



Efecto de un implante estimulante de crecimiento anabólico sobre la respuesta productiva y económica de novillos de tres razas

Effect of an anabolic growth-stimulating implant on the productive and economic response of steers of three breeds

Arias, R.^{a, b*}, Manríquez, S.^a, Velásquez, A.^{c, d}

^a Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

^b Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias, Centro de Investigación de Suelos Volcánicos, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

^c Departamento de Ciencias Agropecuarias y Acuícolas, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile.

^d Núcleo de Investigación en Producción Alimentaria, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13.08.2021

Accepted 12.11.2021

Keywords:

Beef cattle

Holstein

Feed yard

Average Daily Gain

Original Research Article,

Animal Science

*Corresponding author:

Rodrigo Arias

E-mail address:

rodrigo.arias@uach.cl

ABSTRACT

The use of anabolic growth-promoting implants (AGPI) is an extensive practice in the beef cattle industry in many countries around the world. However, implant technology has evolved in the last 15 years as well as animal genetics. This study aimed to assess the economic and productive response to AGPI in steers of three breeds. A total of 198 steers of Chilean Red Friesian, Holstein, and beef crossbred breeds were used with initial body weights of 419 ± 3.5 kg; 439 ± 3.4 kg; and 412 ± 3.4 kg, respectively. Half of the animals within each breed ($n = 33$) were randomly assigned to receive an AGPI. Data on animal performance and the prices paid for the steers were collected and analysed considering a 2x3 factorial treatment structure (AGPI and breed). There was an interaction between breed and AGPI ($P < 0.005$) for average daily weight gain (ADG). The Chilean Red Friesian breed had the highest ADG with no differences due to AGPI (1.32 vs. 1.33 kg d^{-1}). Holstein steers increased ADG when used AGPI (1.23 vs. 0.79 kg d^{-1}) as well as beef crossbred steers (1.12 vs. 0.86 kg d^{-1}). The highest incomes due to AGPI were observed in Holstein steers (1.7 times than beef crossbred steers). Likewise, the return of the investment over the AGPI was also higher for Holstein steers (26 times) over beef crossbred steers (15 times). We conclude that ADG and marginal revenues were dependent on the combination of AGPI and breed. Implanted steers except for those of the Chilean Red Friesian breed presented a better economic and productive response.

RESUMEN

El uso de implantes anabólicos promotores del crecimiento (IAPC) es una práctica de extenso uso en la industria del ganado vacuno en muchos países del mundo. Sin embargo, esta tecnología ha evolucionado en los últimos 15 años al igual que en la genética animal en los últimos 50 años. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta económica y productiva a IAPC en novillos de tres razas. Se utilizaron un total de 198 novillos de las razas Frisona Roja Chilena (Clavel), Holstein e híbridos de carne con pesos vivos iniciales de (media \pm EEM) $419 \pm 3,5$ kg; $439 \pm 3,4$ kg; y $412 \pm 3,4$ kg, respectivamente. La mitad de los animales de cada raza ($n = 33$) fueron asignados aleatoriamente para recibir un IAPC. Datos sobre el desempeño productivo, así como los precios pagados por los novillos fueron recolectados y analizados considerando una estructura de tratamiento factorial 2x3 (IAPC y raza). Se observó una interacción entre raza y uso de IAPC ($P < 0,005$) para la ganancia de peso diario promedio (GDP). La raza Clavel tuvo la mayor GDP sin diferencias para el efecto de IAPC ($1,32$ vs. $1,33$ kg/d). Los novillos Holstein aumentaron la GDP cuando se utilizaron IAPC ($1,23$ vs. $0,79$ kg/d), así como los novillos híbridos ($1,12$ vs. $0,86$ kg/d). Los mayores ingresos debido al uso de IAPC se observó en novillos Holstein (1,7 veces más que en novillos híbridos). Asimismo, el retorno de la inversión sobre el IAPC también fue mayor (26 veces) para los novillos Holstein que para los novillos híbridos (15 veces). Se concluye que la GDP y los ingresos marginales son dependientes de la combinación de uso de IAPC y raza. Los novillos implantados, excepto de la raza Clavel, presentaron una mejor respuesta económica y productiva.

Palabras clave: ganado de carne, Holstein, corral engorda, Ganancia diaria de peso.

INTRODUCCIÓN

El uso de implantes anabólicos promotores del crecimiento (IAPC) es una práctica extendida en la industria del ganado vacuno en muchos países del mundo (Herao y Agonafir, 2017; Drouillard, 2018). Sin embargo, durante los últimos 15 años, se han efectuado importantes y significativos avances en la tecnología y estrategias de programas de implantes. Asimismo, en los últimos 50 años también se han registrado importantes avances en genética animal y en el manejo nutricional del ganado bovino de carne (Amer *et al.*, 2007; Johnston, 2007).

En Chile, el uso de IAPC ha sido objeto de un amplio debate durante décadas. Sin embargo, desde agosto de 2017 su uso está regulado y supervisado por el Servicio Nacional Agropecuario (SAG), el cual cuenta con una sección especial "módulo anabólico" en su sitio web, donde se controla estrictamente su venta y uso (<https://anabolicos.sag.gob.cl>). Según datos de la SAG, en 2016 se comercializaron en el país un total de 514.060 implantes en 1.634 predios. Desde entonces se ha observado una reducción en el número de anabólicos importados alcanzando 306.900 y 216.900 para el 2019 y 2020, respectivamente¹. Muchos ganaderos consideran el IAPC como una herramienta imprescindible en la fase de engorda, especialmente en novillos Holstein. Estos animales tienen un mayor potencial de crecimiento en comparación con las razas de carne. Sin embargo, presentan una conformación de los cuartos traseros de menor desarrollo. Así, los novillos Holstein presentan mayores desafíos para lograr un nivel adecuado de gordura y conformación que satisfaga la demanda del mercado. En EE. UU. se recomienda el uso de implantes menos agresivos en ganado Holstein durante la fase de terminación, pero en Chile la oferta de IAPC es limitada (https://medicamentos.sag.gob.cl/ConsultaUsrPublico/BusquedaMedicamentos_1.asp). Por otro lado, las razas británicas alcanzan el nivel de gordura deseado en menos tiempo, permitiendo el uso de IAPC terminales más agresivos, es decir, implantes que combinan compuestos androgénicos y estrogénicos, y que a su vez tienen una mayor concentración hormonal. Además, se acepta que tanto las razas de maduración temprana como tardía tienen un mejor rendimiento con IAPC, aunque se podría esperar que las razas de maduración tardía crezcan más rápido y durante más tiempo que las razas de maduración temprana (Partridge, 2011). En este contexto, y a pesar de su uso extendido, existen pocos estudios recientes en el país que evalúen la respuesta económica y productiva del ganado con el uso de implantes en distintas razas. La hipótesis planteada fue que el uso de IAPC mejora la ganancia diaria de peso promedio (GDP) y los ingresos en los novillos de engordados independiente de la raza.

¹ Comunicación Personal Juan Llantén Med. Veterinario SAG.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos de cuidado y manejo de los animales se ajustaron a la legislación nacional vigente, Ley N° 20.380 de Protección de los Animales; Decreto N° 29 sobre reglamentación sobre la protección de los animales durante su producción industrial, su comercialización y en otras áreas de tenencia de animales.

Ubicación y animales

El estudio se realizó en un predio comercial ubicado a 80 km de la ciudad de Valdivia en la Región de Los Ríos, Chile. Se utilizaron un total de 198 novillos de tres razas: Frisona roja chilena (Clavel), Holstein Friesian americano e híbridos de carne (Angus x Hereford). Los novillos Holstein e híbridos de carne nacieron en el mismo predio, pero los novillos Clavel fueron adquiridos en una subasta local de ganado con 180 kg de peso corporal y luego transportados al predio, donde se criaron en conjunto con los otros novillos. El peso vivo inicial promedio (\pm EEM) para comenzar la engorda fue de 419 (\pm 3,5), 412 (\pm 3,4) y 439 (\pm 3,4) kg para los novillos Clavel, híbrido de carne Angus x Hereford y Holstein, respectivamente. Todos los novillos fueron identificados con dispositivos RDFI y sujetos al mismo plan sanitario, que incluía vacunas (Clostridia y Leptospiriosis) y desparasitación.

Instalaciones y selección de animales

El experimento se llevó a cabo en una antigua plataforma lechera acondicionada como corral de engorda para ganado de carne. El piso era de hormigón cubierto por gomas unidas entre sí en forma de puzzle, con cercos de fierro y paredes de madera. Los animales tenían acceso permanente a los bebederos los que contaban con un sistema de llenado automático. Los novillos disponían de camas individuales acolchadas, ubicadas sobre el nivel del suelo. Además, los callejones de tránsito contaban con un sistema de lavado para la limpieza diaria. Todo el manejo y pesaje se realizó en la manga que contaba con balanza electrónica digital (Eziweigh 5 Tru-Test®, Datamars Livestock Ltda).

El estudio se realizó con un total de 198 novillos que se subdividieron en tres grupos homogéneos de 66 novillos para cada raza. Estos animales fueron seleccionados a partir de la existencia de novillos disponibles en el predio, considerando su peso vivo, edad y condición corporal. Dentro de cada grupo, de manera aleatoria el 50% de los animales recibió un IAPC. Cada novillo fue implantado con Revalor® (Intervet, Schering-Plough Animal Health) el cual contiene 140 mg de acetato de trembolona y 20 mg de benzoato estradiol, y que se clasifica como un IAPC de alta potencia. La aplicación del IAPC se efectuó el 05/05/2018 por personal

del predio. Al momento del implante todos los grupos presentaron un peso similar excepto los novillos Holstein que no recibieron IAPC ($P < 0,0001$).

Manipulación y alimentación

Todos los novillos fueron alimentados dos veces por día (9:30 y 14:30 h) con una única dieta (TMR) de finalización, la que incluía (base MS) ensilaje de maíz (76,40%), ensilaje de pradera (14,15%), granos de trigo triturado (8,50%), sales minerales y urea (0,95%). Las características nutricionales de la dieta de engorda fueron 28,7% MS; 13,2% CP; 1,8 Mcal ENm/kg MS y 1,14 Mcal ENg/kg MS. Previo al inicio del período experimental de 81 días, hubo un período de 30 días para permitir la adaptación de los animales a las instalaciones y a la dieta de engorda.

Los animales fueron pesados a intervalos de 20 días aproximadamente a las 08:00 h, antes de ser alimentados. Se estimaron las ganancias diarias promedio para cada período y para todo el período experimental. Adicionalmente, también se registraron variables meteorológicas diarias (temperatura, precipitaciones y velocidad del viento) desde una estación meteorológica ubicada en el mismo predio. Sin embargo, solo se consideraron los datos de temperatura para el análisis posterior, ya que los animales se encontraban bajo techo, protegidos de la lluvia y el viento.

Análisis económico marginal

El análisis económico marginal se llevó a cabo considerando las diferencias de peso vivo obtenidas entre novillos implantados vs. no implantados dentro y entre razas. Dado que no fue posible medir el consumo de alimento individual, no se analizó la conversión alimenticia. El costo del IAPC más la mano de obra fue de US \$ 3.2 por animal. El precio pagado por kilogramo de peso vivo se obtuvo de la planta faenadora (US \$ 1.88/kg de peso vivo) para el momento en que se vendieron los animales (24 de julio de 2018). Con esta información se estimaron los ingresos marginales asociados con el uso de IAPC para cada raza. Todos estos valores se utilizaron sin la incorporación del IVA.

Análisis de los datos

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico JMP v16.0 (SAS Institute, Cary, North Carolina, Estados Unidos), considerando una estructura de tratamiento factorial 2x3, donde el primer factor correspondió al IAPC, con dos niveles (con y sin). El segundo factor correspondió a la raza, con tres niveles (Holstein, Clavel e híbrido de carne). El diseño experimental fue completamente al azar con un 5% de significancia utilizando un ANCOVA (cova-

riable = peso vivo inicial) y la prueba de Tukey para comparaciones múltiples. El modelo estadístico fue $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \gamma(x_{ijk} - \hat{x}_{...}) + \varepsilon_{ijk}$; donde Y_{ij} es la observación de la i^{va} raza y el j^{vo} tratamiento de IAPC; μ es la media poblacional; α_i es el efecto fijo de i^{va} raza; β_j es el efecto fijo del j^{vo} tratamiento de IAPC; δ_k es el efecto del k^{vo} período; $(\alpha\beta)_{ij}$; $(\alpha\delta)_{ik}$; $(\beta\delta)_{jk}$; y $(\alpha\beta\delta)_{ijk}$ son los efectos de interacción entre IAPC, raza y período; $\gamma(x_{ijk} - \hat{x}_{...})$ es el efecto de la covariable de peso inicial; y ε_{ijk} es el error experimental.

RESULTADOS

Temperatura ambiente

Durante el período experimental se registraron 17 días con temperaturas ambientales bajo cero, lo que representa el 21% del período experimental total (Figura 1). La temperatura más baja se registró el 06 de junio de 2018, con -3,4 °C. Se aprecia una tendencia a la disminución de la temperatura ambiente promedio desde el comienzo del experimento. Sin embargo, a partir del 18 de junio de 2018, la temperatura ambiente permanece constante o aumenta ligeramente hasta el final del período experimental.

Respuesta productiva

La evolución del peso vivo corporal (PV) de novillos de las tres razas con y sin IAPC se presenta en la Figura 2. Todos los novillos mostraron un aumento en su PV con el tiempo, independientemente de la raza y uso de IAPC. Asimismo, se observa la diferencia en el potencial de crecimiento entre los híbridos de carne (británicos) y los continentales (Holstein y Clavel), especialmente a partir del 25 de mayo de 2018 en adelante ($P < 0,001$). El efecto del uso de IAPC en animales híbridos de carne fue evidente a partir del 14 de junio de 2018 con un peso medio más alto en los animales implantados en comparación con los no implantados ($P < 0,001$).

La GDP (Figura 3) fue dependiente de la raza y del uso de IAPC ($P < 0,005$). Asimismo, también se observaron efectos tanto de la raza como el IAPC por sí solos sobre GDP ($P < 0,001$). Las mayores GDP se registraron en los novillos de raza Clavel, pero sin efectos del uso de IAPC (1,32 vs. 1,33 kg/d). En tanto, los novillos Holstein con IAPC presentaron una GDP similar a los novillos Clavel. Por otra parte, los novillos híbridos de carne y los Holstein implantados presentaron GDP similares (1,12 y 1,23 kg/d, respectivamente). Las menores GDP se observaron en los novillos sin IAPC (híbridos de carne y Holstein) con 0,86 y 0,79 kg/d, respectivamente. Sin embargo, destaca el hecho de que no se observaron diferencias en las GDP en los novillos Clavel, a diferencia de lo observado en los novillos Holstein e híbridos

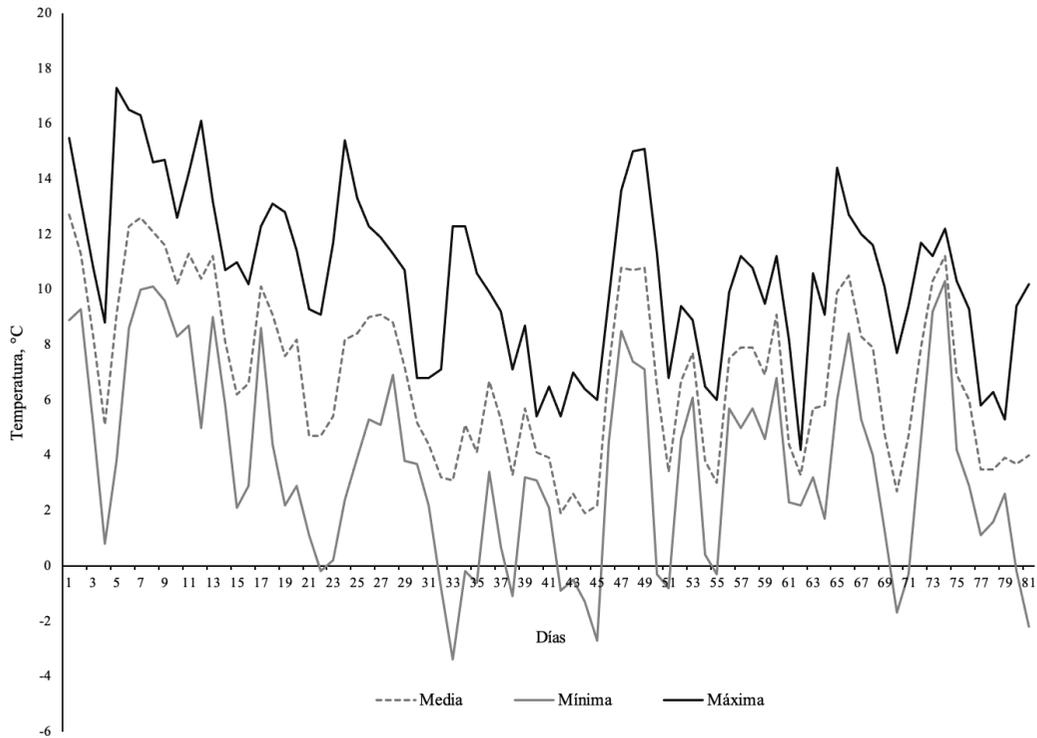


Figura 1. Valores diarios de temperatura ambiente (promedio, máximo y mínimo) durante el período experimental.
Figure 1. Daily values of ambient temperature (average, maximum and minimum) during the experimental period.

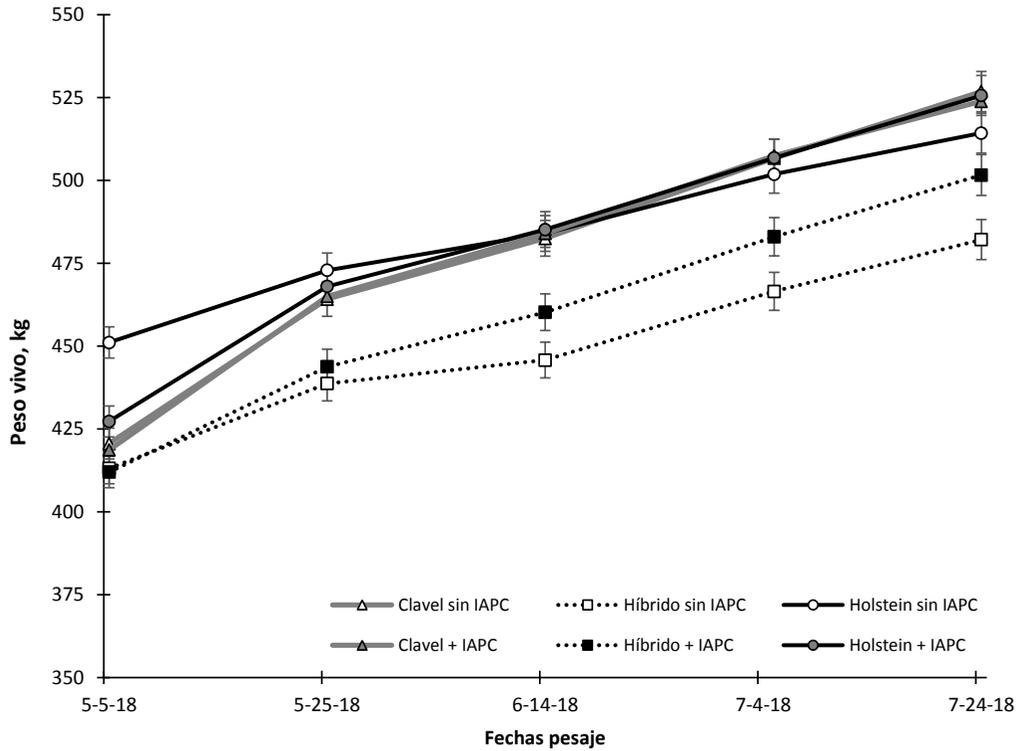


Figura 2. Mínimos cuadrados medios de peso vivo promedio (\pm EEM) por raza en animales con y sin implante anabólico promotor del crecimiento (IAPC).
Figure 2. Least squares mean of live body weight (\pm SEM) by breed in animals with and without anabolic growth-promoting implant (AGPI).

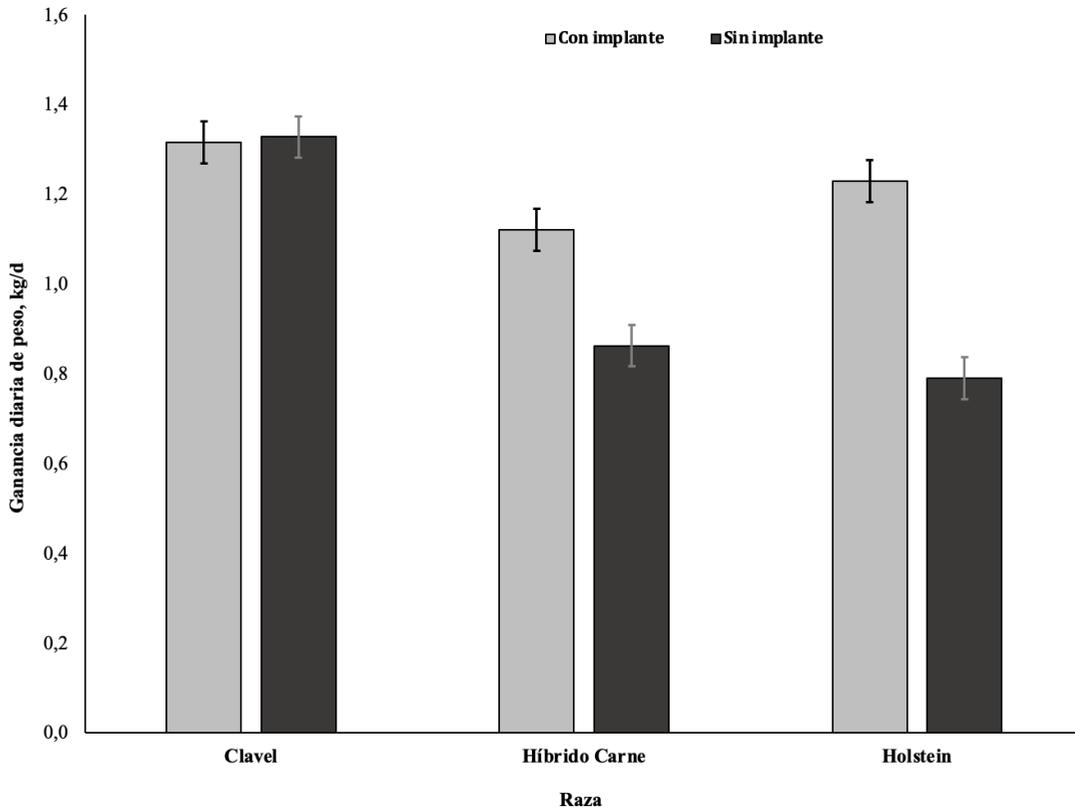


Figura 3. Mínimos cuadrados medios de ganancia diaria de peso promedio (\pm EEM) por raza en animales con y sin implante anabólico promotor del crecimiento. Diferentes símbolos indican diferencias estadísticas entre valores promedio de ganancia diaria de peso (prueba de Tukey, 5% de significancia).

Figure 3. Least squares mean average daily gain (\pm SEM) by breed in animals with and without anabolic growth-promoting implant. Different symbols indicate statistical differences between average daily gain values (Tukey’s test, 5% significance).

de carne (Figura 3). De hecho, los novillos Holstein aumentaron su GDP en un 56% cuando se utilizó un IAPC (1,23 vs. 0,79 kg/d) y los novillos híbridos de carne en un 30% (1,12 vs. 0,86 kg/d).

Por otro lado, no se observó interacción en la GDP para Periodo x Raza x IAPC ($P = 0,37$), pero si para IAPC x Periodo ($P = 0,028$) y Raza x IAPC ($P = 0,0015$), observándose una disminución de la GDP en el tiempo (Tabla 1). La menor GDP, en todas las razas, se observó en el segundo período, para posteriormente aumentar levemente. Se destaca la mayor variabilidad (EEM) observada en los novillos Clavel sin uso de IAPC. De hecho, durante los dos primeros periodos, el EEM de este grupo fue prácticamente el doble del valor de los novillos Clavel con uso de IAPC (0,24 vs. 0,12 EEM). Sin embargo, al finalizar del experimento los valores de EEM fueron similares para los novillos de ambos grupos (0,04 vs. 0,06 con y sin IAPC, respectivamente). Cabe destacar que en los dos primeros periodos los animales que recibieron un IAPC presentaron una menor variabilidad en la GDP (EEM más bajo) que los animales que no fueron implantados, independiente de la raza.

Análisis económico marginal

Los novillos Holstein e híbridos de carne implantados ganaron 35 y 21 kg respectivamente, más que los no implantados durante el período de estudio (Tabla 2). Sin embargo, los novillos Clavel prácticamente no mostraron diferencias entre ambos grupos. Se destaca que los novillos Holstein presentaron 1,86 veces más ingresos de los novillos híbridos de carne. El retorno sobre la inversión IAPC también fue mayor en los novillos Holstein, alcanzando 26 veces el costo marginal. En el caso de los novillos híbridos de carne, presentaron un diferencial de ingresos 15 veces superior al costo marginal de uso de IAPC. Finalmente, los novillos Clavel presentaron una rentabilidad negativa.

DISCUSIÓN

Al menos 30 países (Herago y Agonafir, 2017), incluido Estados Unidos (Drouillard, 2018), utilizan IAPC. En EE. UU., su uso genera un aumento de los ingresos de entre 50 y 120 dólares estadounidenses por

Tabla 1. Mínimos cuadrados medios para ganancia diaria de peso (GDP ± EEM) de los novillos por período para cada raza con y sin implante anabólico promotor del crecimiento (IAPC).

Table 1. Least squares mean for average daily gain (GDP ± SEM) of steers per period for each breed with and without anabolic growth-promoting implant (AGPI).

Tratamiento	Periodo 1		Periodo 2		Periodo 3		Periodo 4		Global	
Clavel sin IAPC	2,18	0,25	0,92	0,22	1,21	0,08	1,01	0,08	1,33	0,04
Clavel con IAPC	2,32	0,13	0,95	0,10	1,17	0,06	0,82	0,08	1,32	0,06
Híbrido sin IAPC	1,28	0,13	0,36	0,19	1,04	0,06	0,78	0,06	0,86	0,04
Híbrido con IAPC	1,59	0,14	0,82	0,07	1,14	0,06	0,93	0,08	1,12	0,05
Holstein sin IAPC	1,09	0,18	0,56	0,19	0,89	0,07	0,62	0,09	0,79	0,04
Holstein con IAPC	2,04	0,10	0,86	0,08	1,08	0,07	0,94	0,11	1,23	0,05

Tabla 2. Resumen de ingresos marginales asociados al uso de implantes anabólicos promotores de crecimiento (IAPC) en las tres razas evaluadas.

Table 2. Summary of marginal incomes associated with the use of anabolic growth-promoting implants (AGPI) in the three breeds evaluated.

	Clavel		Híbrido Carne		Holstein	
	Control	IAPC	Control	IAPC	Control	IAPC
Δ kg promedio ganados en el periodo (Error estándar de la Media)*	106,2	105,3	69,0	89,6	63,2	98,4
	3,1	4,5	3,0	4,4	3,4	3,9
Aumento, %		-1		30		56
Ingreso por animal, US\$†	199	197	130	169	118	184
Δ ingresos entre IAPC		-2		39		66
Retorno de la inversión de IAPC, veces		-1		15		26

*Significativo para la interacción raza x implante y para los factores principales (P < 0,0001).

†Considera 1.88 dólares EE.UU. por kg de peso vivo por novillo pagado por la planta faenadora (24 de julio de 2018). A los ingresos se les restó el costo del IAPC (US \$ 2.56) cuando correspondió. Todos los valores no incluyen IVA.

animal, lo que depende del número de implantes y la potencia de estos (Duckett y Pratt, 2014). De manera similar, los ingresos en Australia se han estimado entre 15 y 65 dólares estadounidenses por animal (Partridge, 2011). En el caso de Chile, los retornos estimados son de 58 a 100 dólares estadounidenses por animal, considerando tan sólo un implante en la fase de terminación (Arias et al., 2019a). Aunque el uso de IAPC ha sido fuertemente debatido por su potencial riesgo para la salud humana, el contenido de hormonas en la carne del ganado implantado rara vez excede al del ganado no implantado (Hartmann et al., 1998; Jeong et al., 2010). De hecho, el 90% de las hormonas ingeridas se inactivan en el hígado (Hartmann et al., 1998). Actualmente, existe consenso, a nivel mundial, de que el uso adecuado de IAPC no genera problemas para la salud de las personas. Esto se refleja en la declaración oficial de muchas agencias internacionales, incluyendo: Gru-

po de Trabajo Científico de la Comunidad Económica Europea sobre Agentes Anabólicos, Comité Internacional de Alimentos del Codex sobre Residuos de Medicamentos Veterinarios en los Alimentos, Conferencia Científica de la Comisión de Agricultura de la Comisión sobre la promoción del crecimiento de la producción de carne, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)/Organización Mundial de la Salud (OMS) y Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios (Márquez, 2008; Fajardo-Zapata et al., 2011). No obstante, este es un tema que todavía preocupa a los consumidores, quizás porque la mayoría de ellos no están bien informados sobre el uso real de hormonas en la producción de carne bovina (Yang et al., 2017).

Muchos investigadores han estudiado los efectos de IAPC sobre la respuesta productiva y la calidad de la carne (Webb et al., 2002; Duckett y Pratt, 2014). En

general, el uso de IAPC mejora la GDP entre un 15 y un 25% y la eficiencia de la alimentación en un 10 a 15% en comparación con animales no implantados (Nichols *et al.*, 2002). Por ejemplo, Reinhardt (2007) informó de un aumento en la GDP del 21%, similar al 23% promedio obtenido en este estudio. Sin embargo, el 56% que reportamos para novillos Holstein, excede a lo reportado por otros investigadores para la misma raza (Scheffler *et al.*, 2003; Torrentera *et al.*, 2017), que oscilan entre 16-20% de mejoras en la GDP. Cabe señalar que esos estudios tuvieron períodos de finalización más largos que en nuestro estudio (290 y 224 días, respectivamente). Torrentera *et al.* (2017) argumentan que el mejor desempeño del ganado Holstein podría explicarse por una reducción en los requerimientos energéticos de mantención, reducción que sería del orden del 22%. Asimismo, se ha sugerido que el ganado Holstein también es más sensible a los factores estresores ambientales como la combinación de bajas temperaturas + viento + pelo y capa húmeda; así como las condiciones del lodo (Chester-Jones *et al.*, 1998). En nuestro estudio, esta combinación no ocurrió porque los animales estaban protegidos del viento, la lluvia y el barro. Aunque las temperaturas fueron bajas, estas no representaron por sí mismas en un problema mayor para los animales que estaban bien alimentados. En consecuencia, la GDP observada en nuestro estudio podría explicarse por ambos aspectos. También se ha argumentado que el mejor uso de la energía en los novillos implantados podría reflejar una acción no nutricional de los implantes sobre la composición de la ganancia, mejorando la retención neta de proteínas y, por lo tanto, el crecimiento de tejido más magro de lo esperado para un peso y una ganancia determinados (Reinhardt, 2007). Estos antecedentes nos permiten especular que los animales implantados serían más pesados que los animales no implantados, dada la mayor densidad de tejido muscular en comparación con el tejido adiposo.

Los novillos Holstein tuvieron una GDP de 1,01 kg/d valor que fue similar al 1,03 kg/d reportado por Lockard *et al.* (2019) quienes utilizaron Revalor XS® (Merck Animal Health; 40 mg de estradiol y 200 mg de acetato de trembolona), pero inferiores a los reportados por otros investigadores que bordean los 1,68 kg/d (Torrentera *et al.*, 2017) y 1,73 kg/d (Carvalho *et al.*, 2020). Cabe destacar que, en estos estudios los animales fueron implantados a menor edad y peso, lo que unido al tipo de dieta y otros factores pueden explicar dichas diferencias. Otra posible explicación para la mayor GDP de los novillos Holstein en comparación con los híbridos de carne está dada por el mayor consumo de alimento que se ha reportado en el ganado Holstein, que en general es un 7% mayor (Carvalho *et al.*, 2020). Se ha propuesto lo mismo para otras razas, con aumentos promedio en el consumo de alimentos del

6% (Jeong *et al.*, 2010). En nuestro experimento no fue posible coleccionar esta información, pero basándose en la literatura podría ser posible que tuviera una influencia. Cabe destacar que en un estudio reciente realizado en Chile con novillos de cuatro razas a pastoreo reportaron GDP de 1,36 kg/d para novillos Holstein, no encontrando un efecto en el uso de IAPC (Rivero *et al.*, 2021).

La GDP de todas las razas disminuyó con el paso del tiempo de manera similar a lo reportado por Carvalho *et al.* (2020). De hecho, Torrentera *et al.* (2017) afirman que en el caso del ganado Holstein no implantado, la GDP disminuye drásticamente después de 510 kg de peso vivo, mientras que en los implantados esto ocurre con 550 kg. La disminución en la GDP reportada, especialmente entre el primer y segundo período, se explica en parte por el crecimiento natural del animal, el que tiende a reducir con el tiempo, a medida que este alcanza su peso adulto. En efecto, las razas de maduración tardía se encuentran en una fase de crecimiento más anabólico que las razas de maduración temprana si se comparan a un peso vivo similar. Luego, el uso de IAPC aumenta la intensidad y duración de esta actividad anabólica (Partridge, 2011). Una vez implantado el animal, se produce una “explosión” inicial de hormonas liberadas en el plasma sanguíneo (entre 3,9 y 8,6 veces el valor inicial), seguida de una disminución gradual en el tiempo para alcanzar valores normales (2,0 a 5,0 pg/mL). Generalmente, este aumento en la concentración de hormonas se observa durante los primeros 14 a 28 días (Mader, 1998; Birkelo, 2003; Carvalho *et al.*, 2020), y a los 14 días después del reimplante en caso de que se utilice. Sin embargo, una nueva familia de IAPC (recubiertos con polímero frente a no recubiertos) modifica el momento en el que las concentraciones máximas de hormonas circulan en el plasma sanguíneo (Smith *et al.*, 2018). Estos implantes han sido diseñados para proporcionar el efecto de dos dosis en un solo implante, con una proporción de los implantes recibidos en un polímero que retrasa la liberación de la hormona a la circulación del plasma sanguíneo.

En una revisión del uso de IAPC, principalmente de Centro y Sudamérica, Ledezma (2014) concluyó que los animales con IAPC siempre presentaron mejores resultados productivos que aquellos sin IAPC, a pesar de la diversidad de condiciones ambientales, condiciones, razas y manejo. De manera similar, Hojas (2004) evaluó la GDP en vaquillas de dos razas en Chile, híbridos de carne (Angus x Hereford) y Frisón negro, reportando valores mayores en aquellas con IAPC, independientemente de la raza. Nuestros resultados no concuerdan con esto, ya que en el caso de los novillos Clavel no encontramos diferencias ni en la GDP ni en los ingresos marginales. Por su parte Rivero *et al.* (2021) tampoco encontraron efecto de IAPC en la raza Holstein. En nuestro estudio los animales Clavel presentaron una mayor variabilidad, especialmente en los dos prime-

ros registros de peso. Para poder explicar la ausencia de efectos al uso de IAPC es necesario evaluar en una futura investigación la concentración de hormonas e IGF-1 circulantes en el plasma sanguíneo, así como la actividad de la síntesis de ARN. Lo anterior, junto con la ingesta de materia seca, permitirá una mayor claridad al respecto.

Las condiciones climáticas son un tema para considerar en el desempeño productivo de los animales, ya que cualquier estrés térmico influirá en la respuesta productiva (Chester-Jones *et al.*, 1998). De hecho, Mader y Kreikemeier (2006) informaron efectos estacionales sobre las concentraciones de varios metabolitos en la sangre, particularmente IGF-1. La importancia de IGF-1 y su relación con IAPC ha sido ampliamente discutida (Johnson y Chung, 2007; Dayton y White, 2013, 2014). En muchos países de América del Sur, la temporada de invierno es sinónimo de gran acumulación de barro que puede extenderse por varios meses, así como animales con el pelaje y capa constantemente húmedos. Ambas condiciones son de gran relevancia porque se han asociado con mayores costos energéticos para termorregulación (Mader, 2011; Mader y Arias, 2011). Mader (2014) afirma que las necesidades energéticas podrían aumentar en un 20% en invierno en comparación con el verano. En este mismo contexto, en un estudio realizado en Chile se reportaron reducciones en la GDP de 50,5% y 42,5% en novillos con IAPC, alimentados con dietas que proporcionaron 1,85 o 2,72 veces los requerimientos de energía metabolizable de mantención, respectivamente (Arias *et al.*, 2019b). En este estudio, los animales no estuvieron expuestos a condiciones adversas severas, ya que estaban en un galpón.

Finalmente, el ingreso marginal asociado al uso de IAPC se encuentra dentro de lo reportado por varios autores, pero en nuestro caso con importantes diferencias entre razas. Se ha observado que el propósito de IAPC es mejorar la eficiencia de la producción, reducir los costos de producción y mejorar la rentabilidad (Reinhardt, 2007). Esto, sin duda, crea una oportunidad para seguir investigando en este tema.

CONCLUSIONES

La respuesta productiva de los animales y los ingresos marginales observados fueron dependientes de la combinación de la raza y uso de IAPC. El mejor retorno al uso de implantes promotores del crecimiento fue para los novillos Holstein.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todo el personal del Fundo Loncopán por su colaboración y ayuda en la realización de este estudio. Esta investigación no recibió financiación específica.

DECLARACIÓN CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores no tienen ninguna relación financiera o personal con personas u organizaciones que puedan influir de manera inapropiada o sesgar el contenido del manuscrito.

REFERENCIAS

- Amer, P.R., Nieuwhof, G.J., Pollott, G.E., Roughsedge, T., Conington, J., Simm, G., 2007. Industry benefits from recent genetic progress in sheep and beef populations. *Animal* 1, 1414–1426. <https://doi.org/10.1017/S175173110700078X>
- Arias, R.A., Santa-Cruz, C., Velásquez, A., 2019a. Effect of High Potency Growth Implants on Average Daily Gain of Grass-Fattened Steers. *Animals* 9, 587.
- Arias, R.A., Keim, J.P., Gandarillas, M., Velasquez, A., Alvarado-Gilis, C., Mader, T.L., 2019b. Performance and carcass characteristics of steers fed with two levels of metabolizable energy intake during summer and winter season. *Animal* 13, 221–230.
- Birkelo, C.P., 2003. Pharmaceuticals, direct-fed microbials, and enzymes for enhancing growth and feed efficiency of beef. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 19, 599–624.
- Carvalho, P.H.V., Perry, G.A., Felix, T.L., 2020. Effects of steroidal implants on feedlot performance, carcass characteristics, and serum and meat estradiol-17 β concentrations of Holstein steers. *Translational Animal Science* 4, 206–213.
- Chester-Jones, H., Di Constanzo, A., Peters, T., Rebhan, H., Schaefer, D., Vermiere, D., 1998. Now there's dairy steers on the farm: What do you feed them?, Proc. Tri-State Dairy Nutrition conference. Fort Wayne, April 1998. Ohio State, Michigan State, and Purdue Univ. Extension Service.
- Dayton, W.R., White, M.E., 2013. Mechanisms of anabolic steroid action in bovine skeletal muscle, in: Cobb, G.P., Smith, P.N. (Eds.), *Evaluating Veterinary Pharmaceutical Behavior in the Environment*. American Chemical Society Washington DC, Vol. 1126 pp. 12.
- Dayton, W.R., White, M.E., 2014. Meat science and muscle biology symposium—Role of satellite cells in anabolic steroid-induced muscle growth in feedlot steers. *Journal of Animal Science* 92, 30–38.
- Drouillard, J.S., 2018. Current situation and future trends for beef production in the United States of America - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 31, 1007–1016.
- Duckett, S.K., Pratt, S.L., 2014. Meat science and muscle biology symposium—Anabolic implants and meat quality. *Journal of Animal Science* 92, 3–9.
- Fajardo-Zapata, A.L., Méndez-Casallas, F.J., Molina, L.H., 2011. Residuos de fármacos anabolizantes en carnes destinadas al consumo humano. *Universitas Scientiarum* 16, 77–91.
- Hartmann, S., Lacorn, M., Steinhart, H., 1998. Natural occurrence of steroid hormones in food. *Food Chemistry* 62, 7–20.
- Herago T., Agonafir, A., 2017. Growth promoters in Cattle. *Advances in Biological Research* 11, 24–34.

- Hojas, A., 2004. Evaluación de dos compuestos hormonales en la engorda de vaquillas. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile.
- Jeong, S-H., Kang, D., Lim, M-W., Kang, C.S., Sung, H.J., 2010. Risk assessment of growth hormones and antimicrobial residues in meat. *Toxicological research* 26, 301-313.
- Johnson, B.J., Chung, K.Y., 2007. Alterations in the physiology of growth of cattle with growth-enhancing compounds. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 23 (2), 321-332.
- Johnston, D., 2007. Genetic trends in Australian beef cattle-making real progress. *Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics. Australia*. pp. 8-15.
- Ledezma, B.A., 2014. Utilización de omplantes anabolizantes en producción de carne bovina. Monografía thesis, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Lockard, C.L., Richards, C.J., Lockard, C.G., Youngers, M., Woolsoncroft, M.A., Husz, T.C., Wilson, B.K., Goad, C.L., Jackson, T.A., Step, D.L., Bernhard, B.C., Corbin, M.J., Krehbiel, C.R., 2019. Growth, performance, and carcass characteristics of feedlot Holstein steers fed ractopamine hydrochloride. *Translational Animal Science* 4, 102-117.
- Mader, T.L., 1998. Feedlot medicine and management. *Implants. Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice* 14, 279-290.
- Mader, T.L., 2011. *Mud Effects on Feedlot Cattle*. University of Nebraska-Lincoln USA.
- Mader, T.L., 2014. Bill E. Kunkle Interdisciplinary Beef Symposium: Animal welfare concerns for cattle exposed to adverse environmental conditions. *Journal of Animal Science* 92, 5319-5324.
- Mader, T.L., Arias, R.A., 2011. Predicción del desempeño productivo del ganado bajo condiciones de estrés por barro, lluvia y viento, in: Arias, R. (Ed.), *Producción de carne: Aspectos técnicos para enfrentar la demanda de calidad y sustentabilidad en un clima cambiante*. Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile, pp. 5.
- Mader, T.L., Kreikemeier, W.M., 2006. Effects of growth-promoting agents and season on blood metabolites and body temperature in heifers. *Journal of Animal Science* 84, 1030-1037.
- Márquez, D., 2008. Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9, 124-135.
- Nichols, W.T., Galyean, M.L., Thomson, D.U., Hutchenson, J.P., 2002. Review: Effects of steroid implants on the tenderness of beef. *The Professional Animal Scientist* 18, 202-210.
- Partridge, I., 2011. *Hormone growth promotants and beef production. A best practice guide*. Meat Livestock Australia, North Sydney NSW.
- Reinhardt, C., 2007. Growth-promotant implants: managing the tools. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 23 (2), 309-319.
- Rivero, M.J., Araya, L., Oyarzo, M., Cooke, A.S., Morgan, S.A., Merino, V.M., 2021. Efficacy of Hormonal Growth Promoter Implants on the Performance of Grazing Steers of Different Breeds in Southern Chile. *Sustainability* 13 (16), 9135.
- Scheffler, J.M., Buskirk, D.D., Rust, S.R., Cowley, J.D., Doumit, M.E., 2003. Effect of repeated administration of combination trenbolone acetate and estradiol implants on growth, carcass traits, and beef quality of long-fed Holstein steers. *Journal of Animal Science* 81, 2395-2400.
- Smith, Z.K., Thompson, A.J., Hutchenson, J.P., Nichols, W.T., Johnson, B.J., 2018. Evaluation of coated steroidal implants containing trenbolone acetate and estradiol-17 β on live performance, carcass traits, and sera metabolites in finishing steers. *Journal of Animal Science* 96, 1704-1723.
- Torrentera, N., Barreras, A., Gonzalez, V., Plascencia, A., Salinas, J., Avery Zinn, R., 2017. Delay implant strategy in calf-fed Holstein steers: growth performance and carcass characteristics. *Journal of Applied Animal Research* 45, 454-459.
- Webb, A.S., Rogers, R.W., Rude, B.J., 2002. Review: Androgenic, estrogenic, and combination implants: Production and meat quality in beef. *The Professional Animal Scientist* 18, 103-106.
- Yang, R., Curry Raper, K., Lusk, J., 2017. The impact of hormone use perception on consumer meat preference. *Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting*. Mobile, AL, February 4-7, 2017. pp. 21.

