



Foto: INIA

# DINÁMICA DE LA RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN INVERNAL DE BOVINOS EN CRECIMIENTO SOBRE CAMPO NATURAL

Fiorella Cazzuli<sup>1</sup>; Martín Durante<sup>1,2</sup>; Andrés Hirigoyen<sup>1</sup>; Javier Sánchez<sup>3</sup>; Pablo Rovira<sup>1</sup>; Virginia Beretta<sup>4</sup>; Álvaro Simeone<sup>4</sup>; Martín Jaurena<sup>1</sup>; Jean Savian<sup>1</sup>; Dennis Poppi<sup>5</sup>; Fabio Montossi<sup>1</sup>; Ximena Lagomarsino<sup>6</sup>; Santiago Luzardo<sup>1</sup>; Gustavo Brito<sup>1</sup>; José I. Velazco<sup>1</sup>; Fernando A. Lattanzi<sup>1</sup>; Carolina Bremm<sup>7</sup>

<sup>1</sup>INIA Uruguay; <sup>2</sup>INTA, Concepción del Uruguay, Argentina; <sup>3</sup>University of Prince Edward Island, Canadá; <sup>4</sup>UPIC/Fagro/Udelar, Uruguay; <sup>5</sup>University of Queensland, Australia; <sup>6</sup>FCA-UDE, Uruguay; <sup>7</sup>URFGS, Brasil

El análisis de la dinámica de la respuesta en desempeño animal a la suplementación invernal sobre campo natural, en una amplia serie de experimentos, reveló marcadas diferencias en su fase inicial. Específicamente, la presencia o no de un período de entre 400 y 800 grados.día\* durante el cual la suplementación no mejora el desempeño animal y que, por ende, impacta negativamente en la eficiencia. En parte, estas diferencias están asociadas a la disponibilidad de forraje, la tasa de sustitución y el clima.

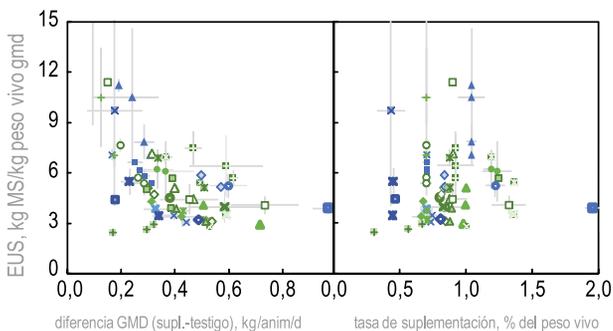
## INTRODUCCIÓN

La suplementación invernal energético-proteica de vacunos en crecimiento pastoreando campo natural es altamente efectiva, es decir, es muy alta la probabilidad de que animales suplementados tengan un mejor desempeño en comparación con animales no suplementados. En un artículo denominado “Eficiencia de uso de suplementos energético-proteicos para

vacunos en invierno sobre campo natural” (Revista INIA N°68, marzo 2022), se presentaron los principales resultados de una compilación de 27 trabajos experimentales con el foco puesto en comprender qué determina la eficiencia de uso del suplemento, ya que es el indicador que permite conocer si la respuesta a la suplementación es económicamente rentable según la relación entre precio esperado de producto y costos asociados.

\*Grados.día: es una forma de estimar la temperatura acumulada, como la sumatoria de la diferencia entre la temperatura promedio de cada día y una temperatura llamada “base”, que en el caso de este estudio fue 0 °C. El día inicial de la suma corresponde al inicio de la suplementación, a inicios de invierno, que en nuestro estudio era variable según el año evaluado.

Dicho artículo mostró (i) que de los dos componentes que explican la eficiencia de uso de suplementos, la respuesta a la suplementación tiene mayor incidencia que la cantidad de suplemento consumido (Figura 1; eficiencia = cantidad de suplemento consumido/respuesta a la suplementación); (ii) que inviernos más crudos afectan especialmente el desempeño de los animales no suplementados y, por ende, dan lugar a mayores respuestas a la suplementación, tornando la práctica más eficiente; (iii) que la proporción de material verde en el forraje disponible juega un rol principal en determinar el desempeño de animales no suplementados, y (iv) que suplementos proteicos y no proteicos no presentaron patrones diferenciales de respuesta a la suplementación (Figura 1).



**Figura 1** - Eficiencia de conversión (Suplemento Consumido: Respuesta a la Suplementación) observada en 27 ensayos en función de sus dos componentes: (A) la diferencia en ganancia de peso (gmd) entre animales suplementados y testigos, y (B) la tasa de suplementación ofrecida.

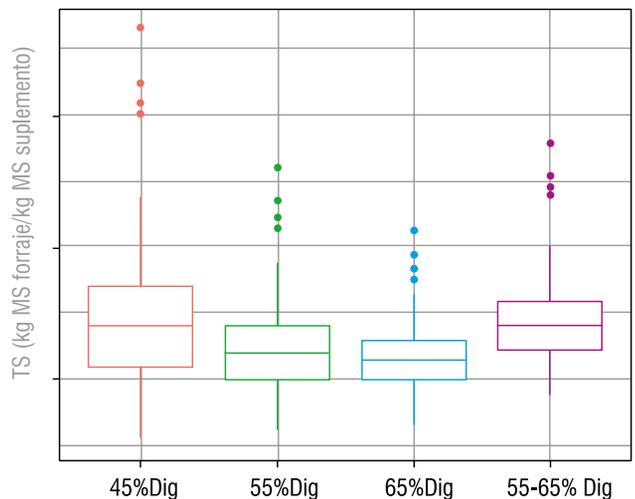
Cada punto es un tratamiento de un ensayo. Las barras indican el error estándar de la media para ensayos con dos repeticiones. En verde y azul, suplementos con menos o más de 20 % de proteína cruda, respectivamente (es decir, suplementos no-proteicos vs. proteicos).

Una implicancia derivada de este análisis es que, ante situaciones en las que el contenido de proteína del forraje del campo natural supere un rango de 4-7 % PC, la probabilidad de obtener respuestas significativas a la suplementación invernal con fuentes proteicas que no incluyan energía sería muy baja.

Cuando el contenido de proteína del forraje del campo natural supera un rango de 4-7 % PC, la probabilidad de obtener respuestas significativas a la suplementación invernal con fuentes que no incluyan energía sería muy baja.

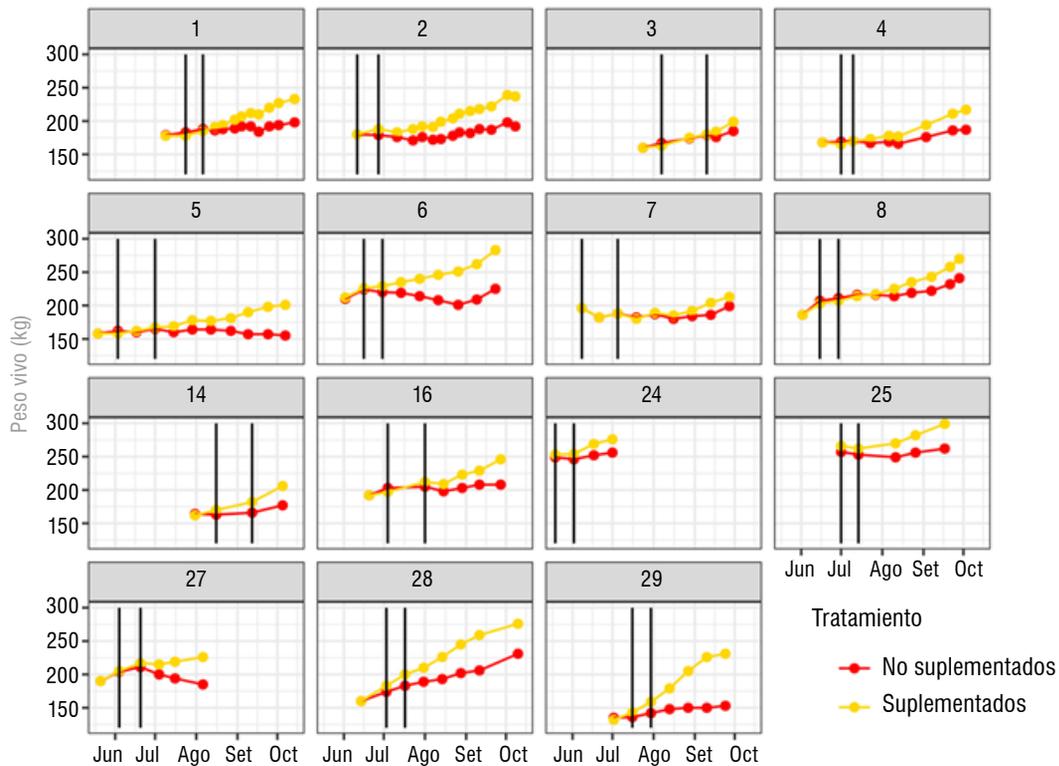
El presente artículo hace foco en cómo cambia (o no) en el tiempo la respuesta a la suplementación, es decir, la diferencia en desempeño entre animales suplementados y no suplementados. Para esto, analizamos 15 ensayos llevados adelante entre 2004 y 2018 por los equipos de investigación de INIA y la UPIC (Udelar), sobre campo natural diferido desde otoño hacia el invierno, para identificar fases dentro de los esquemas de suplementación, y estimar la “tasa de sustitución”, definida como la cantidad de materia seca de forraje que el animal deja de ingerir por consumir suplemento. Además, intentamos determinar con qué variables se asocia la dinámica de respuesta a la suplementación, de manera de poder prever qué tipo de evolución temporal de respuesta del desempeño animal esperar en diferentes situaciones para, eventualmente, tomar medidas correctivas a tiempo (por ejemplo, cambiar el tipo de suplemento suministrado, cambiar de potrero, etc.).

Para calcular la ingesta de forraje y luego la tasa de sustitución de forraje por suplemento, se trabajó con modelos de simulación (CSIRO Cattle Explorer, 2012), utilizando la información de cada ensayo, pero asumiendo tres diferentes posibles digestibilidades del forraje: 45, 55 y 65 %. En nuestro estudio, los animales sustitúan 0,3-1,1 kg de MS de forraje por cada kg de MS de suplemento (Figura 2). Además, estas tasas de sustitución estuvieron negativa y moderadamente asociadas con la eficiencia de uso del suplemento. Esto significa que, cuanto más forraje sustituyen los animales, más ineficientes serán en cuanto al uso del suplemento.



**Figura 2** - Estimación de Tasa de Sustitución (TS) usando tres posibles digestibilidades del forraje (45, 55, 65 %) para ambos grupos de animales (suplementados y testigos) y un cuarto escenario donde los animales suplementados cosechan forraje de mejor calidad (digestibilidad = 65 %) que los testigo (digestibilidad = 55 %).

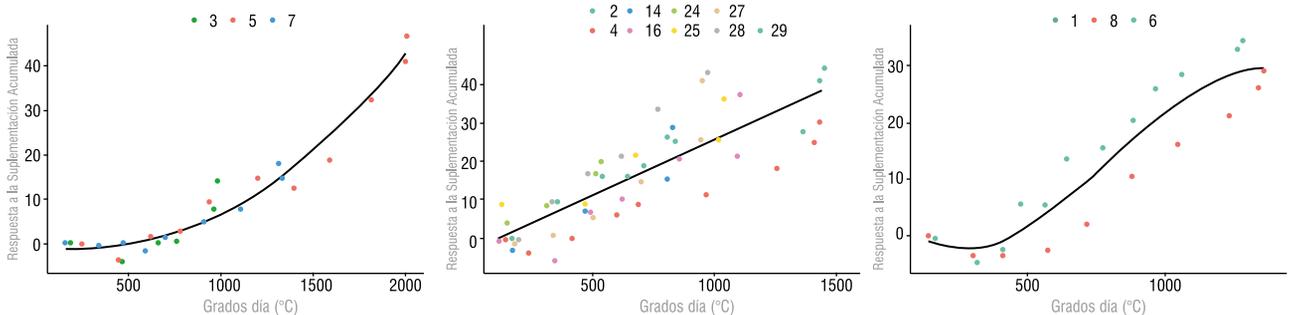
Línea horizontal: mediana; extremos de las cajas: cuartiles (p25 y p75); extremos de los segmentos: mínimo y máximo de valores excluyendo valores extremos; círculos: valores extremos o “outliers”.



**Figura 3** - Evolución del Peso Vivo (PV) de cada ensayo en función del tiempo, según tratamiento (no suplementados vs. suplementados). Líneas verticales negras corresponden a los límites de cada fase identificada (función FindPick, quantmod R®).

Por otro lado, la evolución del peso vivo de los animales en función del tiempo en cada ensayo evaluado (Figura 3) demuestra que se trata de un proceso dinámico, en el que, además, es posible identificar distintas fases de respuesta a la suplementación. Cada uno de los ensayos pudo “encajar” en tres tipos de modelos matemáticos, o formas de respuesta (Figura 4): Respuestas Lineales, Respuestas Cuadráticas o Respuestas “Weibull” (exponencial). Mientras que, en los casos de respuestas lineales, la diferencia entre peso vivo de los animales testigo y suplementados, fue en constante aumento a

La evolución del peso vivo de los animales demuestra que se trata de un proceso dinámico, en el que es posible identificar distintas fases de respuesta a la suplementación.



**Figura 4** - Respuesta a la suplementación acumulada en función del tiempo (medido en grados.día). Temperatura base utilizada para medir Grados Día=0°C. Cada círculo con su número corresponde al número de ensayo (N=15).

medida que transcurría el tiempo desde inicio de la suplementación, los casos de respuesta cuadrática y exponencial “demoraron” en responder al inicio del período, acelerándose luego.

Una vez que habíamos logrado identificar los tres distintos tipos de respuesta a la suplementación, queríamos saber si existían variables relevantes que estuvieran más o menos asociadas a los distintos tipos de respuesta. Es por esto que realizamos un análisis multivariado (Figura 6), en el que se pudo constatar que las respuestas de tipo cuadrática estaban más bien asociadas a la disponibilidad de forraje y tasas de sustitución, mientras que las de tipo exponencial estaban claramente asociadas al número de heladas ocurridas durante el invierno. Los casos con respuesta lineal no presentaron ninguna asociación distintiva en ningún set particular de variables, a pesar de ser el tipo de respuesta más frecuentemente observado.

Finalmente, independientemente del tipo de patrón de respuesta observado (lineal, cuadrático, exponencial), la respuesta inicial a la suplementación estuvo asociada positivamente al peso de los animales y calidad del



Foto: INIA

Figura 5 - Suplementando con DDGS sobre campo natural.

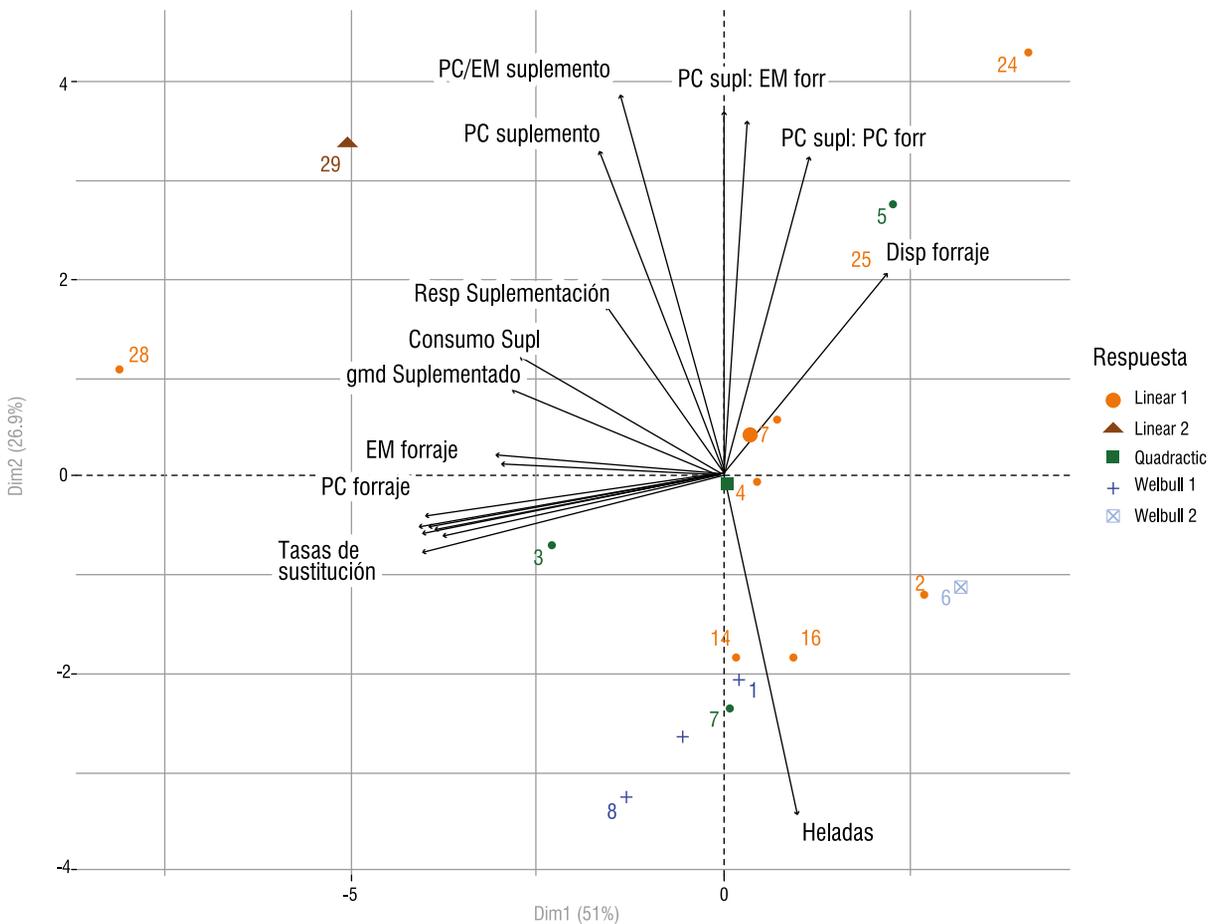


Figura 6 - Análisis multivariado (componentes principales) separado en los tipos de modelos de Respuesta a la Suplementación. Aquellos puntos (experimentos, correspondientes a uno de los tipos de respuesta) más cercanos a cada variable, significa que están asociados entre sí. PC: proteína cruda; EM: energía metabolizable; Disp: disponibilidad; Resp: respuesta; Supl: suplemento; gmd: ganancia media diaria.

En las fases iniciales de la suplementación la respuesta se asoció al tamaño (peso) de los animales y la calidad del forraje, mientras que en las fases finales la respuesta estuvo más asociada con el consumo de suplemento, las ganancias medias diarias de los animales suplementados y la calidad del forraje.

forraje, mientras que en sus fases finales, la respuesta estuvo más asociada con el consumo de suplemento, las ganancias medias diarias de los animales suplementados y la calidad del forraje (Cuadro 1).

## CONCLUSIONES

Se observaron diferentes tipos de evolución en el tiempo de respuestas a la suplementación invernal sobre campo natural. En un grupo de ensayos, los animales suplementados lograron un mejor desempeño desde el inicio mismo de la suplementación (respuesta lineal), mientras que en otros casos se observó la presencia de un período inicial de entre 400 y 800 grados.día en el que la suplementación prácticamente no mejoró el desempeño animal (respuestas no lineales, cuadrática o Weibull). Una vez superada esa etapa inicial, la respuesta a la suplementación parece similar en las tres situaciones, ubicándose entre 2,3 y 3,2 kg peso vivo/100 grados.día.\*

Las respuestas no lineales estarían asociadas a la disponibilidad de forraje y tasa de sustitución (respuestas cuadráticas) o a heladas (respuestas Weibull). Sin embargo, los datos disponibles no permiten identificar *a priori* cuando un esquema de suplementación será de tipo lineal o no lineal.

**Cuadro 1** - Ecuación de regresión lineal múltiple para la respuesta a la suplementación inicial (a los 300 °C Día) o final (a los 1000 °C Día).

Ecuación	R <sup>2</sup>
RespSupl Inicial = -22.2 + 0.01*PV + 3.7*sPC:sEM	0.69
Resp Supl Final = 17.9*CmoSupl + 44.5*Sgmd + 45.3*fCP:fEM - 7*fCP	0.79

PV: peso vivo; sPC:sME: ratio entre concentración de proteína cruda y energía metabolizable del suplemento; Cmo Supl: consumo de suplemento; Sgmd: ganancia media diaria de animales suplementados; fCP:EM: ratio entre concentración de proteína cruda y energía metabolizable del forraje; fPC: concentración de proteína cruda del forraje.

Es necesario generar más investigación para contestar esta interrogante.

Una suplementación eficiente basada en una alta respuesta a la suplementación logra máxima respuesta económica cuando genera no solo un impacto en el subsistema suplementado sino en todo el sistema productivo. Esto se constata en el desempeño tanto físico-económico como ambiental del sistema, ya que toda mejora en la eficiencia usualmente redundará en menores intensidades de emisiones de gases de efecto invernadero, además de impactar positivamente en la conservación del campo natural (Cazzuli, 2023).

## AGRADECIMIENTOS

A colaboradores de campo y laboratorios, estudiantes, pasantes, investigadores, bibliotecarias, coordinadores, gestores, que hicieron posible que la información aquí resumida esté disponible.

## BIBLIOGRAFÍA

Cazzuli, F.; Sánchez, J.; Hirigoyen, A.; Rovira, P.; Beretta, V.; Simeone, A.; Jaurena, M.; Durante, M.; Savian, J.V.; Poppi, D.; Montossi, F.; Lagomarsino, X.; Luzardo, S.; Brito, G.; Velazco, J. I.; Bremm, C.; Lattanzi, F. 2022. Eficiencia de uso de suplementos energético-proteicos para vacunos en invierno sobre campo natural: análisis de casi 30 años de ensayos nacionales. Revista INIA N° 68, marzo 2022: 20-23.

Cazzuli, F. 2023. Suplementación energético-proteica y dinámica de pastoreo de ganado de carne en crecimiento pastoreando diferimientos invernales de campo natural. Tesis de Doctorado. 143 p.

CattleExplorer. CattleExplorer Excel. CSIRO GrazPlan. 2012. Disponible en: <http://www.grazplan.csiro.au/>



Foto: INIA

**Figura 7** - Mediciones de altura y biomasa del campo natural.

\*En un ejemplo de días de temperatura promedio diaria de 14°C, los 100GD serían equivalentes a unos +/- 7 días.