

FACTIBILIDAD BIOECONÓMICA POR SIMULACIÓN DE TRES ESCENARIOS DE CEBA INTENSIVA DE ACABADO EN PASTOREO¹

Pedro Guerra-Martínez²; Manuel Salvador De Gracia-Gálvez³

RESUMEN

El propósito del estudio fue determinar la factibilidad bio-económica (BF) de tres escenarios de ceba intensiva de acabado en pastoreo en el trópico húmedo, a través de la simulación. La alimentación se basó en *Brachiaria humidicola* fertilizada y un suplemento (18,0% PC; 3,3 Mcal EM/kg MS y B/. 0,34/kg BF). Se evaluaron tres escenarios de ceba: ENE-ABR, MAY-AGO y SEP-DIC. Peso inicial fue 375 kg y peso meta de >454 kg. Los factores simulados (FA) con el programa LIFE-SIM-BEEF del CIP fueron: Costo Energético (CE: 1,59; 5,0; 10,0; 15,0; 18,41% adicional a la NRC), Consumo de Concentrado (CC: 2,64; 4,0; 6,0; 8,0 y 9,36 kg BF/animal/día) y Carga Animal (CA: 1,16; 1,5; 2,0; 2,5 y 2,84 UA/ha). Para el arreglo de tratamientos y análisis de datos se usó el Diseño Composición Central y las variables de respuestas (VR) fueron: ganancia diaria de peso (GDP), peso vivo final (PVF) y costo de producir un kilo de carne (CPKG). La prueba "falta-de-ajuste" ($P < 0,01$) indicó que los datos no ajustaron bien al modelo lineal-cuadrático con interacciones ($P < 0,01$). La significancia de los efectos de FA del modelo varió de acuerdo con las VR. Mayores GDP y PVF estuvieron relacionados con mayores CPKG. Con el nivel de CE de 10,00%, CC de 9,36 kg BF/animal/día y CA de 2,00 UA/ha se obtuvieron las mayores GDP y PVF en ENE-DIC, pero mayor CPKG en el escenario MAY-AGO. Resulta factible realizar tres cebas intensivas en pastoreo de acabado con suplementación en un año.

Palabras claves: Costo de producción, ganancia diaria de peso vivo, pastoreo, peso vivo final, suplementación.

¹ Recepción: 7 de mayo de 2022. Aceptación: 20 de noviembre de 2022.

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí. Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega". Gualaca, Chiriquí. M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. e-mail: pedroquerram16@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0001-6731-3624>

³ Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá, Panamá. Ph.D. Nutrición Animal. e-mail: msdegracia@gmail.com



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

BIO-ECONOMIC FEASIBILITY THROUGH SIMULATION OF THREE FINISHING INTENSIVE FEEDING SCENERIES ON GRAZING

ABSTRACT

The purpose of this study was to bio-economically determinate the feasibility (BF) of three finishing intensive feeding sceneries on grazing under humid tropic conditions through simulation. The intensive grazing system was based on *Brachiaria humidicola* fertilized plus a supplement (18,0% PC; 3,3 Mcal EM/kg MS and B/ 0,34/kg BF). Three feeding sceneries were evaluated: JAN-APR, MAY-AUG and SEP-DIC. Initial live weight was 375 kg and target final weight of >454 kg. Factors were simulated (FA) by CIP's LIFE-SIM-BEEF program and their levels were: Energy Cost (CE: 1,59; 5,0; 10,0; 15,0; 18,41% additional to the NRC), Concentrate Consumption (CC: 2,64; 4,0; 6,0; 8,0 and 9,36 kg BF/animal/day) and Stocking Rate (CA: 1,16; 1,5; 2,0; 2,5 and 2,84 AU/ha). Central Composite Design was used for treatments arrangement and analysis of data, and responses variables (VR) were daily weight gain (GDP), final live weight (PVF) and cost of producing one kilogram of meat (CPKG). Lack-of-fit test indicated that data did not adjust well to linear-quadratic with interaction model ($P < 0,01$). Significance of FA model effects varied according to VR. Higher GDP and PVF were related to higher CPKG. With CE level of 10,00%, CC of 9,36 kg BF/animal/day and CA of 2,00 AU/ha, higher GDP and PVF in JAN-DIC scenery were obtained, but higher CPKG in the MAY-AGO scenery. It is feasible to carry out three intensive fattening in finishing grazing with supplementation in one year.

Key words: Cost of production, daily gain of live weight, grazing, final body weight, supplementation.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos bovinos de carne de Panamá se desarrollan en pasturas mejoradas y/o naturalizadas, en su mayoría, en la modalidad de ceba extensiva. La productividad de estos sistemas está afectada por factores relacionados con la alimentación, la cual se basa en forrajes y en donde la disponibilidad y calidad están en función de la época del año. Otros factores de gran importancia que también están relacionados con dicha productividad son: salud del hato, reproducción y el estrés calórico.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las metas para mejorar la competitividad y rentabilidad de la producción de carne bovina, de acuerdo con Pinzón et al., (2004), incluyen producciones por hectárea mayor a 900 kg, edad al sacrificio de 22 a 24 meses y rentabilidad anual mayor a 18%. Además, agregan que las alternativas que se visualizan para superar lo que hasta ahora se ha logrado y alcanzar estas metas es a través del manejo y uso eficiente y racional de la pastura, incrementando la capacidad de carga animal y manteniendo alta ganancias de peso vivo por animal a través del año. Sin embargo, el potencial productivo de la pastura en la época seca (mediados de diciembre hasta mediados de abril, dependiendo del área geográfica) se ve reducido drásticamente hasta un 60% de lo obtenido en la época lluviosa, lo cual sugiere el uso de suplementación energética-proteica estratégica, que permitiría altas ganancias de peso y carga animal en la época seca.

Sistemas de pastoreo con especies como *Brachiaria humidicola*, *dictyoneura*, *decumbens* y *brizantha* (Ávila et al., 2000; Pinzón y Montenegro, 2002) han reportado ganancias diarias de peso (promedio anual) entre 0,450 y 0,550 kg/animal/día, cargas entre 3,5 y 4,5 cabezas/ha y ganancias de peso corporal de 725 a 860 kg/ha/año.

Las pasturas de la especie *Brachiaria* sp., como el pasto Señal (*B. decumbens*) contienen hasta 8,91% de proteína cruda (PC) en la época lluviosa y de 6,90% en la época seca; en ese mismo sentido el pasto Gualaca (*B. dictyoneura*) contiene 7,31% de PC en la época lluviosa y 5,25% en la época seca (Pinzón y Montenegro, 2002). Por otra parte, Guerra et al. (2002) reportan fluctuaciones de 7,45% a 8,2% de PC en la época lluviosa. De acuerdo con estos contenidos proteicos y los bajos contenidos energéticos <1,2 Mcal EM/kg MS, para alcanzar ganancias diarias de peso vivo mayores de 0,650 kg se requiere el uso de un suplemento energético-proteico.

El rubro carne bovina es de gran importancia en la canasta básica de Panamá y es también importante para la generación de divisa a través de la exportación. Sin embargo, factores como precios de los insumos, medicamentos y bajos precios de venta recibidos por el ganadero provocan que este rubro sea de baja rentabilidad y los sistemas de producción de baja competitividad y eficiencia. Reducir la edad del bovino al sacrificio y bajar el costo de producción, así como tomar en cuenta la eficiencia en el uso y manejo de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

la pastura como la principal fuente de alimentación merecen especial atención al desear hacer estos sistemas más productivos, sostenibles y competitivos. Con las experiencias del IDIAP en desarrollar sistemas de ceba a base de pastoreo de especies como las *Brachiarias* sp., y el uso de suplementos energéticos-proteicos para alcanzar mayores ganancias de peso vivo, hace posible simular sistemas de ceba de acabado en diferentes épocas del año y obtener información sobre cuál sería el mejor escenario para estos sistemas de ceba intensiva.

Por lo anterior, el propósito del estudio fue determinar, a través de la simulación, la factibilidad bioeconómica de tres escenarios de ceba intensiva de acabado en pastoreo con suplementación energética-proteica en el trópico húmedo de Chiriquí, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: Esta simulación se realizó tomando en cuenta las condiciones edafo-climáticas de la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP ubicada en el distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí, a 100 msnm, con precipitación anual de 4200 mm y temperatura media anual de 26° C. El suelo es del orden inceptisol, de textura franco arcilloso arenoso, con pH de 5,0, medio en materia orgánica (4,0%), bajo en fósforo (1,0 mg/kg), medio en potasio (0,13 cmol/kg) y bajo en calcio y magnesio (0,26 y 0,08 cmol/kg, respectivamente).

Información climática: Los datos climáticos e índice de temperatura-humedad de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 1976) ajustada por la velocidad del viento (Mader et al., 2004) (Cuadro 1). Se tomó como referencia los 23 años de registros (inicio 1 de noviembre de 1995 a 2018) de la Estación Gualaca II (108-043) situada a 100 msnm, latitud 8°31'20", longitud -82°18'03" por la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA, 2018).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Temperatura Ambiental (TA) Promedio Mensual, Humedad Relativa (HR) Promedio, Velocidad Del Viento (VV) Promedio Mensual e Índice Temperatura-Humedad Mensual Ajustada por Velocidad del Viento (ITHAJ) del Ecosistema Gualaca Bajo.

Mes del año	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Velocidad de Viento, Km/h	ITHaj ⁴
Enero	26,6	71,3	5,18	69,33
Febrero	27,4	64,0	6,48	68,31
Marzo	28,0	65,2	6,09	70,11
Abril	27,9	71,9	4,32	74,40
Mayo	27,2	82,3	3,02	77,27
Junio	26,7	85,4	2,16	78,56
Julio	26,6	85,5	2,16	78,40
Agosto	26,6	85,6	2,16	78,42
Septiembre	26,4	86,2	2,16	78,16
Octubre	26,1	87,9	2,16	77,36
Noviembre	26,1	84,4	2,16	77,45
Diciembre	26,2	78,2	3,46	74,28

Fuente: ETESA (2018).

Fuente de información de ceba en pastoreo: Se tomaron en cuenta las experiencias y resultados provienen de dos estudios de ceba de Guerra M. et al. (2002) y de Pinzón y Montenegro (2002) realizadas en la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega”.

Grupo racial: Para este estudio se tomaron animales con la composición genética $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ raza europea + $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ de la raza Brahman. El precio de compra promedio para el 2018 se estimó en B/. 1,83/kg y el precio de venta fue de B/. 2,02/kg, de acuerdo con la Subasta Ganadera S.A. (2018).

Pasturas y manejo: Se consideró la *Brachiaria humidicola* (90,0%) y su manejo de acuerdo con Guerra et al. (2002). La carga animal máxima alcanzada fue de 4,5 UA/ha⁵.

Fertilización de las pasturas: La fertilización consistió en 60, 30 y 20 kg por hectárea de N, P₂O₅ y K₂O. El nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones (junio, agosto y noviembre), mientras que el fósforo y potasio se aplicaron en junio.

⁴ NOAA (1976) $ITH=0.8*TA + ((HR/100)*(TA-14,3)) + 46.4$. Mader et al., (2004) $ITHaj=4,51 + ITH - (1,992*VV)$. $ITHaj < 74 < ITHaj < 79$ es alerta; $ITHaj < 79 < ITHaj < 84$ es peligro de estrés.

⁵ Unidad animal (UA) equivale a 400 kg de peso vivo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Características bromatológicas de la Brachiaria humidicola: La información proviene del trabajo de Guerra M. et al. (2002) y del Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP y se detalla mensualmente en el Cuadro 2. El costo de producción de un kilogramo de forraje en base fresca fue de B/. 0,005.

Cuadro 2. Características bromatológicas de la *Brachiaria humidicola* fertilizada por mes del año.

Mes del año	Disponibilidad (kg MS/ha)	Proteína Cruda en Base Seca (%)	Digestibilidad <i>in vitro</i> MS (%)
Enero	750	6,09	50,3
Febrero	630	5,80	47,5
Marzo	555	5,65	43,6
Abril	820	5,93	49,4
Mayo	1214	7,90	51,7
Junio	1685	8,85	53,5
Julio	1996	9,31	52,6
Agosto	1835	10,37	54,8
Septiembre	1765	10,97	57,4
Octubre	1326	9,51	56,8
Noviembre	1000	8,15	54,7
Diciembre	940	7,26	52,5
Promedio	1209,7	8,73	52,1

Fuente: Guerra M. et al. (2002); Laboratorio de Bromatología. IDIAP-EEG-CMO.

La MS promedio anual fue de 26,7%, siendo 37,6% en la época seca y 22,6% en la época lluviosa.

Suplementación energética-proteica: Para cubrir los requerimientos nutricionales diarios del animal se basó en la National Research Council (NRC, 2000). Para cumplir con los requerimientos nutricionales que la pastura no cubre se utilizó un concentrado energético-proteico a base de pulidura de arroz, pica de arroz, maíz molido y harina de soya. El costo y la composición bromatológica del concentrado se detallan en el Cuadro 3.

Escenario para simular: Para simular el comportamiento productivo y económico de la ceba bovina, se consideró la modalidad de ceba de acabado en pastoreo adicionando un concentrado energético-proteico. El escenario para evaluar se describe a continuación:

Ceba de acabado: es la fase donde se le da énfasis en la terminación del animal para que se obtenga un alto peso al sacrificio y una excelente conformación corporal para un alto rendimiento de la canal. El peso inicial considerado fue de 375 kg. Se consideraron



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

tres escenarios de ceba en el año: enero-abril (ENE-ABR) cuando hay una disminución abrupta de la disponibilidad y calidad del forraje y una mayor dependencia del suplemento, pero se buscan los mayores precios de venta al mercado al final de la época seca cuando hay mayor demanda de animales “gordos”; mayo-agosto (MAY-AGO) cuando aumenta la disponibilidad y calidad del forraje y reducción del uso del suplemento, pero los precios de venta al mercado se reducen por la oferta de animales “gordos” y septiembre-diciembre (SEP-DIC) cuando hay una disminución de la disponibilidad y calidad del forraje por el exceso de lluvia y mucha nubosidad con una moderada dependencia del suplemento; sin embargo, los precios de venta al mercado bajan por la sobre oferta de animales de todos los sistemas bovinos de producción por la próxima llegada de la época seca.

Cuadro 3. Composición bromatológica de los ingredientes que componen el concentrado y sus proporciones.

Ingredientes	MS	PC	EM	Concentrado (Base Fresca)	
	(%)	(%)	(Mcal/kg MS)	Proporción (%)	B/. /kg
Harina de soya	90,3	56,7	3,72	22,5	0,572
Pulidura de arroz	88,3	9,8	3,03	27,5	0,220
Pica de arroz	88,8	4,5	2,99	27,4	0,176
Maíz molido	89,9	5,5	3,61	22,6	0,473

El concentrado contiene: MS = materia seca (89,2%); PC = proteína cruda (18,0%); EM = energía metabolizable (3,3 Mcal/kg MS). Costo del concentrado = B/.0,34/kg BF.

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la EEG-CMO-IDIAP.

Factores y niveles: Para este estudio se consideraron tres factores: Costo Energético⁶ o CE, Consumo del Concentrado o CC y Carga Animal o CA. Se propuso un Diseño de Composición Central (DCC) con tres factores con el propósito de detectar tendencias lineales, curvilíneas e interacciones y los niveles de cada factor se obtuvieron con este diseño (Myers, 1976). Los niveles determinados para los tres factores fueron los siguientes:

- a.- Costo Energético (CE): 1,59%; 5%; 10%; 15% y 18,41% adicional al costo energético diario de acuerdo con la NRC (2000).
- b.- Consumo del Concentrado (CC): 2,64; 4,0; 6,0; 8,0 y 9,36 kg BF/día.
- c.- Carga Animal (CA): 1,16; 1,5; 2; 2,5 y 2,84 UA/ha.

⁶ Es el Costo Energético extra de la actividad de bovinos en pastoreo es debido al efecto combinado del gasto de energía inherente a las acciones de caminar y pastorear o cosecha de forraje (Di Marco y Aello, 2003).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Análisis de los datos: Con el DCC se estableció el siguiente arreglo espacial de las combinaciones de los niveles de los factores o tratamientos (Figura 1).

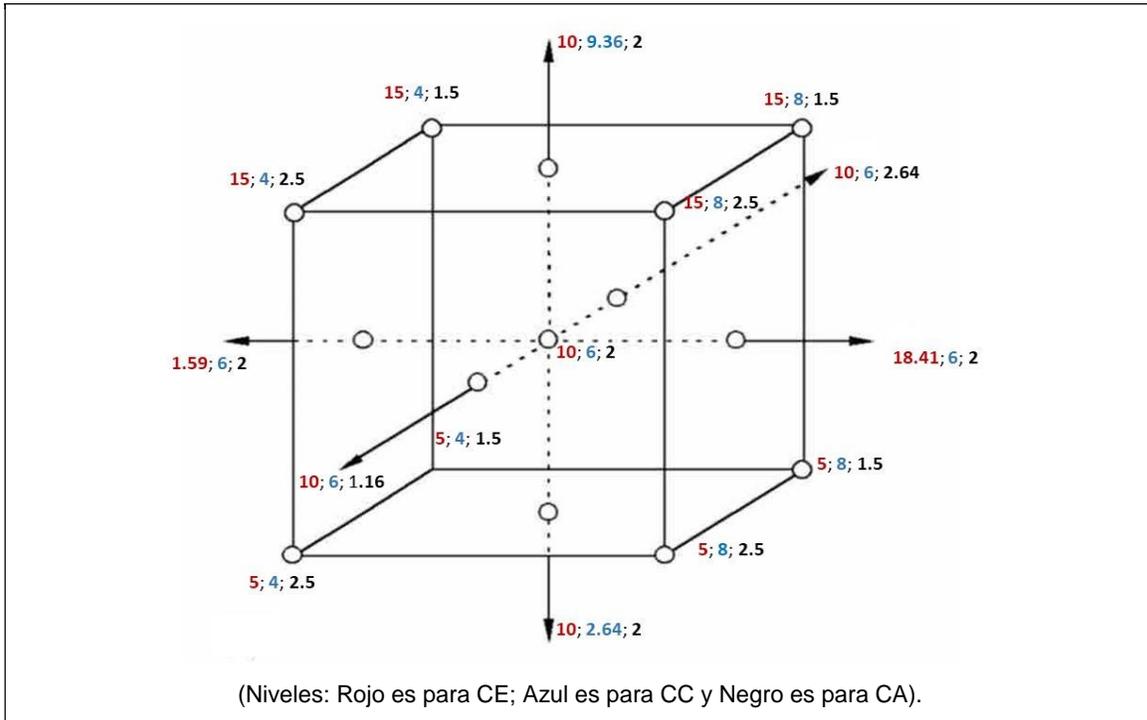


Figura 1. Arreglo espacial de las combinaciones de los niveles (“tratamientos”) de los factores o tratamientos de acuerdo con Myers (1976).

El modelo matemático fue un modelo lineal-cuadrático con interacciones y fue el siguiente:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{1.2}X_1X_2 + b_{1.3}X_1X_3 + b_{2.3}X_2X_3 + b_{1.1}X_1^2 + b_{2.2}X_2^2 + b_{3.3}X_3^2 + \varepsilon_{123}.$$

Donde:

\hat{Y} = es la expectativa de la variable de respuesta.

b_0 = es el intercepto.

$b_1, \dots, b_{1.2}, \dots, b_{3.3}$ = son coeficientes parciales de regresión lineales, cuadráticos y productos.

X_1 = es el Costo Energético (CE), X_2 = es el Consumo diario del Concentrado (CC), X_3 = es la Carga Animal (CA),

ε_{123} = es el error aleatorio.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se procedió a simular las ganancias diarias de peso vivo (GDP), peso vivo final (PVF) y costo de un kilo peso vivo ganado (CPKG) para cada combinación de niveles o “tratamientos” con el Programa LIFE-SIM Versión 15.1 desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2018a; CIP, 2018b; León-Velarde et al., 2006), y luego estos resultados fueron utilizados para correr el análisis de superficie de respuesta con el DCC (Myers, 1976). El punto central (10% CE, 6,0 kg/día CC y 2,00 CA) se replicó cinco veces para aumentar los grados de libertad del error y realizar la prueba de Falta de Ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Escenario ENE-ABR: El modelo lineal-cuadrático con interacciones aparenta ser no adecuado por la falta de ajuste en GDP y PVF y fue altamente significativa ($P < 0,01$) y significativo en CPKG ($P < 0,05$) (Cuadro 4); sin embargo, el modelo de superficie de respuesta fue altamente significativo ($P < 0,01$) en las tres características.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para GDP, PVF y CPKG en el escenario ENE-ABR.

FV	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		GDP	PVF	CPKG
Lineal	3	0,20231***	2909,910***	2,16x10 ⁻⁴
Cuadrático	3	0,00025*	4,739**	0,1970***
Productos cruzados	3	0,00047**	6,125**	5,12x10 ⁻⁴
Total del Modelo	9	0,06768***	973,591***	0,0658***
Falta de Ajuste	5	0,00016***	2,296***	6,4x10 ⁻⁴ **
Error Puro	5	8,3x10 ⁻⁶	<0,0001	8,0x10 ⁻⁵
Total del error	10	8,4x10 ⁻⁵	1,148	4,15x10 ⁻⁴
CV, %		1,26	0,231	2,72
R ²		0,999	0,999	0,993
R Múltiple		0,999	0,998	0,996
Factor:				
• CE	4	0,00432***	58,80598***	0,00018 ^{ns}
• CC	4	0,14801***	2132,35066***	0,14798***
• CA	4	0,00029**	3,96321**	0,00021 ^{ns}

* $P < 0,10$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,01$. FV=Fuente de variación; gl=grados de libertad; GDP= ganancias diarias de peso vivo; PVF= peso vivo final; CPKG= costo de un kilo peso vivo ganado.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para GDP y PVF el efecto lineal (Cuadro 4) fue altamente significativo ($P < 0,01$), pero no así en CPKG ($P > 0,05$); mientras que el efecto cuadrático fue altamente significativo ($P < 0,01$) en CPKG y significativo en PVF ($P < 0,05$). Una tendencia a la significancia ($P < 0,10$) se encontró en GDP. El efecto de los productos cruzados fue significativo ($P < 0,05$) para GDPV y PVF, pero no en CPKG ($P > 0,05$). Por otra parte, hay que resaltar que el CV estuvo entre 0,23 a 2,72%, el Coeficiente de Determinación (R^2) entre 0,999 a 0,993 y el Coeficiente de Correlación Múltiple (R) entre 0,999 a 0,996. Todos estos son parámetros utilizados para determinar la bondad de ajuste de los modelos polinomiales lineal-cuadrático con interacciones (Draper y Smith, 1981). Además, los efectos de CE y CC (Cuadro 4) fueron altamente significativos ($P < 0,01$) en GDP, PVF y CPKG, pero en CPKG con CE significativo ($P > 0,05$).

Las funciones de predicción para GDP, PVF y CPKG en el escenario ENE-ABR resultaron ser las siguientes:

$$\hat{Y}_{GDP} = 0,18705^{***} - 0,00912CE^{**} + 0,12434CC^{***} - 0,06586CA^{ns} + 2,5 \times 10^{-5} CE^2{}^{ns} - 7,5 \times 10^{-4} CC \times CE^{**} - 0,00236CC^2{}^{***} + 0,00310CA \times CE^{**} + 0,00775CA * CC^{**} - 0,00099CA^2$$

$$\hat{Y}_{PVF} = 395,444^{***} - 0,960CE^{**} + 15,406CC^{***} - 7,267CA^{ns} - 0,001CE^2{}^{ns} - 0,087CC \times CE^{**} - 0,317CC^2{}^{***} + 0,350CA \times CE^{**} + 0,875CA * CC^{**} - 0,114CA^2$$

$$\hat{Y}_{CPKG} = 0,15735^{ns} - 0,00041CE^{ns} + 0,09993CC^{***} - 0,02865CA^{ns} - 6,57 \times 10^{-5} CE^2{}^{ns} - 0,00063CC \times CE^{ns} - 0,00017CC^2{}^{***} + 0,00250CA \times CE^{ns} + 0,00625CA * CC^{ns} - 0,00663CA^2{}^{ns}$$

Los factores CE y CC fueron altamente significativos ($P > 0,01$) y CA significativo ($P < 0,05$) en GDP y PVF, mientras que solamente el factor CC fue altamente significativo en CPKG ($P < 0,01$) (Cuadro 4).

La distribución de los residuales para GDP es más estrecha con mayores valores PREDICT y a medida que aumenta y tiende a dispersarse así disminuyen estos valores PREDICT. Esto indica un comportamiento insatisfactorio de los residuales (Draper y Smith, 1981) y justifica porque la prueba de ajuste resultó altamente significativa ($P < 0,001$). Es notable la presencia “valores atípicos”, lo que da esa amplitud dispereja en su distribución (Figura 2).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

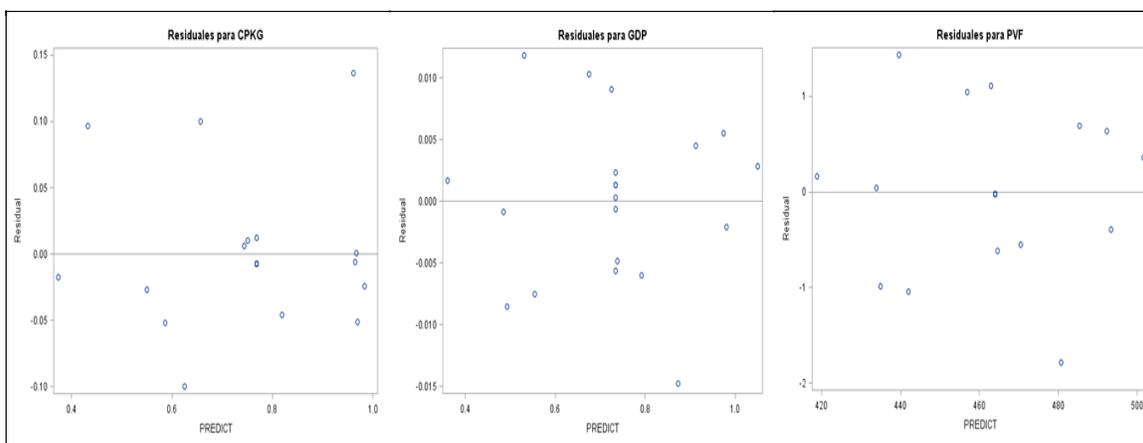


Figura 2. Distribución de los residuales versus valores predichos para GDP, PVF y CPKG en el escenario ENE-ABR.

El escenario ENE-ABR (Figura 3), disminuir el CE y aumentar el CC se aumenta la GDP (a). Además, también se observa que al disminuir CE y la CA, se incrementa la GDP (b), pero disminuir la CA y aumentar CC se incrementa la GDP (c). Por otra parte, disminuir el CE y aumentar CC se aumenta el PVF (d); así mismo, disminuir el CE y la CA se incrementa el PVF (e) e igual tendencia a aumentar el PVF se observa cuando se disminuye CA y se aumenta CC (f). Para el caso de CPKG, éstos se aumentan al incrementarse el CE y el CC (g); así como al aumentar CE y CA (h) y finalmente al aumentar CC y CA (i) (Figura 3).

Escenario MAY-AGO: La falta de ajuste en GDP y PVF fue altamente significativa ($P < 0,01$) por lo que aparenta que el modelo no es adecuado, no así en CPKG ($P > 0,05$). La tendencia fue lineal en las tres características ($P < 0,01$) y solamente cuadrática en GDP ($P < 0,01$) en el escenario MAY-AGO (Cuadro 5). No se reportaron efectos significativos en las interacciones o productos. Sin embargo, el modelo de superficie de respuesta fue altamente significativo ($P < 0,01$) en las tres variables de respuestas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

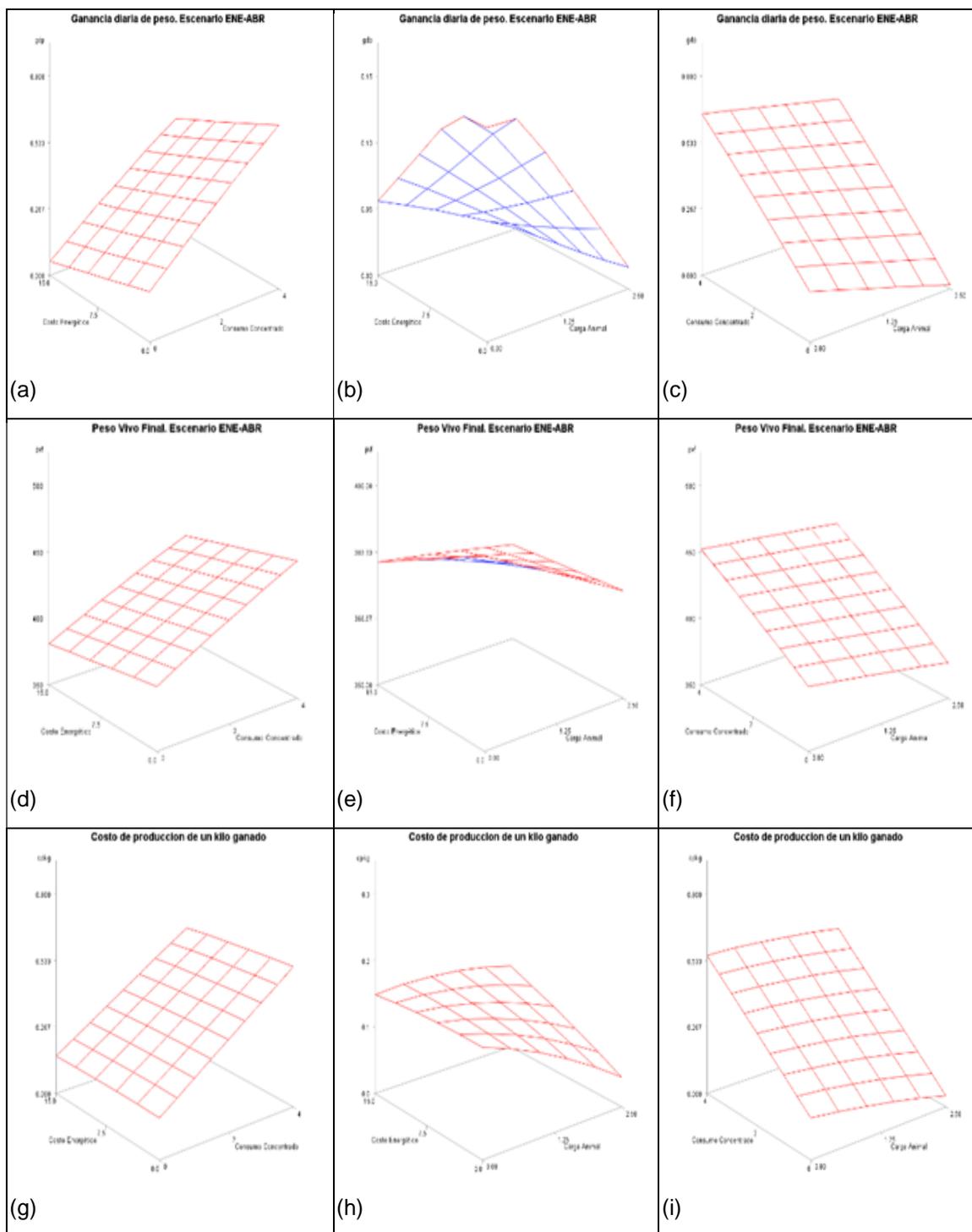


Figura 3. Respuestas predichas de la Ganancia Diaria de Peso (GDP, kg/día), Peso Vivo Final (PVF, kg) y Costo de Producción de un kilogramo de Peso Vivo (CPKG, B/kg) de las interacciones CE*CC (a, d y g); CE*CA (b, e y h) y CC*CA (c, f y i) en el escenario ENE-ABR, respectivamente.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para GDP, PVF y CPKG en el escenario MAY-AGO.

FV	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		GDP	PVF	CPKG
Lineal	3	0,11788***	1161,118***	0,23641***
Cuadrático	3	0,00220***	29,182	0,00032
Productos cruzados	3	0,00019	2,125	3,6x10 ⁻¹⁵
Total del Modelo	9	0,04009***	397,475***	0,07891***
Falta de Ajuste	5	0,00024***	96,388***	0,00020
Error Puro	5	5,2x10 ⁻⁶	0,267	0,00014
Total del error	10	0,00012	48,327	0,00017
CV, %		1,24	1,43	1,36
R ²		0,997	0881	0,998
R Múltiple		0,998	0,939	0,999
Factor:				
• CE	4	0,00247***	40,7831	0,00021
• CC	4	0,08784**	849,3585***	0,17739***
• CA	4	9,0x10 ⁻⁷	5,1932	1,6x10 ⁻⁵

*P<0,10; **P<0,05; ***P<0,01; FV=Fuente de variación; gl=grados de libertad; GDP= ganancias diarias de peso vivo; PVF= peso vivo final; CPKG= costo de un kilo peso vivo ganado.

Los CV fueron muy bajos (1,24 a 1,43%) y aceptables, mientras que el R² y R-Múltiple de GCP y CPKG estuvieron arriba del 99% y para PVF fue de 88,1% y 93,9%, respectivamente (Cuadro 5). Por otra parte, el efecto del factor CE fue altamente significativo (P<0,01) para GDP, pero no así para GDP y CPKG (P>0,05). Por otra parte, el efecto de CC fue altamente significativo en PVF y CPKG y significativo en GDPV (P<0,05). El efecto de CA no afectó en la respuesta a las tres características (P>0,05).

Las funciones de predicción para GDP, PVF y CPKG en el escenario MAY-AGO resultaron ser las siguientes:

$$\hat{Y}_{GDP} = 0,5914^{***} - 0,0085CE^* + 0,2288CC^{***} + 0,0007CA - 1,7 \times 10^{-5}CE^2 - 0,0017^4CC \times CE^{**} - 0,0220CC^2^{***} + 0,0001CA \times CE + 0,0010CA * CC - 0,0001CA^2$$

$$\hat{Y}_{PVF} = 1446,209^{***} - 0,133CE + 7,7315CC^{***} + 19,2189CA - 0,0475CE^2 + 0,1750CC \times CE^{**} + 1,7297CC^2^{***} + 0,0500CA \times CE + 0,2500CA * CC^{**} - 4,7681CA^2$$

$$\hat{Y}_{CPKG} = 0,40663^{***} - 0,00556CE + 0,25605CC^{***} + 0,03327CA - 0,00022CE^2 - 0,00000CC \times CE - 0,00641CC^2 * + 0,0000CA \times CE + 0,00000CA * CC^{ns} - 0,00832CA^{2s}$$



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el escenario MAY-AGO, la Figura 4 muestra que la distribución de los residuales para GDP está cargada hacia los valores mayores PREDICT positivos. Se observa un “valor atípico” positivo al extremo de los valores PREDICT. Además, para PVF, la distribución de los residuales está más al centro, pero con un “valor atípico” positivo en los valores menores PREDICT. Sin embargo, hay tres “valores atípicos” negativos en los valores menores PREDICT y uno en los “valores atípicos” mayores. Finalmente, para el caso de CPKG los residuales están más al centro de los valores PREDICT, pero con dos “valores atípicos” positivos a valores mayores PREDICT y dos a los “valores atípicos” negativos PREDICT.

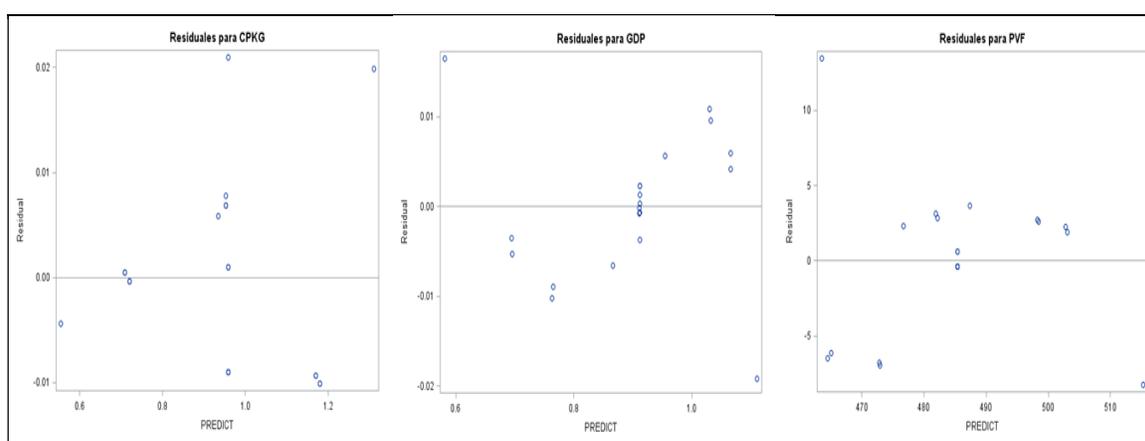


Figura 4. Distribución de los residuales versus valores predichos para GDP, PVF y CPKG en el escenario MAY-AGO.

De acuerdo con el escenario MAY-AGO (Figura 5), aumenta linealmente la GDP a alto CE hasta los 2,0 kg BF/animal/día de CC para luego alcanzar un “plateau” o meseta que disminuye cuando baja el CE. (a). Aumentar el CE y CA se incrementa también la GDP (b). La mayor GDP se observa en el mayor CC e incrementa a medida que aumenta la CA, pero hay una caída drástica de la GDP cuando el CC es menor a 2,0 kg BF/animal/día (c). Mayores PVF se alcanzan aumentando el CE y CC (d). Similar tendencia en el PVF se observa al aumentar el CE y CA (e). Disminuir el CC, disminuye el PVF, siendo más drástica en CA menores (f). El CPKG aumenta a mayores CE y CC de 2,0 kg BF/animal/día, mayores consumos el CPKG aumenta levemente (g). A más bajos CE y CA se disminuyen los CPKG (h). Además, el CPKG disminuye curvilíneamente al disminuir el CC y la CA (i).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

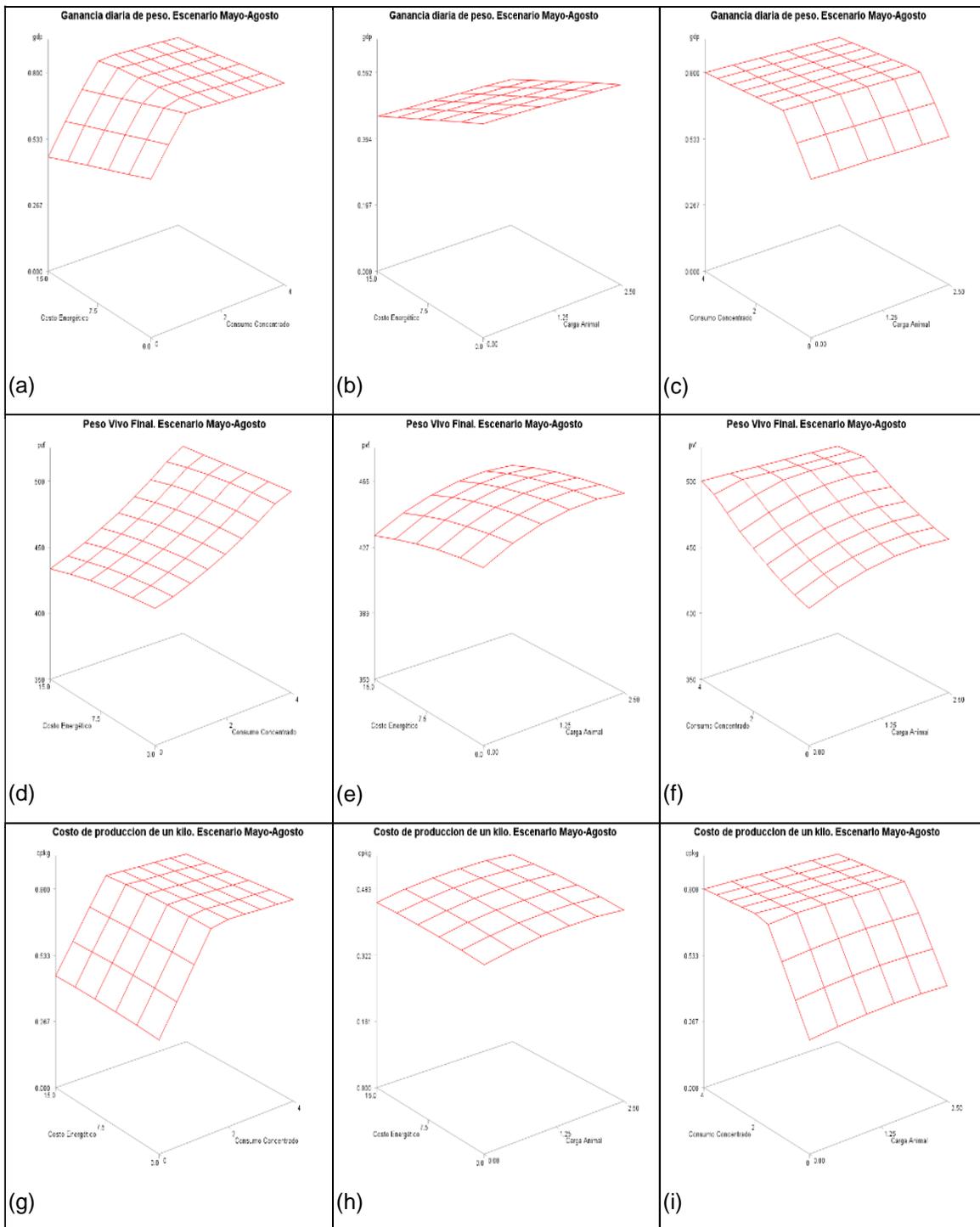


Figura 5. Respuestas predichas de la Ganancia Diaria de Peso (GDP, kg/día), Peso Vivo Final (PVF, kg) y Costo de Producción de un kilogramo de Peso Vivo (CPKG, B./kg) de las interacciones CE*CC (a, d y g); CE*CA (b, e y h) y CC*CA (c, f y i) en el escenario MAY-AGO, respectivamente.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Escenario SEP-DIC: La falta de ajuste en GDP y PVF fue altamente significativa ($P < 0,01$) por lo que aparenta que el modelo no es adecuado, no así en CPKG ($P > 0,05$). La tendencia fue lineal en las tres características ($P < 0,01$) y solamente cuadrática en GDP ($P < 0,01$) en el escenario SEP-DIC (Cuadro 6). No se reportaron efectos significativos en las interacciones o productos en PVF y CPKG, pero si hay un efecto significativo en GDP ($P < 0,05$). Sin embargo, el modelo de superficie de respuesta fue altamente significativo ($P < 0,01$) en las tres variables de respuestas.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para GDP, PVF y CPKG en el escenario SEP-DIC.

FV	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		GDP	PVF	CPKG
Lineal	3	0,08640***	1498,080***	0,18972***
Cuadrático	3	0,00370***	119,391	5,4X10 ⁻⁶
Productos cruzados	3	0,00026**	6,333	1,7x10 ⁻⁷
Total del Modelo	9	0,03012***	541,268***	0,06325***
Falta de Ajuste	5	9,2X10 ⁻⁵ ***	7,691***	1,6x10 ⁻⁵
Error Puro	5	1,6x10 ⁻⁵	0,267	0,00014
Total del error	10	5,4X10 ⁻⁵	3,979	7,6x10 ⁻⁵
CV, %		0,781	0,408	0,958
R ²		0,998	0,992	0,958
R Múltiple		0,999	0,996	0,999
Factor:				
• CE	4	0,00247***	40,7831	0,00021
• CC	4	0,08784**	849,3585***	0,17739***
• CA	4	9,0x10 ⁻⁷	5,1932	1,6x10 ⁻⁵

* $P < 0,10$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,01$; FV=Fuente de variación; gl=grados de libertad; GDP= ganancias diarias de peso vivo; PVF= peso vivo final; CPKG= costo de un kilo peso vivo ganado.

Los CV en las tres variables de respuestas fueron menores de 1,000 y los R² variaron de 0,958 a 0,998 y los R-Múltiple de 0,996 a 0,999 (Cuadro 6). El efecto de CE fue altamente significativo ($P < 0,01$), pero no en PVF y CPKG. Por otra parte, el efecto de CC fue altamente significativo ($P < 0,01$) en PVF y CPKG, pero significativo en GDP. CA no mostró significancia alguna en las tres variables de respuesta ($P > 0,05$).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El escenario SEP-DIC, muestra que la distribución de los residuales para GDP está cargada hacia los valores mayores PREDICT positivos. Se observan un “valor atípico” positivo al extremo de los valores PREDICT y dos valores atípicos negativos al extremo y centro de los valores PREDICT. Además, para PVF, la distribución de los residuales está más a la derecha de los valores PREDICT y un “valores atípicos” negativo al extremo izquierdo de los valores PREDICT. Finalmente, para el caso de CPKG los residuales están más al centro de los valores PREDICT, pero con dos “valores atípicos” positivos y negativos también al centro de los valores mayores PREDICT (Figura 6).

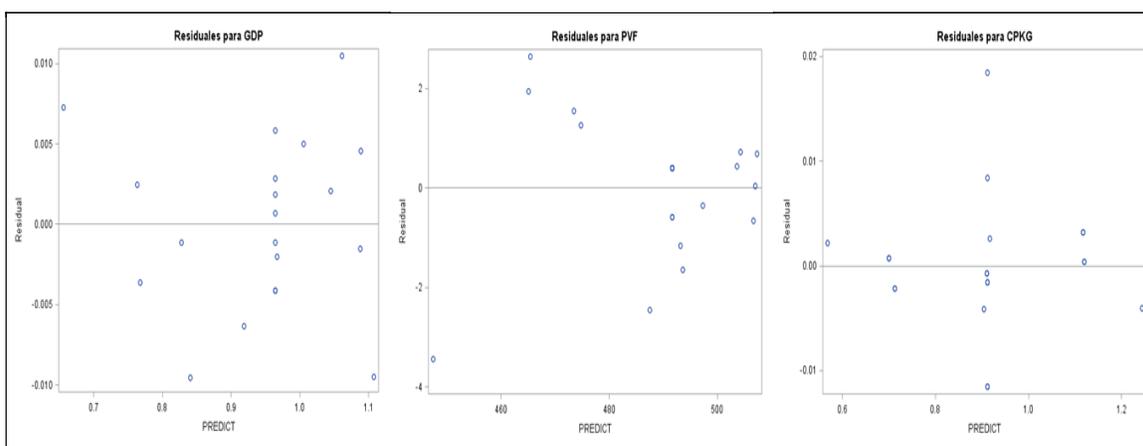


Figura 6. Distribución de los residuales versus valores predichos para GDP, PVF y CPKG en el escenario de SEP-DIC.

En el escenario SEP-DIC (Figura 7), se observa una tendencia cuadrática que al incrementar el CE y aumentar el CC, se aumenta la GDP (a), e igualmente bajar el CE y aumentar la CA se aumenta levemente la GDP (b). La relación entre CC y CA en la GDP es tipo cuadrática en donde aumentar CC y bajar CA se incrementa la GDP (c). La tendencia entre CC y CE es de tipo cuadrática, observándose que aumentar CC se obtiene mayor PVF, pero disminuye cuando baja el CE (d). Sin embargo, no se observó efecto entre aumentar o disminuir CE y CA sobre la PVF (e). Una tendencia cuadrática se observa en el PVF al aumentar CC y la CA (f). Menor CPKH se observa en menores niveles de CE y CC (g). Mayor CPKG se observa al aumentar CE y CA (h). Disminución en el CPKG se observa al reducir CC y CA (i). Sin mucha relación entre CE y CA se observó en CPKG al aumentar ambas variables independientes (g) y con una tendencia lineal se encontró que al aumentar CC y CA se incrementan CPKG (i).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

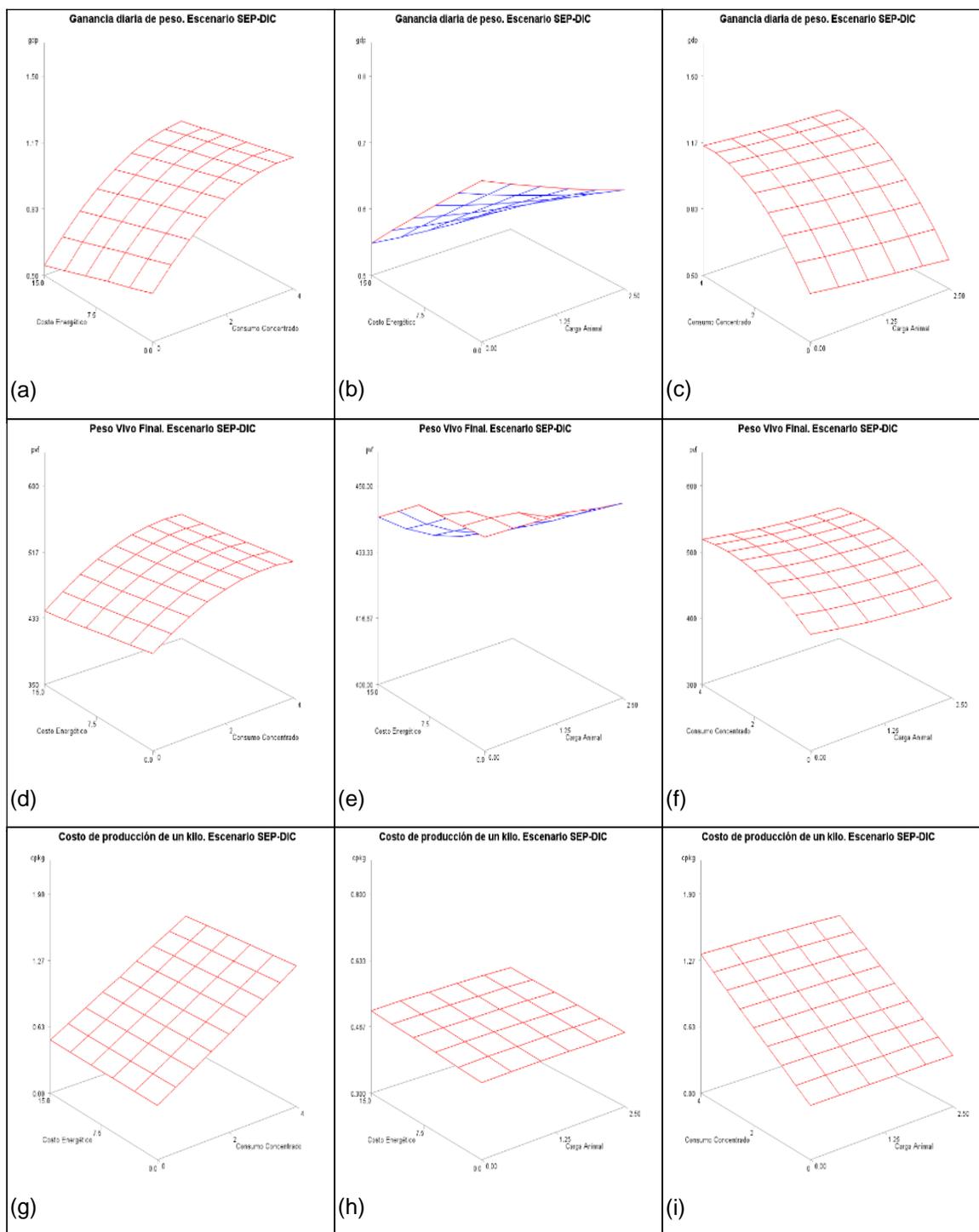


Figura 7. Respuestas predichas de la Ganancia Diaria de Peso (GDP, kg/día), Peso Vivo Final (PVF, kg) y Costo de Producción de un kilogramo de Peso Vivo (CPKG, B./kg) de las interacciones CE*CC (a, d y g); CE*CA (b, e y h) y CC*CA (c, f e i) en el escenario SEP-DIC, respectivamente.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Excepto en CPKG en los escenarios MAY-AGO y SEP-DIC el modelo lineal-cuadrático con interacciones no mostró falta de ajuste ($P > 0,05$); sin embargo, para el resto de los escenarios y variables de respuesta se encontró con una falta de ajuste altamente significativa ($P < 0,01$). El modelo ha mostrado estar más apropiado a uno de tipo lineal y habría que ampliar los niveles de las variables de respuestas, pero los niveles escogidos están dentro de los rangos utilizados en la investigación pecuaria del IDIAP (Guerra M. et al., 2002; Ávila et al., 2000; Pinzón y Montenegro, 2002).

La mayor GDP y PVF se obtuvo en el escenario SEP-DIC (1,098 kg/día y 508 kg, respectivamente) con un CE de 10,00% adicional al requerimiento diario energético de la NRC (2000), CC de 9,36 kg BF/animal/día y CA de 2,00 UA/ha; sin embargo, el CPKG fue el más alto con B/. 1,09. En este escenario (SEP-DIC) la disponibilidad de forraje fue de 1765 a 940 kg MS/ha, con un contenido de proteína cruda de 10,97 a 7,26% y digestibilidad de la materia seca de 57,4 a 52,5%. Además, las condiciones ambientales fueron de las mejores con temperatura ambiental (TA) promedio de 26,4° a 26,2° C, humedad relativa (HR) de 86,2 a 78,2 y velocidad del viento de 2,16 a 3,46 km/h. Con estos valores de TA y HR, el Índice Temperatura-Humedad (ITH) estaría entre 78,16 a 74,28 de acuerdo con Mader et al., (2004).

La relación entre la Proteína *versus* Energía en la GDP y en el escenario ENE-ABR fue muy estrecha en sus 121 días de ceba de acabado en pastoreo y sus fluctuaciones estuvieron ligeramente por encima de 1,0 kg/animal/día (Figura 8). La Proteína tuvo mayor aporte que la Energía en la GDP en los escenarios MAY-AGO y SEP-DIC, pero el aporte de la Proteína fue mayor que la Energía al final de la ceba en el escenario MAY-AGO; sin embargo, en el escenario SEP-DIC, la relación fue un poco más estrecha desde la mitad de la ceba en adelante. La relación Margen Bruto (Gross Margin) *versus* Costos Totales de Producción fue mayor en el escenario de ENE-ABR con 85%, seguido por los escenarios SEP-DIC con 63% y MAY-AGO con 52%. Guerra M. et al. (2002) reportaron márgenes brutos de 17,40% cuando la ceba de acabo consistió en pastoreo + suplementación hasta 24,10% cuando la ceba fue pastoreo + suplementación + ionóforos + implante, en ambos casos se incluyeron como costos fijos las depreciaciones de infraestructuras y alquiler de la tierra y como costos variables la compra de los animales, alimentación, fertilización de pasturas,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

salud el hato y transporte de insumos. De allí que la relación es mucho menor que del presente estudio. Además, es este estudio el costo de alimentación se asumió en un 70%, pero para Guerra M. et al. (2002) estuvo alrededor del 65%.

En las regiones tropicales, Garmendia (1994), Pinzón y Montenegro (2002) y Ávila et al. (2000), indican que los pastizales crecen rápidamente durante los períodos de abundancia de lluvias, promoviendo una vegetación de plantas maduras, que contienen altos niveles de constituyentes fibrosos digeribles. Sin embargo, durante la época seca los pastizales son de baja utilidad y con un contenido de proteína cruda inferior al 3,5%. La principal consecuencia del uso de estas pasturas es la pérdida de peso que experimentan los animales, debido a la escasez del alimento disponible, principalmente en el escenario ENE-ABR. La alimentación exitosa de los rumiantes durante la época seca (ENE-ABR) depende del suministro de una cantidad adecuada y económicamente beneficiosa de nutrimentos a los animales en el momento oportuno.

La suplementación debe estar dirigida a resolver problemas carenciales en el rumen (Garmendia, 1994), por lo que el desarrollo del sistema de producción, particularmente en pasturas de bajo valor nutritivo, debe basarse en el uso adecuado del tipo y cantidad de suplemento para corregir las deficiencias del forraje a fin de: (a) mantener y aumentar el consumo de forrajes, (b) aumentar la eficiencia de uso de nutrientes y (c) aumentar la producción. Lo ideal sería que el suplemento alcance estos efectos cuando se incorpora a un nivel igual o menor al 20% del consumo total, ya que, por encima de estos valores, la práctica de la suplementación se convierte en un proceso de sustitución del forraje.

La relación entre la pastura y el suplemento se puede dar de forma aditiva con estímulo, el cual corresponde a aquellos casos en que el consumo de suplemento estimula la ingesta de forraje y ocurre en los casos donde se suministra proteína suplementaria para animales pastoreando forrajes maduros de baja calidad (Lange, 1980).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

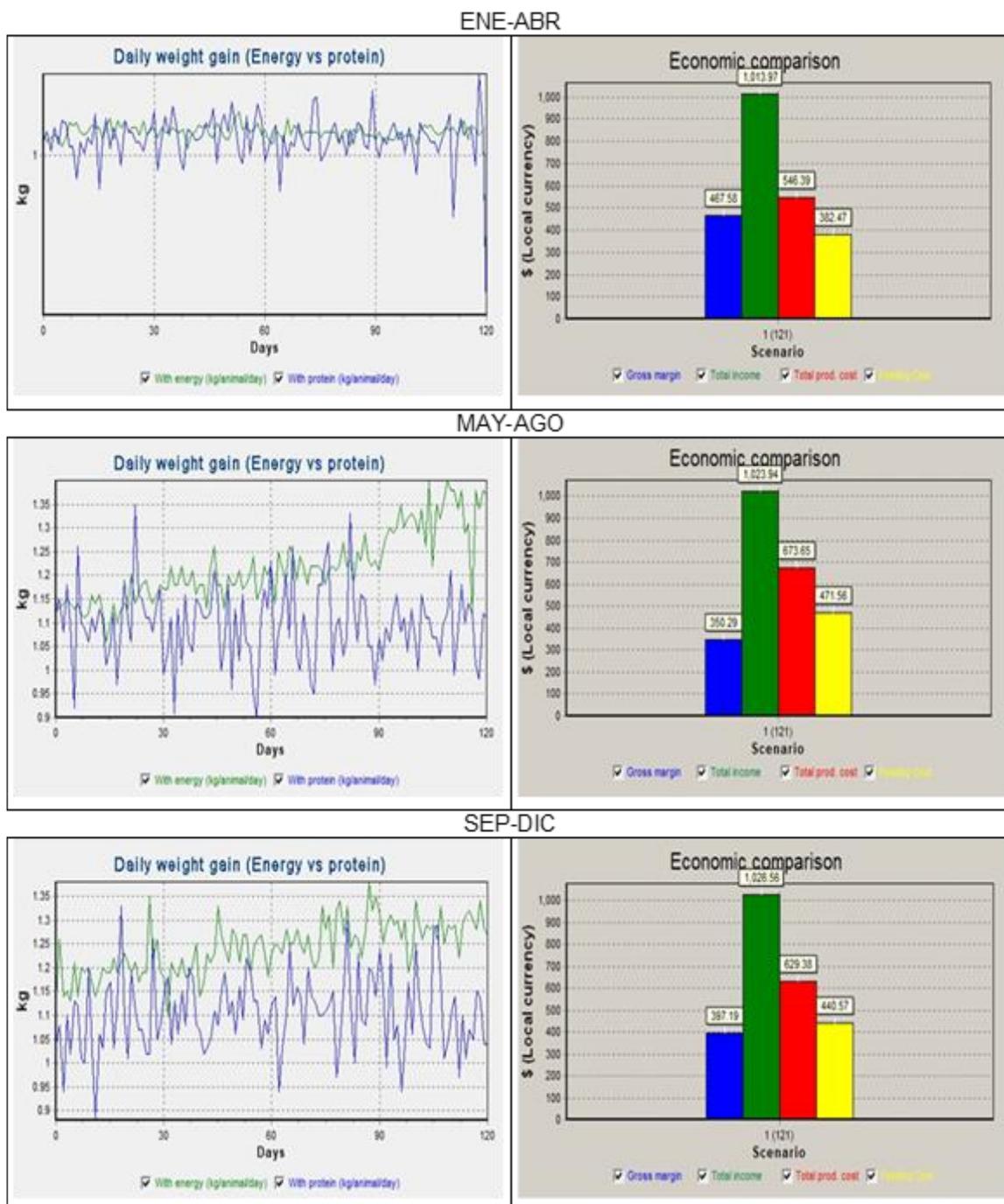


Figura 8. Ganancia diaria de peso en función de la Energía y Proteína y comparación económica de la combinación CE=10%; CC=9,36 kg BF/animal/día y CA=2,00 UA/ha en los tres escenarios de ceba de acabado.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El mejoramiento del consumo voluntario ha sido asociado con un más adecuado “status” proteico, de acuerdo con Egan y Moir (1965); Kempton et al., (1976). Teóricamente, el término “status proteico o nitrógeno” está definido como la disponibilidad de diferentes compuestos nitrogenados en cantidad y calidad requeridas para todas las funciones fisiológicas del metabolismo animal (Detmann et al., 2014). Por lo tanto, animales recibiendo suplementos deberían tener el mejor perfil de proteína, balance energético-proteico y consecuentemente el más alto consumo de pasturas y TND que aquellos bajo frecuencias de suplementación o auto suplementación (Valente et al., 2014). Tal como se encontró en este estudio en donde las ganancias diarias de peso fueron de 0,655 a 1,099 kg/día dependiendo del escenario y costo energético.

En un estudio de suplementación energética, Grainger y Mathews (1989) reportaron que generalmente el forraje consumido disminuye (efecto de sustitución) en la medida que aumenta el suministro de concentrado. Esto puede ser deseable en la medida que se pretenda “estirar” el forraje, mientras que puede no ser así cuando se pretenda elevados niveles de comportamiento individual. Además, sostiene que el nivel de sustitución tiene una relación directa con la cantidad de forraje disponible y que a niveles de consumo de forraje del 1,5% en base seca del PV, el efecto de sustitución es mínimo (Grainger y Mathews, 1989).

Como regla general, Mieres (1997) señalan que los suplementos energéticos hechos a base de granos, y que sean ricos en almidón (maíz, sorgo) y que sean suministrados en cantidades elevadas, los mismos pueden deprimir la digestibilidad del forraje y en particular de la fracción fibra, deprimiendo también el consumo. Indica además que hay que tener en cuenta que este efecto negativo en casos de escasez de forraje, puede ser una herramienta para mantener la carga. Por el contrario, granos con menos contenidos de almidón o subproductos de granos (afrechos de arroz entre otros) afectan menos la digestión de la fibra, debido a una menor alteración de las condiciones del rumen, fundamentalmente pH, no provocando alteraciones a nivel de microflora ruminal.

Cuatro suplementos de igual concentración energética y diferentes niveles de proteína cruda fueron evaluados por Holgado (2011). Los suplementos fueron S1 (1,6 kg/cabeza/día de maíz molido; 9,8% PC), S2 (1,6 kg/cabeza/día de maíz molido y pellet de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

soya en partes iguales; 26,0% PC), S3 (1,6 kg/cabeza/día de comprimido de soya; 42,2 kg) y S4 (1,6 kg/cabeza/día de maíz molido más 90 g/cabeza/día de urea; 26,2%). El testigo (T) sin suplementación. Se asignaron cinco novillos Bradford por tratamiento de 15 meses de edad y 235,2 kg de peso vivo en promedio. La disponibilidad del pasto *Brachiaria brizantha* al inicio fue de 3,028 kg MS/ha, o una oferta inicial de 4,7% del PV. Para S1, S2, S3 y S4 la ganancia diaria de peso fue 0,534; 0,628; 0,746; 0,711 y 0,727 kg/día, respectivamente. La disponibilidad de forraje no fue una limitante al consumo y la suplementación energética (S1) logró una mejora de 17,6% en la tasa de ganancia de peso vivo en relación con el T. En el presente estudio de simulación, la ganancia de peso vivo esperado fue de 0,818 kg/día en novillos con 250 kg de PV (ceba completa).

Bajo condiciones de pastoreo libre con *Setaria phacelata* se estudió el comportamiento productivo de tres razas de toretes (Brahman, Charoláis y Mestizos Holstein) y el suministro de 2 kg de una ración suplementaria elaborada a base de caña picada, follaje de yuca y pulpa de café deshidratada. La ceba tuvo una duración de 90 días con pesos iniciales de 285,7; 331,3 y 339,3 kg y finales de 343,3; 410,8 y 400,8 kg para los tres grupos, respectivamente. La ganancia diaria de peso vivo fue mayor en la raza Charoláis (0,883 kg/día) con respecto a los Mestizos (0,683 kg/día) y Brahman (0,641 kg/día). Las ganancias con el Charoláis son las que se asemejan a las encontradas en este estudio (Aguirre et al., 2013). Por otra parte, estos autores reportaron rentabilidades de 17,8%; 26,5% y 16,9% para los tres grupos raciales, respectivamente.

Con machos enteros Santa Gertrudis, Guerra M. et al. (2002) reportaron GDP de 0,787 kg/día cuando fueron suplementados pastoreando *Brachiaria humidicola* fertilizada y de 0,947 kg/día cuando además de la suplementación energética-proteica recibieron ionóforos (Lasalocid Sódico al 4%, a razón de 5 g/animal/día) y fueron implantados (200 mg Progesterona + 20 mg Benzoato de Estradiol) 15 días después del inicio y 90 días después del primer implante. El peso promedio inicial fue de 279,2 kg. La duración de la ceba fue de 220 días para el primer caso y 183 días para el segundo caso. En este estudio se simuló que la GDP podría alcanzar más del 1,000 kg/día y una duración de la ceba hasta 121 días. Por lo tanto, biológicamente se podrían realizar hasta tres cebas por año.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- El programa LIFE-SIM-BEEF del CIP funcionó correctamente en la generación simulada de las variables de respuesta (GDP, PVF y CPKG) con los respectivos niveles de CE, CC y CA de un Diseño de Composición Central y el modelo lineal-cuadrático con interacciones aparentemente no ajustó los datos utilizados en la simulación, excepto en CPKG en los escenarios MAY-AGO y SEP-DIC. Los datos ajustaron mejor bajo un modelo lineal.
- Las mayores GDP y PVF estuvieron relacionados con mayores CPKG y con los niveles de CE de 10,00% adicional al requerimiento diario energético de la NRC (2000), CC de 9,36 kg BF/animal/día y CA de 2,00 UA/ha se obtuvieron las mayores GDP y PVF en EP-DIC, pero mayor CPKG en el escenario MAY-AGO, y el Margen Bruto varió entre los tres escenarios, siendo mayor en ENE-ABR.
- Resulta factible realizar tres cebas bovinas de acabado en un año, preferiblemente en áreas donde la oferta de animales con peso vivo de 375±10 kg no sea una limitante.

REFERENCIAS

- Aguirre, L., Troya, F., Saraguro, A., y Parra, A. (2013). Comportamiento productivo de tres razas bovinas en sistema de pastoreo, con suplementación a base de caña, follaje de yuca y pulpa de café, en el sur de la amazonia ecuatoriana. *Revista CEDAMAZ*, 3(1),106-112. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/comportamiento-productivo-tres-razas-t42248.htm>
- Ávila, M., Castro, L., y Guerra, P. (11-15 de septiembre de 2000). *Evaluación de la Brachiaria humidicola con y sin fertilización nitrogenada y asociada con la leguminosa Arachis pintoi CIAT 18744 en la producción de carne*. [Resumen de presentación de la conferencia]. XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Ciudad de Panamá; Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Centro Internacional de la Papa. (16 de mayo de 2018a). *Livestock feeding strategies simulation models*. LIFE-SIM. Version 15.1. CIP. ALDI, INIA, SLP/ILRI, ECOREGIONAL FUND. <https://cipotato.org/site/inrm/home/downmod.htm>.

Centro Internacional de la Papa. (16 de mayo de 2018b). *LIFE-SIM-BEEF: A beef production simulation model*. Centro Internacional de la Papa (CIP). <https://cipotato.org/site/inrm/home/t-app/beef.zip>

Detmann, E., Valente, E. E. L., Batista, E. D., y Huhtanen, P. (2014). An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*, 162(4), 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>

Di Marco, O. N., y Aello, M. S. (2003). *Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/01-costo_energetico_de_actividad_en_pastoreo_efecto.pdf

Draper, N.R., y Smith, H. (1981). *Applied regression analysis*. 2nd Edition. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistic. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA.

Egan, A.R., y Moir, R. J. (1965). Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects on duodenal infused single doses of casein, urea and propionate upon voluntary intake of a low-protein roughage by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 16(3), 437-449. <https://doi.org/10.1071/AR9650451>

Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (16 de mayo de 2018). *Hidrometeorología. Clima. Datos Climáticos Históricos*. <https://www.hidromet.com.pa/es/clima-historico>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Garmendia A, J. C. (1994). Uso de bloques multinutricionales en la ganadería a pastoreo de forrajes de baja calidad. Taller de Alternativas para la Alimentación del Ganado Bovino durante el Período Seco. *Revista de Agronomía (LUZ)*, 11(2), 224-237. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25984>
- Grainger, C., y Mathews, G. L. (1989). Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29(3), 355-360. <https://doi.org/10.1071/EA9890355>
- Guerra M., P., Quiel, R., Rodríguez, G., y De Gracia, M. (2002). Evaluación bioeconómica de cuatro sistemas de ceba basados en pastoreo, suplementación energética-proteica y estimuladores de consumo y crecimiento. *Ciencia Agropecuaria*, 12, 191-222. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/348/284>
- Holgado, F. D. (2011). *Suplementación de novillos en pastoreo de Brachiaria brizantha durante el período de crecimiento: Efecto sobre la tasa de crecimiento*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INIA). Instituto de Investigación Animal del Chaco Semi-Árido. Leales, Tucumán, Argentina. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/scip-tmp-supbrach.pdf>
- Kempton, T. J., Nolan, J. V., y Leng, R. A. (1978). Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass proteins in diets of ruminants. *World Animal Review*, 22(2), 2-10. Ruminant Nutrition: selected articles from the World Animal Review. FAO Animal Production and Health Paper. N°12. Food and Agricultural Organization of the United Nation. Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/X6512E/X6512E16.htm#ch16>
- Lange, A. (1980). *Suplementación de pasturas para la producción de carnes*. 2da. Edición. Editorial AACREA. Buenos Aires, Argentina.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- León-Velarde, C., Cañas, R., Quiróz, R., Osorio, J., and Guevara, J. (2006). *LIFE-SIM: Modelos de simulación de estrategias de alimentación del ganado. Modelos de simulación para la producción de leche y carne en: vaca lechera, ganado de carne, cabra y búfalo*. LIFE-SIM Version 8.1. División del Manejo de Recursos Naturales. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
<https://cipotato.org/site/inrm/home/t-app/Manuals/LIFESIM%20Simulation%20Model%20Users%20Guide%20Spanish.pdf>
- Mader, T., Davis, S., Gaughan, J., and Brown-Brandl, T. (2004). *Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index*. [Sesión de conferencia]. 16th Conference on Biometeorology and Aerobiology. Abstract 6B.3. Vancouver, British Columbia, Canada.
https://ams.confex.com/ams/AFAPURBBIO/techprogram/paper_77847.htm
- Mieres, J. M. (1997). *Tipo de suplemento y su efecto sobre el forraje. Suplementación estratégica para el engorde de ganado*. Ed. Daniel Vaz Martins. Serie Técnica N°83. 1997. INIA. Unidad de Difusión e Información Tecnológica de INIA. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, RL. Montevideo, Uruguay, p.11-15.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2989/1/15630291007152242.pdf>
- Myers, R. H. (1976). *Response surface methodology*. Blacksburg. VA. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (1976). *Livestock hot weather stress. United States Department of Commerce*. Operation Manual Letter. C-31-76. NOAA. National Weather Service Central Region. Kansas City, MO. USA.
- National Research Council. (2000). *Nutrient requirements of beef Cattle*. NRC 7th Edition. National Academy Press. Washington, DC. USA.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Pinzón, B., y Montenegro, R. (2002). Potencial de producción de carne con pasturas de *Brachiaria* solas y asociadas con *Arachis pintoii*. *Ciencia Agropecuaria*, 11,129-157. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/378>

Pinzón, B., Montenegro, R., y Santamaría, E. (2004). Efecto de la disminución del período de ocupación en un sistema de producción de carne a base de *Brachiaria decumbens* cv. Señal. Gualaca, Panamá. 2001-2003. *Ciencia Agropecuaria*, 17, 31-42. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/324>

Subasta Ganadera de Panamá S.A. (2018). *Precios-Subasta Ganadera S.A. de Panamá*. <https://subastaganadera.com/precios/>

Valente, E. E. L., Paulino, M. F., Barros, L. V., Almeida, D. M., Martins, L. S., y Cabral, C. H. A. (2014). Nutritional evaluation of young bulls on tropical pasture receiving supplements with different protein:carbohydrate ratios. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 27(10), 1452-1460. <https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14085>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)