra. Por lo tanto, al disminuir la digestión de ésta, disminuye la tasa de pasaje y aumenta el contenido ruminal, provocando un efecto de llenado, por lo tanto, una baja en el consumo.

### **3.5 La raza Wagyu**

El término Wagyu se traduce como “Wa” “japonés” y “gyu” “ganado”, y se originó a partir de razas nativas japonesas, las cuales fueron evolucionando y adaptándose al entorno y clima japonés. El origen del ganado japonés está relacionado con las especies de China continental, que se importaron a Japón en el período Yayoi (300 a.C a 300 d.C) a través de la península de Corea como ganado de tiro para el cultivo de arroz (Motoyama et al., 2016).

De acuerdo con Gotoh et al. (2018), desde la década de 1860, el consumo de carne de res comenzó a florecer en Japón y se convirtió en parte de la cultura popular, debido a la política de occidentalización del nuevo gobierno. Hasta ese entonces y por aproximadamente 1200 años no había una cultura de consumo de carne en dicho país, y el ganado se utilizaba únicamente como herramienta de tiro para los cultivos, la minería y el transporte de arroz con cáscara. Estos mismos autores indican que para afrontar esta nueva demanda de carne vacuna, la mejora genética de las razas locales de ganado, se hicieron notorias en varias regiones de Japón, introduciendo varias razas extranjeras con el fin de realizar cruzamientos. Estos autores también explican que, a partir de 1960, con el rápido crecimiento de la economía japonesa y la mecanización de la agricultura se comenzaron con programas oficiales de pruebas de rendimiento y de progenie para el ganado de producción de carne y el objetivo principal de la raza era mejorar la calidad de la carne.

En Japón, el ganado Wagyu incluye cuatro razas japonesas (Negro japonés, Marrón japonés, Shorthorn japonés y sin cuerno japoneses), siendo el Negro japonés la raza más popular, alrededor del 97% de los Wagyu en Japón pertenecen a dicha raza (Motoyama et al., 2016).

En Uruguay, la cría de la raza, tanto puro como cruza, se ha adaptado muy bien a diferentes condiciones productivas del país, constatándose rodeos en varias zonas del Uruguay. Para la cría, esta raza destaca por dos características fundamentales, el bajo peso al nacer y una buena fertilidad. Los terneros puros tienen un peso promedio al nacer de 28 Kg, pudiendo mantener ese promedio en la crua. Esto indica una ventaja, ya que reduce los problemas al momento del parto. Por otra parte, la actividad sexual es muy precoz, observándose celos en hembras a partir de los 10-12 meses de edad, y los toros, poseen una fertilidad, libido y capacidad de servicio muy importante (Mazolla, 2022).

Según Mazolla (2022), en la etapa de engorde, dependiendo del objetivo del productor en cuanto al producto final, se pueden utilizar diferentes proporciones de sangre Wagyu (puros o cruza), así como distintos niveles de alimentación. Para producir carne estilo Kobe (alto marmoleo), se requerirán preferentemente animales con  $\frac{3}{4}$  Wagyu y un período de al menos 300 días de encierro.

Poseen un alto rendimiento en carcasa y alto rendimiento en carne, debido a una liviana estructura ósea y escaso depósito de grasa de cobertura, ya que la energía la acumulan en forma de grasa subcutánea. Para llegar a los requerimientos exigidos por los mercados, se deben engordar los animales hasta los 700 Kg aproximadamente con dietas formuladas especialmente. El engorde es a corral con ganancias de 700 a 800 gramos y entre 20 y 30% menos de conversión que un novillo británico, aunque lo importante es lograr un buen engrasamiento. El costo de producción es el doble con respecto a una raza británica, pero se compensa con el valor de la carne (Bavera, s.f.).

### **3.5.1 Alimentación y dieta**

Para producir carne de calidad, que satisfaga los requerimientos del mercado, es esencial un adecuado manejo nutricional. Este manejo debe considerar varios factores, incluido la tasa de crecimiento, la eficiencia alimenticia, la salud, el bienestar animal, la tolerancia a enfermedades y la acumulación de grasa intramuscular. En Japón, los animales se crían en corrales alimentados en grupos y se incluye una dieta alta en concentrados desde los 11 meses hasta los 30 meses de edad, para inducir una mayor acumulación de grasa intramuscular, que es el objetivo más importante (Gotoh et al., 2018).

Durante el período de engorde, el método más común es suministrar la mayor cantidad de concentrado posible sumado a una fuente de fibra. Comúnmente, el ganado recibe una dieta rica en energía dos o tres veces al día desde los 11 meses de edad hasta el sacrificio (que se da entre los 28 y 30 meses de edad). De los 11 a los 18 meses de edad, la dieta se compone de cantidades crecientes de concentrado (36,8% a 86,4%, de alimento formulado) y cantidades decrecientes de forraje. Durante la etapa final, la dieta comprende de 86% a 84% de concentrado y de 13% a 15% de forraje (Gotoh et al., 2018).

Varios estudios comprueban que dietas en base a cereales son necesarias para promover el marmoleo. Los granos promueven la formación de ácido oleico, que deriva en los ácidos grasos que conforman la grasa intramuscular y grasa de depósito. La presencia de ácido oleico, producirá una conversión (transdiferenciación) de las células musculares (células satelitales) en adipocitos por la presencia de ciertos genes abundantes en la raza Wagyu (Forlino, 2021).

### 3.5.2 Calidad de carne

Una de las características más destacables de la carne de Wagyu es su intenso nivel de marmoleado, característica que ha sido determinante en el valor de la canal en Japón. Esta característica se evalúa utilizando el estándar de marmoleo de carne de res de 12 puntos (puntuación BMS-12), siendo el 12 la mejor puntuación. Dentro de las 4 razas que componen el Wagyu, el japonés negro es la raza que tiene una carne más veteada dentro de estas (Motoyama et al., 2016).

Los altos niveles de marmoleo, están relacionados al contenido de vitamina A, distintos estudios han demostrado que existe una correlación negativa entre la concentración sérica de vitamina A y el grado de marmoleo. El ganado nativo japonés, generalmente se ha mantenido en zonas montañosas, en dónde en el invierno hay una falta de forraje verde (rico en vitamina A), debido al marchitamiento y a la fuerte capa de nieve. Estas condiciones pudieron haber hecho que el ganado nativo japonés fuera tolerante a la escasez de vitamina A, y pudo haber mejorado su potencial genético para aumentar los depósitos de grasa intramuscular (marbling) mediante selección natural y artificial a largo plazo (Motoyama et al., 2016).

El alto contenido de grasa intramuscular (IMF), mejora la textura y la jugosidad de la carne de res y, por lo tanto, su aceptabilidad. Este contenido de grasa intramuscular varía según el tiempo, la dieta de finalización y el tipo de raza, a su vez, la tasa de aumento de IMF es mayor en animales alimentados en base a granos con respecto a dietas pastoriles (Motoyama et al., 2016).

En cuanto al efecto según la raza, el japonés negro es el que tiene mayores niveles de veteado. Duarte et al. (2013) evaluaron la grasa intramuscular y depósitos de colágeno en el músculo de ganado Wagyu en comparación con Angus, y se encontró que el número de adipocitos y preadipocitos era mayor en Wagyu, del mismo modo, el nivel de colágeno era mayor en esta raza y con menor solubilidad de este. Estos resultados demuestran que la adipogénesis intramuscular es mayor en Wagyu en comparación a Angus.

Acerca de la composición de ácidos grasos, Wagyu es considerablemente diferente al de otras razas bovinas, teniendo la carne una mayor concentración de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), lo que conduce a un punto de fusión más bajo de la grasa, logrando una mayor suavidad y un mejor sabor de la carne de res, pudiendo disminuir así la concentración circulante de colesterol de lipoproteínas de baja densidad (Gotoh et al., 2018). El Wagyu parece estar especialmente bien adaptado para acumular ácido oleico en su tejido adiposo, mejorando la palatabilidad y salubridad de la carne de res (Smith et al., 2006).

Conforme a lo que afirma Matsuishi et al. (2001), la carne negra japonesa tiene un aroma dulce y graso conocido como “aroma de carne Wagyu”, que es el preferido por los japoneses. Si bien este aroma está casi ausente después del sacrificio, se genera durante la etapa de almacenamiento, con bajo oxígeno. Los compuestos responsables de ese aroma particular son lactonas, las cuales tienen un aroma similar al coco o al melocotón. Estos autores mencionan también que, además, de alcoholes y aldehídos con aroma graso, existe diacetilo y acetoína con aroma a mantequilla, que contribuirían al aroma de la carne de Wagyu. Los compuestos mencionados anteriormente son derivados de la grasa, por lo que el aroma de la carne de Wagyu, se debe ciertamente al alto contenido de grasa, y a la oxidación de lípidos durante el almacenamiento.

La carne es principalmente músculo esquelético compuesto por varios tipos de miofibrillas, de las cuales hay 3 tipos principales, miofibrilla tipo I (oxidativa de contracción lenta), miofibrilla tipo IIA (glucolítica oxidativa de contracción rápida) y miofibrilla tipo IIB (glucolítica de contracción rápida). El tipo y el tamaño de las miofibrillas dentro de los músculos, son factores que van a determinar la calidad de la carne porque influyen en muchos procesos bioquímicos peri y post mortem en los músculos (Gotoh et al., 2018).

En un estudio, se compararon la composición histoquímica de fibras de ganado japonés negro, japonés marrón y Holstein, encontrándose mayor porcentaje de fibras musculares IIB en las razas japonesas parda y Holstein, mientras que fibras musculares tipo I y IIA se observaron en un mayor porcentaje en el ganado japonés negro. Además, el ganado japonés negro, tenía mayor frecuencia de fibra tipo I. Este tipo de fibras, ha sido positivamente relacionada con la ternura. La carne de res tiene un mayor veteado, más ligereza y más ternura cuando aumenta el porcentaje de fibras musculares tipo I y disminuye el porcentaje de tipo IIB en el músculo (Hwang et al., 2010).

### **3.6 Ganadería de precisión**

El concepto de ganadería de precisión implica una serie de términos, como lo son, las tecnologías de la información, la comunicación y el internet de las cosas, para así recolectar datos de calidad en forma continua y acceder a ellos en tiempo real. Contar con este tipo de información resulta fundamental para mejorar la toma de decisiones, obteniendo datos de cada animal en forma individual, para así dejar de utilizar promedios, ser más eficientes en el uso de los recursos, ahorrar tiempo y reducir la mano de obra de tareas rutinarias (Barbat & Zapara, 2022). Los beneficios de utilizar tecnologías que hacen a la ganadería de precisión aumentan la competitividad, ayudan a optimizar el bienestar animal y resulta en un agregado de valor, al contar con productos trazados desde el campo a la mesa del consumidor.

En la región se presentan varias tecnologías desarrolladas por INTA, las cuales podrían ser adaptadas a nuestro territorio y son ejemplo de cómo aplicar la ganadería de precisión.

### Balanza de pesada al paso

Este sistema registra el peso del ganado en forma automática cuando pasa por una manga, en dónde se cuenta con una antena lectora de caravanas RFID. Con este sistema, se obtienen datos diarios que pueden consultarse en tiempo real. Teniendo el monitoreo continuo del peso de los animales, permitiría detectar en forma anticipada posibles problemas sanitarios, así como estimar fechas de parto y de nacimiento (Barbat & Zapara, 2022).

### Monitores de aguadas remotos

Esta tecnología busca ahorrar tiempo y dinero para los productores en el proceso de verificar si los animales poseen agua disponible, mediante el uso de sensores en puntos clave, como molinos o aguadas (Barbat & Zapara, 2022).

### Asociación automática de madre-cría

El objetivo de esta técnica es la posibilidad de seleccionar ganado de sistemas extensivos en función de su genealogía, y para esto se utiliza un dispositivo con una antena que registra la cantidad de veces que pasan en conjunto, o con un lapso de pocos segundos, dos caravanas por un mismo lugar, aprovechando el comportamiento de los animales, donde las crías se mantienen cercanas a las madres. Así, el software asociado al dispositivo, asigna las crías de manera automática a las madres con un porcentaje de efectividad muy alto (Barbat & Zapara, 2022).

### Comederos inteligentes

Este tipo de tecnología permite la medición de consumo individual y la recolección de datos de comportamiento en tiempo real. Tiene la capacidad de identificar a cada uno de los animales que ingresan a consumir utilizando una antena lectora de caravanas RFID. Cuando el animal egresa del comedero, el sistema calcula el alimento consumido y el tiempo de permanencia. A su vez, tiene la capacidad de enviar datos a través de internet para posterior procesamiento y a través de esto, se puede analizar información de comportamiento individual y consumo diario, para así seleccionar animales más eficientes (Garro & Tallarico, 2022).

La ganadería de precisión es una herramienta clave para hacer un uso sustentable de los recursos, factor que se ha convertido en un requisito para el acceso a nuevos mercados o para obtener mejores precios al momento de la venta, sumado a que brinda beneficios que hacen aumentar la competitividad (Garro & Tallarico, 2022). Es por esto que este trabajo final de grado busca a través de una dieta diferencial, identificar a aquellos animales más eficientes y ver cómo se modifican las tasas de ganancia de los mismos, trabajando a su vez con una tecnología novedosa en el país como lo son los comederos inteligentes, que si bien el factor económico representa una limitante en la adopción de estas tecnologías, trabajar con razas como el Wagyu, que por sus características de producción de

largos encierros y con dietas especiales, hacen que tenga un costo elevado, pero que por su carne de alta calidad se paguen precios altos, hace pensar que un ajuste en la nutrición de los animales y en la eficiencia de conversión, tenga un impacto grande en la forma de producir.

### **3.6.1 Comportamiento individual**

El concepto de ganadería de precisión engloba a un conjunto que ponen el acento en la gestión individual de los animales, ya que se vuelve necesario conocer la eficiencia de conversión de manera individual dado que puede existir una gran variabilidad entre animales en la eficiencia del uso de alimento (Pordomingo & Garro, s.f.).

El proceso empieza con la identificación individual de cada animal a través de caravanas electrónicas y con el relevamiento de datos utilizando diversos sensores que registran a nivel individual, el peso, consumo, cantidad de ingresos al comedero, entre otros datos, que luego serán almacenados para un posterior análisis y toma de decisiones (Garro & Tallarico, 2022).

### **3.7 Hipótesis**

Concluida la revisión bibliográfica se determinaron las siguientes hipótesis.

Puede existir una relación diferente entre el consumo, eficiencia y ganancia diaria, explicado por la dieta.

Se pueden detectar diferencias individuales y entre dietas.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Establecimiento y sistema de producción.

#### Establecimiento

El estudio experimental se llevó a cabo en Cabaña El Oriental, ubicada en el departamento de Soriano, a aproximadamente 8 km hacia el sur de la ciudad de Mercedes. A la misma se llega por Camino Paso Molino (33°19 '19.8 " latitud Sur y 58°01' 10.4" longitud Oeste).

#### Sistema de producción

El predio se basa en la producción de ciclo completo de la raza Wagyu, en un sistema intensivo, sustentado por pasturas de *Festuca arundinacea* principalmente, y en menor proporción de *Cichorium intybus*, verdes de verano; Sorgo, sumado a una suplementación constante de todas las categorías que incluye una mezcla de maíz, cebada y DDGS. Los insumos para esta son adquiridos fuera del predio, exceptuando los silos y henos, que son producidos en el establecimiento.

En la cabaña se maneja con un plantel de madres, de las cuales surgen los toros para comercialización y uso propio, así como hembras para reposición de dicho plantel. Los toros, se comercializan de productor a productor (sin remate), y para la selección de estos se realizan pesadas en distintas etapas durante su crecimiento, por lo que deben superar determinados valores de ganancia de peso. Los animales que no superan dichos valores de ganancia, son castrados y pasan al sistema de engorde para posterior faena. A su vez, la cabaña ofrece un servicio de venta de semen congelado y embriones.

El rodeo comercial en el predio, está constituido por animales puros y cruza (con Aberdeen Angus y Holando), de este surgen animales que posteriormente irán a los corrales para posterior faena (terneros, terneras y vacas de descarte). También se compran terneros cruza a clientes que usan genética del predio. Cabe destacar que los animales son destetados entre los 4 y 6 meses, y a los 15 meses son ingresados en el encierro, para así llegar a un determinado nivel de engrasamiento que permitan obtener los precios compensatorios por esta característica a faena.



## 4.2 Equipos de medición y medidas

### Diseño de los corrales

El experimento cuenta con cuatro corrales para poder llevar a cabo los tratamientos, pensados para 8 animales en cada uno de ellos. Las dimensiones son de 20 metros de largo por 7 metros de ancho (140 m<sup>2</sup>), lo que determina un espacio de 17,5 m<sup>2</sup> por animal. Los mismos son contiguos y están separados por postera de madera con alambre eléctrico, presentando sombra en casi la totalidad del corral, agua limpia y en abundancia. El piso del corral cercano a los comederos es de hormigón, y el restante de balastro, mientras que la ubicación de los corrales permite que los mismos estén posicionados sobre cierta pendiente favoreciendo el escurrimiento superficial de agua de precipitaciones y deyecciones, lo que ayuda a disminuir la formación de barro, evento que podría conllevar a pérdidas de eficiencia por mayores costos de mantenimiento por actividad.

### **Figura 1**

*Instalaciones donde se llevó a cabo el estudio experimental*



*Nota.* El área contaba con cuatro comederos.

## Figura 2

*Animales alimentándose en comederos durante el período de acostumbramiento*



Cada corral cuenta con su propio comedero inteligente de la marca Hook. Los mismos permiten evaluar el comportamiento de los animales, y con ellos es posible saber cuáles son los que han entrado más veces a comer, en qué horarios, cuánto tiempo estuvieron en el comedero, y esto ayuda a entender diversas características de los animales bajo estudio, ya que al tener la capacidad de identificar cada individuo mediante un lector de caravanas acoplado al comedero, al momento del egreso, el comedero calcula el alimento consumido, debido a que está equipado con un sistema de balanzas Hook, y envía el registro a la nube para un posterior procesamiento (López, 2022).

Los comederos están constituidos por una batea de plástico, que contienen el alimento, la cual está montada sobre unas balanzas que pesan en todo momento la cantidad de comida. A su vez, existe una antena, que identifica a los animales mediante una caravana con chip instalada en cada uno de ellos. Esto permite que cuando el animal entre a comer, se identifica con la antena, que mediante las balanzas se conoce cuánto alimento hay al momento del ingreso y cuánto alimento quedó cuando se retiró, y en función de eso, se puede saber el consumo del animal en un período de tiempo. Al final del día, se pueden sumar todas esas porciones de consumo y obtener el consumo total diario para luego correlacionar con el peso ganado en función de lo que se come y determinar los animales más eficientes. Todos los comederos están conectados a través de una red Wi-Fi local, transmitiendo los datos a un servidor, manteniendo así la información (Prensa COFECYT, 2018).

Esta tecnología es un desarrollo del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y tiene sus bases en la ganadería de precisión. A partir de estos comederos, se busca determinar los animales con la mejor eficiencia de conversión de alimento en kilogramos de carne. Contar con mayor información sobre el ganado, brinda una ventaja comparativa, aumentando la velocidad y eficiencia en los procesos y en la toma de decisiones, permitiendo así gestionar mejor el sistema productivo (*Comederos inteligentes que*, s.f.).

### Figura 3

*Comedero inteligente Hook con capacidad para 100 Kg*



### 4.3 Animales

Los 32 animales que formaron parte del experimento fueron novillos puros Wagyu, nacidos en el año 2021, castrados al nacer y con sanidad completa. Dichos animales ingresaron a la recría el 6 de enero de 2023 y durante este período la ganancia media diaria promedio obtenida por los animales de cada tratamiento se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Ganancia media diaria obtenida desde el comienzo de la recría hasta el período experimental*

	<b>GMD (Kg/a/día)</b>
<b>Tratamiento 1</b>	0,781
<b>Tratamiento 2</b>	0,765
<b>Tratamiento 3</b>	0,727
<b>Tratamiento 4</b>	0,795

*Nota.* GMD: Ganancia media diaria (Kg/animal/día).

Previo al período experimental, los animales presentaban similares ganancias medias diarias, esto confirma que se partió de animales con condiciones similares.

### 4.4 Diseño experimental

#### Período pre-experimental

El período del experimento fue antecedido por un período pre-experimental, el cual tuvo una duración de 30 días, comenzando el 15 de diciembre de 2023 y culminando el 14 de enero de 2024. En esta etapa se realizó un acostumbamiento de los animales al sistema de alimentación y las instalaciones.

Durante este momento se les suministró dos veces por día una RTM conformada por maíz, cebada y DDGS y se registró que todos los animales consumieran, el comportamiento de los animales de cada lote, el consumo diario, y se les retiraba la ración del día anterior, procurando un consumo de mayor calidad. Cabe mencionar que los animales siempre dispusieron de agua en cada corral.

### Período experimental

La asignación de los animales a los lotes se realizó por peso aleatorizado, tratando de que no se repitieran los padres en cada lote. Los 32 animales seleccionados para el experimento fueron separados en 4 tratamientos.

1. **Tratamiento con dieta húmeda:** Animales alimentados con igual dieta previo al período experimental.
2. **Tratamiento con dieta húmeda (repetición):** Segundo grupo de animales con igual dieta previo al período experimental.
3. **Tratamiento con dieta seca (alta en lípidos):** Animales alimentados con dieta rica en lípidos.
4. **Tratamiento con dieta seca:** Animales alimentados en base a dieta con un menor porcentaje de agua.

#### **4.5 Composición de la dieta**

En la tabla 2, se identifica a cada una de las tres dietas suministradas en los tratamientos anteriormente definidos. Dichas dietas eran proporcionadas dos veces al día a los animales.

**Tabla 2**

*Composición de dietas suministradas en los cuatro tratamientos realizados*

	<b>Dieta Húmeda</b>	<b>Dieta seca alta en lípidos</b>	<b>Dieta seca</b>
<b>Tratamientos</b>	1 y 2	3	4
<b>Materia Seca (%)</b>	55,20	90,70	88,87
<b>PB (%)</b>	13,50	13,54	13,92
<b>FDN (%)</b>	21,81	14,16	16,02
<b>FDN e (% MS)</b>	9,80	3,30	3,40
<b>EE (%)</b>	3,27	9,24	4,24

*Nota.* PB: Proteína bruta, FDN: Fibra detergente neutro, FDN e: Fibra detergente neutro efectiva, EE: Extracto etéreo. Los valores son en función de la materia seca (MS).

La dieta húmeda, suministrada a los primeros dos tratamientos presenta los menores valores de materia seca y mayor de fibra (FDN), a su vez posee un mayor nivel de fibra efectiva. En cuanto al extracto etéreo es la que presenta una menor cifra.

Las dietas secas, poseen un mayor nivel de materia seca, y la que dispone de altas concentraciones de lípidos, adquiere el menor valor de FDN y el mayor de extracto etéreo.

## **4.6 Variables calculadas**

### **4.6.1 Estimación de consumo de materia seca**

La predicción de consumo de materia seca de cada animal se realizó siguiendo la fórmula presentada por Agricultural and Food Research Council (AFRC), que se indica en Alderman y Cottrill (1993).

$$\text{CMS (g/día)} = [116,8 - 46,6 \times \text{qm}] \times \text{PV}^{0,75},$$

siendo:

CMS: Consumo de materia seca (gramos/día).

qm= metabolicidad. (Energía Metabolizable/Energía Bruta).

PV= Peso vivo.

A partir de datos de distintas fracciones de las dietas (Proteína cruda, Extracto Etéreo, Cenizas), se pudo determinar el consumo estimado que tendrían que tener los animales con su determinado peso, para cubrir los requerimientos de mantenimiento, según el aporte de energía que brinda cada dieta.

### **4.6.2 Ganancia de peso**

Para calcular la ganancia media diaria se realizaron dos pesadas durante el período de estudio, en las fechas 5 de diciembre de 2023 y 28 de febrero de 2024. La ganancia de peso en Kilogramos por día, se calculó dividiendo la diferencia entre ambos pesos vivos (Kg ganados) sobre los días transcurridos.

### 4.6.3 Eficiencia de conversión

Para el cálculo de la eficiencia de conversión, se tuvo en cuenta la ganancia media diaria y el consumo medio de los animales, considerando el período en que se les suministró las dietas diferenciales, el cual se dio entre el 15 de enero y el 28 de febrero.

La eficiencia de conversión se expresó como una relación de cuantos Kilogramos de alimento debe consumir el animal para lograr un Kilogramo de ganancia de peso.

### 4.7 Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza (ANAVA), para las variables Consumo diario de materia seca (Kg/día), ganancia diaria de peso (Kg/día) y eficiencia de conversión (kg MS/Kg PV ganado) determinando el efecto de los tratamientos usando un arreglo de medidas repetidas en el tiempo, mediante el modelo:

$$y_{ij} = \mu_0 + \text{sujeto}_i + \text{tratamiento}_j + \text{error}_{ij} ,$$

siendo:

$y_{ij}$ : Variable de respuesta.

$\mu_0$ : media general del experimento.

$\text{sujeto}_i$ : individuo sobre el cual se realizan las medidas.

$\text{tratamiento}$ : efecto del  $\text{tratamiento}_j$ .

$\text{error}_{ij}$ : error experimental asociado a cada individuo de cada tratamiento.

Para cada uno de los casos se admitió un error de hasta 5% (valor  $p < 0,05$ ). Las medias de cada tratamiento fueron comparadas mediante test de Tukey ajustado (con Pr de  $F < 0,05$ ).

Los análisis se realizaron utilizando los procedimientos GLM y MIXED del programa SAS (V 9.4).

## 5. RESULTADOS

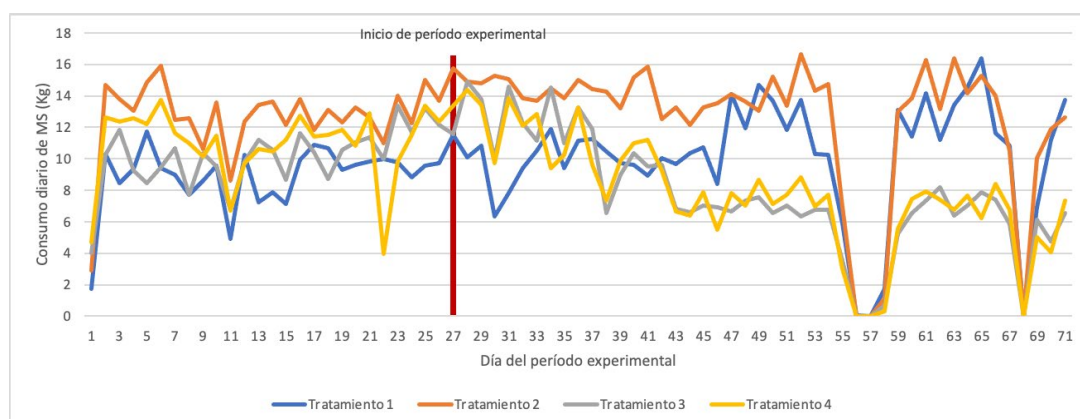
A partir de los datos de consumo recabados por los comederos, y datos de pesos durante el período experimental, se estimaron para cada uno de los tratamientos, el consumo medio, y su respectivo desvío estándar, así como la eficiencia de conversión. Los resultados se presentan en la figura 4 y tablas (3-11).

### 5.1 Consumo

En la figura 4, se presenta la evolución del consumo diario de materia seca de cada uno de los tratamientos, durante el período experimental completo, comenzado el día 20 de diciembre hasta el 28 de febrero, marcando como inicio de la dieta diferencial el 15 de enero, correspondiendo al día 27.

**Figura 4**

*Consumo diario promedio de materia seca (Kg) de novillos Wagyu con diferentes dietas*



A partir del gráfico presentado, se puede visualizar el comportamiento que presentaron los diferentes tratamientos a lo largo del período. Cabe mencionar que los tratamientos 1 y 2 presentaban la misma dieta, teniendo esta una composición húmeda, mientras que los tratamientos 3 y 4 presentaban una composición seca, diferenciándose en que el tratamiento 3 la fuente lipídica, la composición detallada se muestra en la tabla 2.

En primer lugar, se puede observar, que el tratamiento que presentó mayores niveles de consumo en todo el período fue el 2, teniendo una marcada diferencia sobre el tratamiento 1, este comportamiento se dio fundamentalmente en el período de acostumbramiento. En este momento del experimento, se observa que los tratamientos seguían un patrón y no hubo diferencias marcadas entre ellos.



Luego del comienzo de los tratamientos diferenciales a la dieta, hay un cambio de comportamiento y se aprecia como los tratamientos con dieta húmeda, se parecen más entre ellos (1 y 2), sobre todo en los últimos 25 días del ensayo, y los tratamientos con dieta seca (3 y 4), también se igualan en los niveles de consumo, teniendo estos últimos menores valores si se compara con los primeros dos tratamientos.

En base al gráfico, se puede afirmar que hay un cambio en el comportamiento de consumo a partir de la inclusión de una dieta diferencial en los respectivos tratamientos.

En la tabla 3, se presentan las medias de mínimos cuadrados obtenidas para el consumo diario de alimentos durante el período experimental completo, para cada uno de los tratamientos realizados.

**Tabla 3**

*Medias de mínimos cuadrados y desvíos estándar para el consumo de MS de los tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Desvío estándar</b>
<b>Dieta húmeda</b>	9,68 b	0,76
<b>Dieta húmeda (Repetición)</b>	12,73 a	0,76
<b>Dieta Seca (Alta en lípidos)</b>	8,63 b	0,76
<b>Dieta Seca</b>	8,99 b	0,76

*Nota.* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $Pr < 0,05$ ).

A partir de la tabla, se expone que el mayor consumo medio diario lo obtuvo el tratamiento 2, siendo de 12,73 Kg de materia seca con un desvío estándar de 0,76 Kg, resultando ser el único tratamiento con diferencias significativas respecto a los demás. Los restantes tratamientos no tuvieron diferencias significativas entre ellos, por lo que se puede afirmar que durante el lapso de los 71 días de evaluación el mayor consumo fue con dieta húmeda.

En la tabla 4 se presenta la comparación de los tratamientos en el consumo de materia seca diaria.

**Tabla 4**

*Comparación entre tratamientos de medias obtenidas en el consumo de materia seca (Kg)*

Tratamiento	Tratamiento	Media	Desvío estándar	Pr >  t
1 b	2 a	-3,05	1,08	0,0046
1 b	3 b	1,05	1,08	0,3296
1 b	4 b	0,69	1,08	0,5232
2 a	3 b	4,10	1,08	0,0001
2 a	4 b	3,74	1,08	0,0005
3 b	4 b	-0,36	1,08	0,7365

*Nota.* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (Pr<0,05).

Si se analiza cómo se comportan los tratamientos según el tipo de dieta, se observa que cuando se compara el tratamiento 2 con los demás tratamientos, en todos los casos hay diferencia significativa (Pr<0.05), mientras que la comparación de los demás tratamientos (1,3 y 4) entre sí no mostraron diferencias significativas (Pr > 0.05).

La diferencia de consumo diario entre los tratamientos con dieta húmeda (1 y 2) fue de 3,05 Kg superior para el tratamiento 2.

En cuanto a los tratamientos con dieta seca (3 y 4), el tratamiento 3, el cual tenía en su composición una mayor concentración lipídica, registró un consumo de 0,36 Kg por debajo del tratamiento 4 durante los 71 días evaluados.

Considerando el efecto del tratamiento y del período es que se realizó el análisis estadístico y se presenta en la tabla 5.

**Tabla 5***Resultado ANAVA para tratamiento y período de tratamiento*

<b>Efecto</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Tratamiento</b>	0,0008
<b>Período</b>	0,0005
<b>Tratamiento × Período</b>	<0,0001

Los valores de  $Pr > F$  son significativamente menores que 0,05, por lo que se puede afirmar que hay efecto del agregado de una dieta diferencial en el consumo de los animales.

Se presenta en la tabla 6, la media de mínimos cuadrados para el consumo de alimento que presentaron los tratamientos durante cada período y la diferencia de consumo entre ellos, con su respectivo desvío estándar. Se considera como período 1, al momento anterior al agregado de la dieta diferencial al experimento, y posterior a dicha inclusión, refiriéndose al período 2.

**Tabla 6***Medias de mínimos cuadrados para consumo de MS de los tratamientos durante ambos períodos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Período</b>		<b>Diferencia de medias</b>	<b>Desvío estándar</b>	<b>Pr &gt;  t </b>
	<b>1</b>	<b>2</b>			
<b>1</b>	9,01	10,34	-1,32	0,35	0,0002
<b>2</b>	12,89	13,54	-0,65	0,36	0,07
<b>3</b>	10,10	8,33	1,77	0,30	<0,0001
<b>4</b>	10,96	8,46	2,5	0,30	<0,0001

*Nota.* Período 1: Etapa de acostumbramiento. Período 2: Etapa de dietas diferenciales.

El tratamiento 1 con dieta húmeda, presentó un consumo medio en el período 1 de 9,01 Kg, mientras que en el período 2, este fue de 10,34 Kg. Esto se traduce en que hubo un aumento de 1,32 Kg al pasar al período 2, siendo esta diferencia significativa en términos estadísticos ( $Pr < 0,05$ ).

En relación al tratamiento 2, el consumo en el período 1 fue de 12,89 Kg de MS y en el período 2 fue de 13,54 Kg de MS. La diferencia entre ambos períodos fue de -0,65 Kg, con un valor en la prueba de tukey de 0,07, el cual es mayor a 0,05, por lo que se puede decir que hay una tendencia a un mayor consumo en el período 2 para dicho tratamiento. Si bien este tratamiento presentaba igual dieta que el tratamiento 1, se obtuvieron mayores niveles de consumo.

En cuanto al tratamiento 3, el cual presenta una composición seca de la dieta y un componente alto en lípidos, el consumo durante el período 1 fue de 10,1 Kg de MS, mientras que durante el período 2, disminuyó a 8,33 Kg de MS, lo que resulta en una significativa diferencia ( $Pr < 0,05$ ) de 1,77 Kg entre ambos momentos. Si se considera la composición de la dieta de este tratamiento, la FDN efectiva de del período 2 resultó ser menor que la dieta del período 1.

Con respecto al tratamiento 4, el cual se basa en una dieta seca, aunque sin el componente lipídico, se aprecia un consumo de 10,96 Kg de MS para el primer período, y de 8,46 Kg para el segundo período. Esto resulta en una disminución de 2,5 Kg de materia seca, la cual resulta ser significativa dicha diferencia ( $Pr < 0,05$ ).

De acuerdo a los resultados, se demuestra que los tratamientos 3 y 4, cuando tuvieron un cambio de dieta húmeda a seca, presentaron una disminución en el consumo de alimento, mientras que los tratamientos 1 y 2, alimentados en base a dieta húmeda durante todo el estudio, el consumo de alimento aumentó a lo largo del período experimental.

## **5.2 Ganancia de peso**

El estudio de la ganancia de peso se realizó a partir de datos de dos pesadas realizadas durante el período experimental. En base a estos registros, se realizó la media de mínimos cuadrados para la ganancia de peso incluyendo el total de animales, el cual se presenta en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Resultado de media de mínimos cuadrados para ganancia de peso, incluyendo el total de individuos*

<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
1,11	0,66	0,586

Debido a que  $Pr > F$  es mayor a 0,05, no hay diferencias significativas para la ganancia de peso cuando se analiza a la totalidad de individuos.

Cabe destacar que se registró la pérdida de peso de individuos en tres de los cuatro tratamientos realizados, por lo que se hizo el análisis estadístico de la ganancia de peso para aquellos animales que únicamente tuvieron ganancias en su peso durante el estudio, dicho análisis se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Media de mínimos cuadrados para ganancia de peso, incluyendo únicamente individuos que tuvieron ganancia*

<b>Cuadrado de la media</b>	<b>F-valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
2,07	1,16	0,348

En este caso,  $Pr > F$ , también es mayor a 0,05, por lo que no hay diferencias significativas cuando se contemplan únicamente aquellos individuos que tuvieron ganancia de peso.

La ganancia media diaria que presentaron los animales por tratamiento durante el período experimental se presenta en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Ganancia media diaria de los cuatro tratamientos durante el período experimental*

<b>Tratamiento</b>	<b>GMD (Kg/a/día)</b>
<b>1</b>	0,076 a
<b>2</b>	0,438 a
<b>3</b>	0,244 a
<b>4</b>	0,132 a

*Nota.* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. ( $Pr < 0,05$ ). GMD: Ganancia media diaria (Kg/animal/día).

A pesar de que tienen distinta media los tratamientos, estadísticamente no existen diferencias significativas ( $Pr > 0,05$ ). Esto se debe a que dentro de cada tratamiento se encontró una gran variación, animales que perdieron peso, otros que mantuvieron y algunos que tuvieron ganancia. Las diferencias no se pueden explicar por el efecto del tratamiento.

### 5.3 Eficiencia de conversión

A continuación, se presenta la eficiencia de conversión, para la misma, se tuvo en cuenta el consumo medio que presentaron los tratamientos a partir del momento en que se empieza a brindar dietas diferenciales. A su vez, debido a que se constató la pérdida de peso de algunos animales en distintos tratamientos, los mismos no se tuvieron en cuenta al momento de calcular esta variable. Los resultados se presentan en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Consumo medio, ganancia media diaria y eficiencia de conversión para los cuatro tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Consumo (Kg/MS)</b>	<b>GMD (Kg/a/d)</b>	<b>Eficiencia de conversión</b>
1	10,34	0,281 a	37:1 a
2	13,54	0,538 a	25:1 a
3	8,33	0,244 a	34:1 a
4	8,46	0,208 a	40:1 a

*Nota.* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. ( $Pr < 0,05$ ). GMD: Ganancia media diaria (Kg/animal/día). Eficiencia de conversión: Kg materia seca consumidos: Kg de peso ganado.

La media de la ganancia diaria cuando no se tienen en cuenta los animales que perdieron peso, no presentan diferencias significativas en términos estadísticos ( $Pr > 0,05$ ), a pesar de ser distintas entre tratamientos.

La eficiencia de conversión de los distintos tratamientos, no tuvo diferencias significativas entre ellos ( $Pr > 0,05$ ). Las cuales resultaron ser muy bajas.

El consumo está afectando a la eficiencia de conversión y se encontró una gran variabilidad dentro de los tratamientos, fundamentalmente en los dos primeros, teniendo el tratamiento 1 un mínimo de consumo de 4 Kg y un máximo de 13 Kg, mientras que en el tratamiento 2, el mayor consumo resultó ser de 15 Kg y el mínimo de 6 Kg. En cambio, los tratamientos 3 y 4, tuvieron consumos más homogéneos.

Debido a la variabilidad encontrada dentro de los tratamientos en relación a la ganancia diaria, es que se procedió a realizar la eficiencia de conversión sin tener en cuenta los casos con mejor y peor comportamiento, para así evitar grandes variaciones en los resultados. Los resultados de dicho análisis se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11**

*Consumo medio, ganancia diaria ajustada y eficiencia de conversión para los cuatro tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Consumo (Kg/MS)</b>	<b>GMD (Kg/a/d)</b>	<b>Eficiencia de conversión</b>
1	10,34	0,398 a	26:1 a
2	13,54	0,664 a	20:1 a
3	8,33	0,334 a	25:1 a
4	8,46	0,329 a	26:1 a

*Nota.* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas. (Pr<0,05). GMD: Ganancia media diaria (Kg/animal/día). Eficiencia de conversión: Kg materia seca consumidos: Kg de peso ganado.

Como resultado del ajuste en el procedimiento, las eficiencias se igualaron entre tratamientos, aun así, estas siguen siendo bajas y entre ellas no hay diferencias en términos estadísticos (Pr>0,05).

## 6. DISCUSIÓN

En esta sección se analizarán los resultados obtenidos, relacionando los datos con la información recabada en la revisión bibliográfica, para así comprender los resultados alcanzados y divulgar la importancia de esta investigación.

En lo que respecta al consumo diario de materia seca, el tratamiento que obtuvo mayores valores, resultó ser el que recibía una dieta húmeda, cuya composición presentaba menores niveles de materia seca, y tuvo un consumo de 12,73 Kg de MS. Esto estaría relacionado a los mecanismos de regulación de consumo, según McDonald et al. (1999), cuando el animal consume alimentos voluminosos, el mecanismo que regula el consumo sería el físico, por lo que los animales detendrían el consumo cuando la capacidad del rumen está limitada. Por el contrario, en los tratamientos con dieta seca, los mecanismos que estarían operando serían fisiológicos, y el consumo está limitado por el aumento de la concentración de metabolitos.

Debido a que la composición de la dieta del tratamiento que logró mayores niveles de consumo era idéntica a otro tratamiento, las diferencias entre estos (12,73 y 9,68 Kg MS), se podrían deber a distintos comportamientos en la ingesta de alimentos, cumpliéndose la hipótesis planteada de detectar diferencias individuales, por lo que habría animales dominantes y otros subordinados. Esto concuerda con lo que explican Lager et al. (2011), donde los animales dominantes consumen mayor cantidad de alimento, explicado por mayores intervalos de tiempo por visita a los comederos.

Con respecto al tratamiento en base a dieta con un alto contenido lipídico, este tiende a tener menores consumos (8,33 Kg MS), lo que tiene relación con lo mencionado por Alvarado y Granja (2021), donde afirman que una suplementación lipídica puede tener efecto sobre la población microbiana responsable de la degradación de la fibra, lo que genera una disminución en la tasa de pasaje, provocando un efecto de llenado y por ende una baja en el consumo.

Se demostró que existe un cambio en el comportamiento del consumo cuando se da el inicio de una dieta diferencial. En aquellos animales alimentados en base a dieta húmeda, el consumo se vio reducido cuando se les empezó a brindar una dieta más seca.



Para conocer si el consumo de los animales durante el estudio fue acorde a lo que debería de consumir un animal de ese peso y en las condiciones alimenticias presentes, para que logren cubrir los requerimientos de mantenimiento, es que se realizó una estimación del consumo, de acuerdo a la fórmula elaborada por AFRC, que se indica en Alderman y Cottrill (1993). La misma se encuentra descrita en materiales y métodos. El consumo estimado, en comparación con lo que consumieron los animales durante el estudio, se presenta en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Consumo estimado y consumo durante el experimento de los cuatro tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Consumo Materia Seca (Kg/MS/día) según Alderman y Cottrill (1993)</b>	<b>Consumo Materia Seca (Kg/MS/día) del experimento</b>
<b>1</b>	10,29	10,34
<b>2</b>	10,44	13,54
<b>3</b>	11,38	8,33
<b>4</b>	10,41	8,46

*Nota.* Elaborado a partir de la fórmula presentada por AFRC, que se indica en Alderman y Cottrill (1993).

El consumo de alimento que tuvieron los animales durante el estudio en aquellos tratamientos con dieta seca, estuvieron por debajo de lo que los animales requieren por poder cubrir las necesidades de mantenimiento.

Durante la investigación, se constató la pérdida de peso de animales en tres de los cuatro tratamientos (tratamiento 1, 2 y 4). En el tratamiento 1, dos animales tuvieron pérdida de peso, en el tratamiento 2, un animal, mientras que en el tratamiento 4, dos animales perdieron peso. Particularmente, es de interés conocer que sucedió con estos animales en relación al consumo que presentaron, y equipararlo con el consumo estimado según la fórmula propuesta por AFRC, mostrada en Alderman y Cottrill (1993). En la tabla 13, se presenta dichos datos.

**Tabla 13**

*Consumo estimado y consumo durante el experimento de animales que perdieron peso*

RP	Tratamiento	Consumo Materia Seca (Kg/MS/día) según Alderman y Cottrill (1993)	Consumo Materia Seca (Kg/MS/día) del experimento	Pérdida de peso (Kg)
631	1	10,09	4,24	64
661	1	10,10	9,61	10
624	2	9,62	6,67	22
665	4	10,50	7,02	14
629	4	10,23	7,83	2

*Nota.* Elaborado a partir de la fórmula presentada por AFRC, que se indica en Alderman y Cottrill (1993).

La totalidad de los animales que tuvieron una pérdida de peso durante el experimento, presentaron un consumo por debajo de los requeridos para cubrir las necesidades de mantenimiento.

Los bajos consumo de estos animales puede estar relacionado a varios factores, en primer lugar, relacionado con los comederos, que, si bien se realizó un período de acostumbamiento, puede que este no haya sido suficiente y algunos animales se adaptaron mejor que otros, lo que favorece la competencia. A su vez, estos comederos a pesar de que permiten la alimentación de todos los animales, solo uno puede entrar a comer a la vez, lo que favorecería a la dominancia de determinados individuos.

Otro factor que podría estar afectando al consumo, sería un espaciado entre comidas muy amplio, vaciándose los comederos, por lo que los animales se quedarían sin accesibilidad de alimento.

En relación a la ganancia de peso, debido a que se encontró una gran variabilidad dentro de los tratamientos, los resultados indican que no hay diferencias significativas para esta variable. Sin embargo, el tratamiento que tendería a ganar más, es el que tiene mayores consumos de alimento. Esto es concordante con lo mencionado por Owens (1999), como se cita en Di Marco

(2006), el cual expresa que existe una asociación positiva entre el consumo y la ganancia de peso.

En cuanto a la eficiencia de conversión, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos, y estas tuvieron niveles muy bajos. Esto, probablemente es consecuencia de consumos muy reducidos y por ende de pérdidas de peso, y animales que no llegan a consumir lo requerido para ese nivel de peso. Según Di Marco (2006), los animales más eficientes tienen una conversión de 4,5 Kg de alimento por Kg de ganancia de peso, valores que distan de los obtenidos en este estudio.

Las principales limitantes que presentó el estudio fueron, la falta de inclusión de distintos porcentajes del concentrado lipídico, para así determinar en qué nivel se optimiza la eficiencia de conversión. Se constató la pérdida de peso de animales en tres de los cuatro tratamientos. Dichas pérdidas se podrían explicar principalmente por relaciones de jerarquía. En virtud de esto, hubiera sido conveniente realizar un mayor control de los animales durante el estudio.

Este trabajo demuestra la importancia de implementar el uso de una ganadería de precisión mediante la utilización de comederos inteligentes, ya que estos permiten el registro de información valiosa para el control de los sistemas. Durante el estudio, esta tecnología resultó ser eficiente y brindó datos útiles. Asimismo, es de suma importancia llevar a cabo un control permanente de los procesos durante el uso de los comederos. Tener presente la disponibilidad de comida, la posible pérdida de peso, y la competencia que puede existir entre animales. También se destaca la importancia del período de acostumbramiento, en el cual es trascendente observar el comportamiento de los animales, para así, evitar posibles efectos de dominancia, y poder agrupar los animales de acuerdo a su conducta frente a otros animales.

Resulta necesario, seguir con esta línea de investigación para así aumentar la precisión de los resultados y poder continuar con el estudio de subproductos con un alto contenido lipídico en la alimentación de animales de la raza Wagyu, cuyos beneficios además de estar ligados a la eficiencia de los sistemas productivos, se podrían ver reflejados también, en las características que hacen a la calidad de la carne de esta raza.

## 7. CONCLUSIONES

Fue posible determinar el consumo, ganancia de peso y eficiencia de conversión en novillos Wagyu alimentados con diferentes dietas.

Se observaron diferencias estadísticas en el consumo de materia seca, teniendo el tratamiento con dieta húmeda mayor consumo con respecto a dieta seca.

La variabilidad observada en cuanto a consumos, no permite concluir con relación a la eficiencia de conversión.

La utilización de comederos automáticos, requiere de un período de acostumbramiento de los animales, así como un control permanente de disponibilidad de comida, competencia entre animales y de pérdida o ganancia de peso.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldaya, S., Ayala, M., & Stirling, J. M. (2020). *Recría de terneras en confinamiento: Efecto del nivel de oferta de una ración concentrada sobre el crecimiento y eficiencia de uso del alimento* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Alderman, G., & Cottrill, B. R. (Comps.). (1993). *Energy and protein requirements of ruminants*. CABI.  
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9780851988511.0000>
- Alvarado, D., & Granja, Y. (2021). Suplementación lipídica para la producción de carne bovina en confinamientos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 13(2), Artículo e770. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.770>
- Aramberri, F., & Olano, L. (2022). *Caracterización de variables a la faena de novillos Wagyu puros o cruza con Angus, Hereford y Holando* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Barbat, R., & Zapara, R. (2022). Ganadería de precisión: Un concepto en construcción al que debemos prestar atención. *Revista del Plan Agropecuario*, (181), 18-20.  
[https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/197\\_3076.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/197_3076.pdf)
- Barbosa, J. D., Herrera, A., & Patrone, J. P. (2008). *Uso de dos manejos nutricionales y dos frecuencias diarias en dietas para ganado a corral y su efecto en la performance de los novillos* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Bavera, G. (s.f.). *Raza bovina japonesa Wagyu*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/a\\_curso\\_produccion\\_bovina\\_de\\_carne/7B-11-Capitulo-XI-Raza-Japonesa.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/a_curso_produccion_bovina_de_carne/7B-11-Capitulo-XI-Raza-Japonesa.pdf)
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., & Petryna, A. (2005). *Crecimiento, desarrollo y precocidad*. Sitio Argentino de Producción Animal.  
[https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/05-crecimiento\\_desarrollo\\_y\\_precocidad.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf)
- Burjel, V., & Marques, M. (2017). *Caracterización del comportamiento de consumo a corral y su vinculación con la eficiencia de conversión en vacunos de la raza Hereford* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

- Carstens, G., & Tedeschi, L. (2006). Defining feed efficiency in beef cattle. En Beef Improvement Federation (Ed.), *Proceedings of the Beef Improvement Federation: 38th Annual Research Symposium and Annual Meeting* (pp. 12-21). <https://beefimprovement.org/wp-content/uploads/2013/07/BIF-Proceedings6.pdf>
- Casal, A. (2019). *Mecanismos celulares y moleculares relacionados a la eficiencia de utilización de la energía en bovinos* [Disertación doctoral]. Universidad de la República.
- Castaño, F. A., Rugeles, C. C., Betancur, C. A., & Ramírez-López, C. J. (2014). Impacto del estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción. *Revista Biosalud*, 13(2), 84-94.
- Comederos inteligentes que evalúan la conducta del ganado.* (s.f.). Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/cofecyt/proyectos-cofecyt/comederos-inteligentes>
- Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tarazona, A. M., & Barahona, R. (2013). Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 70-81.
- Di Marco, O. N. (1998). *Crecimiento de vacunos para carne*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Di Marco, O. N. (2004). *Curso de posgrado, actualización en invernada*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/16-fisiologia\\_del\\_crecimiento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf)
- Di Marco, O. N. (2006). *Eficiencia de utilización del alimento en vacunos*. Sitio Argentino de Producción Animal. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/89-eficiencia\\_utilizacion\\_alimento.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/89-eficiencia_utilizacion_alimento.pdf)
- Di Marco, O. N. (2007). *Conceptos de crecimiento aplicados a la producción de carne*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/19-conceptos\\_de\\_crecimiento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/19-conceptos_de_crecimiento.pdf)
- Duarte, M. S., Paulino, P. V. R., Das, A. K., Wei, S., Serão, N. V. L., Fu, X. S., Harris, M., Dodson, M. V., & Du, M. (2013). Enhancement of adipogenesis and fibrogenesis in skeletal muscle of Wagyu compared with Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 91(6), 2938-2946.

- Forlino, A. (2021, 21 de abril). *Algunas curiosidades acerca de la nutrición del ganado Wagyu*. Wagyu360. <https://www.wagyu360.com.ar/post/algunas-curiosidades-acerca-de-la-nutrici%C3%B3n-del-ganado-wagyu>
- García, A., Rodríguez, J. J., Ruiz, D. E. M. (1998). Optimización del engorde de bovinos en pastoreo en la pampa argentina mediante programación lineal. *Investigación agraria. Producción y Sanidad Animales*, 13(1-3), 99-118. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_en\\_general/57-A.GARCIA.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/57-A.GARCIA.pdf)
- García-Trejo, L. (2011, 4 de marzo). *Eficiencia de la producción animal*. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/produccion-animaleficiente-t28706.htm>
- Garro, R., & Tallarico, G. (2022). Ganadería de precisión: Innovaciones tecnológicas que agregan valor a la ganadería. *IDIA 21*, 2(1), 21-27. [https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12167/pubidia22\\_ano2\\_n1mayo\\_v4\\_p.21-27.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12167/pubidia22_ano2_n1mayo_v4_p.21-27.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gotoh, T., Nishimura, T., Kuchida, K., & Mannen, H. (2018). The Japanese Wagyu beef industry: Current situation and future prospects. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 933-950. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6039323/pdf/ajas-31-7-933.pdf>
- Hwang, H., Kim, D., Jeong, Y., Hur, J., & Joo, T. (2010). The relationship between muscle fiber and meat quality traits of highly marbled Hanwoo (Korean native cattle) steers. *Meat Science*, 86(2), 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.034>
- Lagger, J. R., Tolkamp, B., Haskell, M., Otrosky, N., Meglia, G., Mata, H., & Larrea, A. (2011). *Comportamiento social en vacas y vaquillonas en tambos: Ominantes y subordinadas*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/etologia\\_bovinos/15-Comportamiento.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/15-Comportamiento.pdf)
- López, L. (2022, 1 de junio). *Comederos inteligentes permiten optimizar el uso de alimentos y reducir costos*. Bichos de campo. <https://bichosdecampo.com/comederos-inteligentes-permiten-optimizar-el-uso-de-alimentos-y-reducir-costos/>
- Manteca, X. (2006). *Comportamiento de alimentación del bovino lechero*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/bienestar\\_en\\_bovinos/02-Comportamiento\\_alimentacion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/02-Comportamiento_alimentacion.pdf)

- Marín, M. F. (2023). *Evaluación de la eficiencia de uso de la energía de vaquillonas Hereford en pastoreo* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Matsuishi, M., Fujimori, M., & Okitani, A. (2001). Wagyu beef aroma in Wagyu (Japanese Black Cattle) beef preferred by the Japanese over imported beef. *Animal Science Journal*, 72(6), 498-504.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/chikusan1924/72/6/72\\_6\\_498/\\_pdf-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/chikusan1924/72/6/72_6_498/_pdf-char/en)
- Mazolla, M. (2022). Apuntes sobre Wagyu en Uruguay. *Revista del Plan Agropecuario*, (183), 16-18.  
[https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/199\\_3119.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/199_3119.pdf)
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (1999). *Nutrición animal* (5ª ed.). Acribia.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., & Morgan, C. A. (2006). *Nutrición animal* (6ª ed.). Acribia.
- Mesia, I., Cruz, J., Huaylla, K., & Zegarra, W. (2022, 1 de febrero). *Beneficios de la producción de carne de las razas Wagyu y Aberdeen Angus en el Perú (Parte 2)*. Actualidad Ganadera.  
<https://actualidadganadera.com/beneficios-de-la-produccion-de-carne-de-las-razas-wagyu-y-aberdeen-angus-en-el-peru-parte-2/#:~:text=La%20raza%20Aberdeen%20Angus%20tiene,comparaci%C3%B3n%20con%20el%20ganado%20Angus>
- Motoyama, M., Sasaki, K., & Watanabe, A. (2016). Wagyu and the factors contributing to its beef quality: A Japanese industry overview. *Meat Science*, 120, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.026>
- National Academy of Sciences, Engineering and Medicine. (2016). *Nutrient requirements of beef cattle* (8<sup>th</sup> ed.). National Academies Press.
- Navajas, E. (2021). I+D+i en genética de eficiencia de conversión: Apuesta a la sostenibilidad ganadera. En Intendencia Municipal de San José, Sociedad de Criadores Hereford del Uruguay & Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Eds.), *Genética para una ganadería sustentable: Avances en mejoramiento genético de eficiencia de conversión y estimaciones de emisiones de metano* (pp. 7-10).  
[http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%ABlicos/INIA%20Las%20Brujas/CARNE%20Y%20LANA/Genetica%20para%20una%20ganader%C3%ADa%20sustentable\\_nov2021.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%ABlicos/INIA%20Las%20Brujas/CARNE%20Y%20LANA/Genetica%20para%20una%20ganader%C3%ADa%20sustentable_nov2021.pdf)



- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Anuario estadístico agropecuario 2022*. MGAP.  
[https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O\\_MGAP\\_Anuario\\_estad%C3%ADstico\\_%202022-DIGITAL.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2022/O_MGAP_Anuario_estad%C3%ADstico_%202022-DIGITAL.pdf)
- Pordomingo, A. (2013). *Feedlot: Alimentación, diseño y manejo*. Sitio Argentino de Producción Animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/187-inta\\_feedlot\\_2013.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/187-inta_feedlot_2013.pdf)
- Pordomingo, A., & Garro, R. (s.f.). *Ganadería de precisión: Sistema de medición automatizado para la evaluación animal de consumo residual y comportamiento*. INTA.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/05/ganaderia\\_de\\_precision.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/05/ganaderia_de_precision.pdf)
- Prensa COFECYT. (2018). *Comederos inteligentes evalúan la conducta de las vacas* [Video]. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=XRSPe66ZLwc&t=35>
- Smith, S., Lunt, D., Chung, K., Choi, C., Tume, R., & Zembayashi, M. (2006). Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Animal Science Journal*, 77(5), 478-486.  
<https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2006.00375.x>
- Soares de Lima, J. M., Navajas, E., & Ravagnolo, O. (2021). La eficiencia de conversión como vector de mejora productiva y económica de la ganadería. En Intendencia Municipal de San José, Sociedad de Criadores Hereford del Uruguay, & Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Eds.), *Genética para una ganadería sustentable: Avances en mejoramiento genético de eficiencia de conversión y estimaciones de emisiones de metano* (p. 4).  
[http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/CARNE%20Y%20LANA/Genetica%20para%20una%20ganader%C3%ADa%20sustentable\\_nov2021.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/CARNE%20Y%20LANA/Genetica%20para%20una%20ganader%C3%ADa%20sustentable_nov2021.pdf)
- Velazco, J. (2021). Cuantificación del metano entérico en Kiyu: La bolilla que faltaba. En Intendencia Municipal de San José, Sociedad de Criadores Hereford del Uruguay, & Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Eds.), *Genética para una ganadería sustentable: Avances en mejoramiento genético de eficiencia de conversión y estimaciones de emisiones de metano* (pp. 15-18).  
[http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/CARNE%20Y%20LANA/Genetica%20para%20una%20ganader%C3%ADa%20sustentable\\_nov2021.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/CARNE%20Y%20LANA/Genetica%20para%20una%20ganader%C3%ADa%20sustentable_nov2021.pdf)