



**30  
NOV  
2021**

# Genética para una ganadería sustentable

Avances en mejoramiento genético  
de eficiencia de conversión  
y estimaciones de emisiones  
de metano

Central de Pruebas de Kiyú

# Programa general de la Jornada

Modera: Cecilia Olivera (periodista)

**14.30** Acreditaciones.

**15.00** Bienvenida y apertura de la jornada.  
Lic. Fernando Alfonso, Presidente de SCHU.  
Ing. Agr. José Bonica, Presidente de INIA.

**15.15** I+D+i en genética de eficiencia de conversión: apuesta a la sostenibilidad ganadera.  
Ing. Agr. Elly Ana Navajas (PhD), INIA.

**15.30** La eficiencia de conversión como vector de mejora productiva y económica de la ganadería.  
Ing. Agr. Juan Manuel Soares de Lima (PhD), INIA.

**15.45** Cuantificación de metano entérico en Kiyú: la bolilla que faltaba.  
Ing. Agr. José Ignacio Velazco (PhD), INIA.

**16.00** Metano, ganadería y cambio climático.  
Ing. Agr. Walter Baethgen (PhD), Vicepresidente de INIA.

**16.15** Pregunta a los expositores.

**16.30** Clausura.  
Ing. Agr. Fernando Mattos, Ministro de Ganadería, Agricultura y Pesca.  
Sr. Adrián Peña, Ministro de Ambiente.

**17.00** Recorrida por la Central de Kiyú con visita a los corrales en los que se realizan las mediciones de eficiencia de conversión y las estimaciones de metano.

**18.00** Refrigerio.

**18.15** Fin de la actividad.

# Síntesis breves de las presentaciones técnicas

## **I+D+i en genética de eficiencia de conversión: apuesta a la sostenibilidad ganadera.**

**Ing. Agr. Elly Ana Navajas (PhD)**

**INIA**

La selección genética por eficiencia de conversión del alimento (EfC) es una herramienta disponible en Hereford, en base a EPD estimados con la información que se releva en las pruebas de EfC en Kiyú y con la inclusión de genómica. La mejora genética de esta característica impacta favorablemente ya que los animales más eficientes consumen menos alimento, sin afectar su producción. La consecuente reducción de los costos de alimentación y emisiones de metano asociados al menor consumo contribuyen a la sostenibilidad de la ganadería y aportan al posicionamiento frente a los desafíos actuales de mitigación de gases de efecto invernadero.

La I+D+i iniciada en 2014, en colaboración con instituciones nacionales e internacionales, ha expandido sus horizontes con la inclusión de nuevas características y sistemas de registros en Kiyú y rodeos de cría experimentales, en pro del continuo apoyo al fortalecimiento de la producción nacional.

## **La eficiencia de conversión como vector de mejora productiva y económica de la ganadería.**

**Ing. Agr. Juan Manuel Soares de Lima (PhD)**

**INIA**

La mejora en la eficiencia de conversión alimenticia del ganado vacuno implica que un animal pueda producir más comiendo lo mismo o pueda producir lo mismo comiendo menos que otro menos eficiente. En ambos casos, la producción a nivel del sistema productivo se incrementa, en el primero por aumento directo y en el segundo por un incremento de la carga que el sistema puede sostener.

El programa de mejoramiento genético en la raza Hereford, al tener incorporada la eficiencia en su evaluación, permite conocer el impacto relativo de cambiar los niveles de eficiencia entre los diferentes percentiles de la población.

En este trabajo se estiman, mediante simulación de sistemas productivos comerciales (cría, ciclo completo e invernada), los incrementos productivos y la mejora en el ingreso económico esperable tras alcanzar el percentil 10 de eficiencia, partiendo de dos niveles de base diferentes.

## **Cuantificación de metano entérico en Kiyú: la bolilla que faltaba.**

**Ing. Agr. José Ignacio Velazco (PhD)**

**INIA**

Las presiones combinadas del aumento de la población mundial, el uso de combustibles fósiles y el cambio climático están exigiendo al sector agropecuario a nivel mundial que gestione sus impactos ambientales, especialmente sus emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Los sistemas ganaderos son emisores de metano entérico proveniente de la fermentación en el rumen. Varias estrategias para su mitigación están siendo investigadas en el mundo, como la alimentación, la selección de animales de baja emisión y la incorporación de compuestos secundarios de plantas, entre otros.

Por las características particulares de la producción de carne en Uruguay, las opciones de mitigación deberían a la vez representar una ventaja evidente a los interesados, ya sea mejorando productividad, abatiendo costos o simplificando procesos. La estimación de emisiones de metano entérico pasa a tener un rol fundamental cuando la efectividad de las estrategias de mitigación necesitan ser documentadas. En esa lógica, Hereford e INIA han incorporado dos equipos (GreenFeed) para la estimación de emisiones de metano entérico con una muy alta frecuencia de mediciones disponibles en tiempo real, de forma remota y para un gran número de animales individuales.

## Central de Pruebas de Kiyú



La central de Prueba de Toros de Kiyú es un centro de extensión y comunicación permanente, sobre aspectos de producción, genética, forrajes y manejo de la raza Hereford.

Fue creada en 1976 entre el Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (actual Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria) y la Sociedad de Criadores de Hereford del Uruguay.

Su función principal es la evaluación de toros de la raza Hereford de Pedigree por caracteres económicos de producción. Las características de evaluación que se consideran en esta prueba de comportamiento son la ganancia diaria en la prueba y peso a los 18 meses, las cuales se utilizan para estimar un índice final ponderándose estas características en un 75 y 25% respectivamente. Al mismo tiempo se consideran otras características como ganancia diaria predestete, a partir de la cual se elabora la preselección para el ingreso a la muestra.

Durante la prueba, al cumplir los toros los 18 meses de edad, se toman las medidas de altura del anca, circunferencia escrotal, área de ojo de bife y espesor de grasa, las que serán incorporadas al programa de EPDs. Estos serán considerados por el jurado al momento de establecer el orden de venta del remate. Previo al mismo, los toros son sometidos a un control de aptitud reproductiva, por lo que se venden con garantía de fertilidad.

Desde el año 2014 se realizan mediciones de eficiencia de conversión de alimento a carne, en base al proyecto “Mejora de la competitividad de la ganadería uruguaya por el desarrollo de nuevas herramientas genómicas que mejoren la eficiencia de alimentación y la calidad de canal de la raza Hereford”, tanto en los toritos bajo evaluación como en novillos Hereford provenientes de las estaciones experimentales de INIA. Las instituciones participantes han sido:

**Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).**

**Asociación Rural de Uruguay (ARU).**

**Sociedad de Criadores de Hereford del Uruguay (SCHU).**

**Instituto Nacional de Carnes (INAC).**

**Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).**

**Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE).**

**Con el apoyo de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII).**

También colaboran en este proyecto organizaciones nacionales como el Frigorífico BPU y las facultades de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de la República, e internacionales como la Sociedad de Criadores de Hereford de Canadá e instituciones académicas de dicho país.

En 2017 se inició la publicación del EPD de eficiencia de conversión, fortalecidos por la inclusión de la información genómica, y en conjunto con la población Hereford de Canadá.

Hoy en día se continúan las mediciones de eficiencia de conversión, manteniendo el trabajo conjunto

entre INIA y la SCHU, con 1600 animales medidos. Además, se han iniciado las mediciones de metano entérico en paralelo con las mediciones de eficiencia. En esta nueva etapa también comienzan investigaciones junto al Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable y el Instituto Pasteur, con financiamiento de ANII.

La central de Prueba de Toros de Kiyú está ubicada en la ruta 1 en el km. 61 del departamento de San José.





# I+D+i en genética de eficiencia de conversión: apuesta a la sostenibilidad ganadera

**Elly Ana Navajas**

**Unidad de Biotecnología – Programa Nacional de Carne y Lana  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria**

## Introducción

En 2014 se iniciaron las mediciones de eficiencia de conversión de alimento (EfC) en la Central de Pruebas de Kiyú para contar con la información de esta característica en la evaluación genética de la raza. La meta ha sido contribuir al aporte que realiza el programa de mejoramiento genético de la raza, sumando una característica que incide directamente en la reducción de los costos de alimentación sin afectar la producción y con impactos ambientales positivos.

Actualmente las estimaciones de mérito genético (EPD) para EfC se publican anualmente, fortalecidas por información genómica, en base a los datos que se relevan en las pruebas de EfC que se desarrollan en Kiyú. En base a la información nacional generada se ha investigado, y se continúa profundizando, en la asociación con otras características relevantes y la cuantificación del impacto económico.

La plataforma de investigación, desarrollo e innovación con base en la Central de Pruebas se expande actualmente con las mediciones de las emisiones de metano entérico en paralelo con las pruebas de EfC.

## ¿Por qué eficiencia de conversión?

La EfC es una característica que relaciona el consumo de alimento de los animales y su producción. La mejora de EfC busca reducir el consumo, pero sin reducir el desempeño productivo, lo que va asociado a una disminución de los costos de alimentación que inciden entre 60 y 80% en los costos totales de la producción ganadera. El impacto económico de una mejor EfC en un rodeo puede interpretarse como un impacto directo en la ecuación económica y también

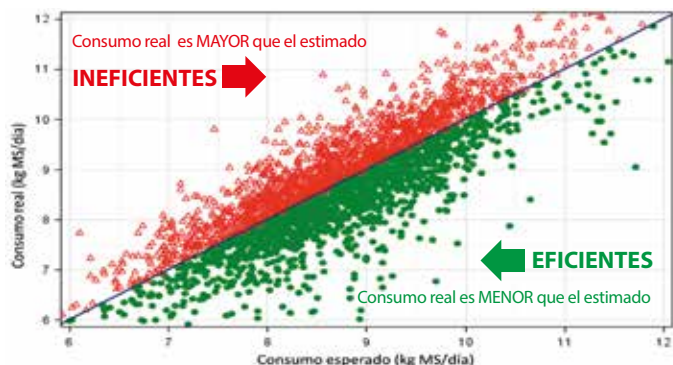
como la capacidad de aumento de carga dentro de un sistema productivo, como se detalla más adelante en esta publicación (“La eficiencia de conversión como vector de mejora productiva y económica de la ganadería”, Soares de Lima, 2021).

Además del impacto económico favorable, una mayor EfC de conversión tiene efectos potenciales positivos a nivel ambiental. Uno de ellos es sobre las emisiones de metano entérico, contribuyendo así al desafío actual de mitigación de gases de efecto invernadero como se explica más adelante en el artículo “Cuantificación de metano entérico en Kiyú: la bolilla que faltaba” (Velazco, 2021).

La contribución de EfC a la sostenibilidad ganadera a nivel económico y ambiental fue la base del proyecto “Mejora de la competitividad de la ganadería uruguaya por el desarrollo de nuevas herramientas genómicas que mejoren la eficiencia de alimentación y la calidad de la canal de la raza Hereford”, llevado adelante por la Sociedad de Criadores de Hereford junto al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, la Asociación Rural del Uruguay, el Instituto Nacional de Carne y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, con el apoyo de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación. Esta iniciativa es la que permite el posicionamiento actual para aportar soluciones desde la mejora genética al nuevo contexto frente al cambio climático.

Para potenciar la posibilidad de reducir el consumo sin afectar la producción, se eligió el consumo residual de alimento (RFI, residual feed intake) como el criterio para medir EfC. Es utilizado en la estimación de los EPD para EfC en la raza Hereford y su asociación con otras características es nula o baja. Esta independencia de otras características es beneficiosa desde el punto de vista de la selección genética.

El RFI es la diferencia entre el consumo real y el consumo esperado de un animal en base a su producción, siendo los más eficientes aquellos que consumieron menos que lo previsto en base a su desempeño durante la prueba (Figura 1).



**Figura 1. Consumo de alimento medido y esperado en base al desempeño durante la recría de toritos y novillos Hereford.** Los puntos verdes son los animales eficientes cuyo RFI tiene valor negativo ya que comieron menos de los esperados. Lo opuesto sucede para los ineficientes, indicados en rojo, cuyo RFI tiene valor positivo.

El cálculo del RFI para cada animal no se realiza con valores de tablas de requerimientos nutricionales ya que no sería posible identificar la variabilidad que existen entre animales. Se utiliza una regresión en la cual el consumo esperado es estimado con el peso promedio del animal durante la prueba, la tasa de ganancia diaria y el nivel de deposición de grasa, en base a la medida de grasa subcutánea dorsal por ultrasonido al final de la prueba. La incorporación de la medida de grasa ha sido una mejora relativamente reciente en la estimación de RFI en base a estudios realizados en Canadá. La incorporación de esta característica busca ajustar por la deposición de grasa y de esta manera promover la independencia de RFI del contenido de grasa en la carcasa y niveles de madurez más tardía en las vaquillonas y toros.

De los dos componentes que hacen a la EfC, la mayor dificultad radica en la medición de consumo individual de alimento. Sin embargo, se cuenta para ello con 16 comederos automáticos (Growsafe) instalados en dos corrales construidos especialmente con este fin (Figura 2).

La información necesaria para el cálculo de RFI se obtiene en pruebas de EfC de 70 días de duración, que se realizan luego de 28 días de adaptación al sistema de comedero y a la dieta. El acceso a la comida es a voluntad (ad libitum) de manera de asegurar que ningún animal tenga restricción alimenticia. La dieta utilizada para las mediciones de EfC en la recría se compone de silo de sorgo o maíz y grano de maíz en una relación en base fresca de 70:30. El desempeño se mide a través de pesadas quincenales y mediciones por ultrasonido de indicadores de la composición corporal como el área del ojo del bife y el espesor de grasa subcutánea.



**Figura 2. Comederos automáticos para la medición de consumo individual de alimento.**

La identificación del animal (chip de la caravana de trazabilidad) es registrada por lectores ubicados en cada comedero. El consumo es calculado por la diferencia de pesos (pre y post consumo) del contenido del comedero. La información es capturada en el lugar y transmitida a una computadora. De la sumatoria de todos los eventos de consumo, se computa el consumo diario de cada animal.

### Evaluación genética de eficiencia de conversión

El EPD de EfC está basado en el cálculo del RFI que se obtiene en estas pruebas de EfC realizadas en Kiyú, pero expresado en términos de ahorro de alimento. Está expresado como un score de valor promedio 100 y en el cual, los valores superiores indican el nivel de ahorro de materia seca de alimento consumido por la progenie de los reproductores más eficientes. En el caso de un reproductor con EPD de 105, tomado como ejemplo, su progenie consumirá en promedio 50kg de materia seca de alimento menos por año, en comparación con la progenie de un toro con EPD 100. En la Figura 3 se resumen los principales conceptos para la interpretación del EPD de EfC.

En 2017 se incorporó la información genómica a la evaluación genética de EfC utilizando como población de entrenamiento los animales medidos en Kiyú, lo cuales también fueron genotipados. Esta base de datos fue ampliada con la incorporación de más de 2000 animales Hereford provenientes de la Sociedad de Criadores de Hereford de Canadá. La publicación de EPD genómicos ha sido posible gracias al análisis conjunto de las bases de datos fenotípicos, genealógico y genómicos de ambos países, el cual fue realizado por el equipo técnico de INIA.

La inclusión de la genómica llevó a un incremento de precisiones de los EPD y genera la oportunidad de que cabañeros y criadores puedan contar con los EPD para EfC de animales que no hayan pasado por las pruebas en Kiyú. Para eso es necesario que se envíen a genotipar muestras de los animales y que la información genómica resultante sea incluida en la evaluación Hereford.

## EPD DE EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DE ALIMENTO

- ✓ Medido como la diferencia entre el consumo real de un animal y el predicho en base a su peso, crecimiento y nivel de engrasamiento.
  - Animales más eficientes consumen menos a lo esperado.
- ✓ Expresado como score con media 100
  - a mayor valor del EPD mayor eficiencia.
  - un valor de 100 indica que la progenie consumirá lo esperado.
- ✓ Interpretado en términos de consumo de alimento
  - Una unidad de cambio representan 10 kg de alimento por año.

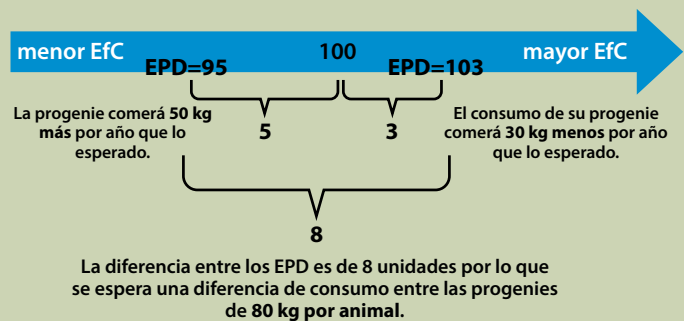


Figura 3. Bases del cálculo del EPD de EfC y su interpretación.

### ¿Qué más sabemos de la eficiencia de conversión?

Se ha investigado, en colaboración con varias instituciones, en la asociación de EfC con diferentes características, así como en las bases que explican las diferencias entre animales en cuanto a su EfC.

#### A modo de reseña:

- La comparación de novillos de alta, media y baja EfC en la recría, que fueron engordados posteriormente en pastoreo, no tuvieron diferencias en la calidad de la canal y la carne. Es decir que animales más eficientes tuvieron niveles similares de producción final y calidad de producto, pero con menores consumos de alimento (Pravia y col., 2018).
- La evaluación de EfC en novillos en la recría y posterior engorde a corral indica que la correlación entre ambas es de 0,71, manteniéndose el ranking entre ambas fases. Tanto en la recría como en el engorde la mayor EfC, medida como RFI, está explicada por un menor consumo de alimento. Los novillos más eficientes consumieron 15% y 18% menos en promedio en la recría y en el engorde, respectivamente (B. Silveira, estudiante de Maestría).
- En una primera evaluación de la asociación entre EfC y emisiones de metano, medidas por la técnica de SF<sub>6</sub>, en 18 novillos extremos en RFI en la recría se encontró una menor emisión en los animales eficientes (Dini y col., 2019).

- Estudios a nivel del metabolismo celular señalan que los novillos de alta EfC presentaron una mayor capacidad respiratoria mitocondrial y mayor capacidad de reserva máxima mitocondrial. Esta mayor eficiencia respiratoria indicaría que los novillos de alta EfC podrían obtener mayor cantidad de energía por unidad de alimento consumido (Casal y col., 2018; 2019).

#### Nuevos trabajos ya en marcha

La Central de Pruebas de Kiyú tiene un rol muy importante en el Núcleo de Información de la raza Hereford (Anuario Hereford 2020). Además de mantener las mediciones de RFI para fortalecer las predicciones de los EPD para EfC, las investigaciones sobre EfC y su asociación con calidad de canal y carne, e incorporar la cuantificación de emisiones de metano, representa la base para nuevas investigaciones buscando generar nuevos conocimientos y herramientas productivas.

Una de las áreas de trabajo es la identificación de medidas y características correlacionadas con EfC que permitan predecirla a menores costos. Este enfoque es complementario al uso de información genómica, y procura establecer formas de incrementar el número de animales con información de EfC, aún en condiciones de pastoreo. El no disponer de una metodología que permita medir en forma precisa la cantidad de alimento que consume un animal en pastoreo, ha alentado a explorar formas alternativas



para la identificación de animales eficientes.

Dentro de las alternativas consideradas, se plantea la caracterización de la microbiota ruminal. En este último caso, a partir de una muestra de líquido ruminal, se estudia la composición de la comunidad microbiana (qué microorganismos y en qué proporciones) y su funcionalidad mediante el uso de herramientas genómicas. Además, estos estudios permitirán obtener información sobre los procesos de metanogénesis y bioenergéticos en nuestras condiciones de trabajo. Esto ayudará a comprender mejor la interacción de la microbiota ruminal con EfC y emisiones de metano, tanto en toritos y novillos en la recría, así como en los novillos alimentados con dietas de recría y de engorde.

### **Comentarios finales**

- El EPD para EfC está disponible, junto a los EPD de las demás características de importancia económica e índices de selección, de manera que cabañeros y productores puedan hacer una selección informada, balanceada y de acuerdo con sus objetivos de producción.
  - El mantenimiento de las mediciones de EfC en Kiyú permite aumentar el número de animales evaluados y las precisiones de las predicciones en base a ADN de aquellos candidatos a la selección que no cuenten con el dato de EfC, a través del incremento de la población de referencia para las predicciones genómicas.
  - Existen varias áreas en las cuales se continúa trabajando para profundizar el conocimiento y generar recomendaciones sobre parámetros técnicos nacionales. Un claro ejemplo es la asociación del RFI medido en la recría, y la EfC en el engorde y su impacto en la calidad del producto final.
  - El contar con una base de datos nacionales que brinda información sobre la genética de EfC en nuestro país, se avanza aspectos relevantes como la cuantificación del impacto económico de esta característica, así como en la estimación de las asociaciones genéticas con las características relevantes para la producción.
- La combinación de investigación, desarrollo e innovación ha permitido generar herramientas y conocimientos. Esto ha ido acompañado de la formación de recursos humanos. Dentro de estos proyectos, se han enmarcado varios trabajos de estudiantes de grado y posgrado, fortaleciendo las capacidades técnicas nacionales en ciencia aplicada al sector agropecuario. Esta nueva etapa de investigación y desarrollo es también una iniciativa que se lleva adelante con la colaboración de varios grupos de investigadores de los institutos de Investigaciones Biológicas Clemente Estable y el Institut Pasteur de Montevideo, así como también de las Facultades de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de la República. A nivel internacional se está trabajando con la Universidad de Wisconsin-Madison (EEUU) y AgResearch (Nueva Zelanda).
  - Con la incorporación de las mediciones de emisiones de metano, podremos expandir estos avances en ciencia, tecnología, formación y difusión a la dimensión ambiental.

# La eficiencia de conversión como vector de mejora productiva y económica de la ganadería

Juan Manuel Soares de Lima, Elly A. Navajas, Olga Ravagnolo, Mario Lema  
Programa Nacional de Carne y Lana  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## Introducción

*“Nuestra población y nuestro uso de los recursos finitos del planeta tierra crecen exponencialmente, junto con nuestra capacidad técnica para cambiar el entorno para bien o mal”.*

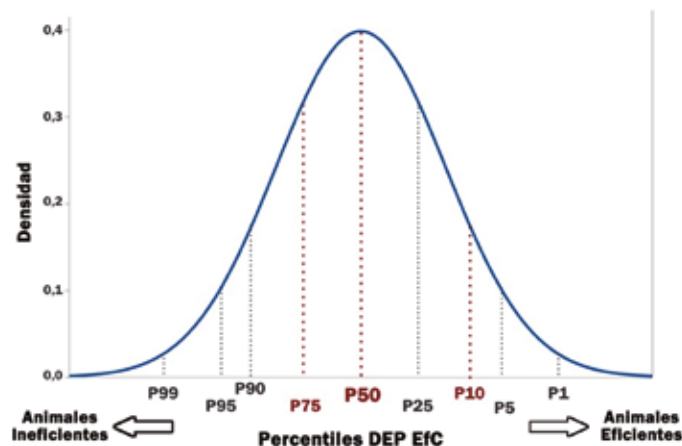
*Stephen Hawking*

La investigación enfocada en la búsqueda de animales eficientes apunta indudablemente a **“cambiar el entorno para bien”** y en este trabajo se presenta un primer abordaje al impacto productivo y económico de la mejora en la eficiencia de conversión en ganado para carne, pilar de nuestra economía y nuestra cultura como país ganadero.

## Antecedentes

El proyecto de Eficiencia de conversión en la raza Hereford, realizado en la Central de Kiyú, estimó el consumo residual de alimento (RFI) a partir de lo cual se desarrollaron las diferencias esperadas en la progenie para la característica eficiencia de conversión de alimento (DEP EfC).

La población Hereford evaluada, puede ser caracterizada mediante percentiles (P), donde reproductores que se encuentren en los primeros percentiles para DEP EfC (P1, P5, P10) serán animales más eficientes que el promedio (P50), mientras que padres en los últimos percentiles (P90, P95, P99) serán animales ineficientes, es decir, necesitarán de un consumo mayor para producir lo mismo que animales más eficientes (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de valores genéticos (DEP EfC) en una población y gradación mediante percentiles.

## Objetivos

En base a las estimaciones actuales de DEP de EfC disponibles, este trabajo pretende brindar una primera aproximación al impacto productivo y económico de la selección genética de animales de mayor eficiencia de conversión, en predios ganaderos comerciales. Estas primeras estimaciones nacionales son posibles en base a la información disponible en el sistema de evaluación genética de la raza Hereford.

## Metodología de trabajo

Mediante un modelo de simulación ganadero (Soares de Lima, 2009), se caracterizan tres sistemas de producción bovina en una misma superficie de 500 ha: un sistema de cría, uno de ciclo completo y uno de invernada. Estos sistemas que llamaremos BASE, se modelan utilizando las ecuaciones originales basadas en el centro de investigación australiano CSIRO (1990).

Un supuesto inicial es que este modelo BASE representa el promedio poblacional de la raza Hereford, es decir, el percentil 50 (P50, Figura 1). Bajo este supuesto, se modifican las ecuaciones originales asociadas a la energía de mantenimiento de los animales jóvenes, de tal forma que el consumo resultante para lograr una misma producción en estos animales jóvenes se equipare a la eficiencia del P10. Si bien las estimaciones de los DEP se basan en el RFI medido durante la recría, se asume un segundo supuesto de que los animales de mayor edad (vacas de descarte en engorde) tendrían una variación en

la eficiencia equivalente al 80% de la observada en animales jóvenes. No se asumen cambios en el rodeo de cría, por tener una mayor complejidad en lo que a procesos metabólicos (y por ende a partición de energía) se refiere .

Ante estos cambios en eficiencia de conversión tras pasar del P50 al P10, el primer resultado evidente que se verifica es un sobrante de forraje, dado que se requiere menor consumo de alimento para lograr el mismo nivel productivo. Ajustando la carga animal a esta nueva realidad, se establece entonces un nuevo escenario producto de transitar desde un sistema de producción con un valor promedio (P50) de EfC a un sistema más eficiente (P10), con más animales en la misma superficie producto de su mayor eficiencia. En una segunda instancia, consideramos que en realidad este sistema BASE o de partida, no está conformado por animales promedio en DEP EfC sino que son animales aún menos eficientes, estableciendo su valor en un percentil 75 (P75). Igualmente, planteamos la simulación apuntando a alcanzar el P10 como en la situación anterior, por lo cual en este caso, partiendo de un punto más alejado se necesitará un cambio mayor en eficiencia para alcanzar el P10.

## Resultados

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos para las tres orientaciones consideradas: cría, ciclo completo e internada. Como fue descrito anteriormente, el sistema base es el mismo en ambas simulaciones, pero la diferencia es que en el primer caso se asume que esta base representa el P50, es decir la media de DEP EfC de la población, por lo cual para avanzar hasta el P10, la reducción del consumo será de 7,9%. En el segundo caso, si se asume que la situación BASE corresponde al P75, el avance hasta el P10 significará una reducción de consumo mayor, de 12,3%.

La internada capitaliza los impactos en la mejora de la eficiencia al ser un sistema donde el 100% de los animales son jóvenes. También el ciclo completo evidencia cambios muy importantes, aunque la mejora de eficiencia de conversión involucre sólo el 62% de los animales del sistema, según los supuestos descritos. . En este caso, esos animales son los que definen los ingresos del sistema y por eso la variación en producción e ingreso es muy relevante. En el otro extremo, la cría vende todos los terneros machos y parte de las hembras, con lo cual la mejora en eficiencia incide en menos de la mitad de los animales del sistema y por ello, evidencia cambios mucho menos notorios.

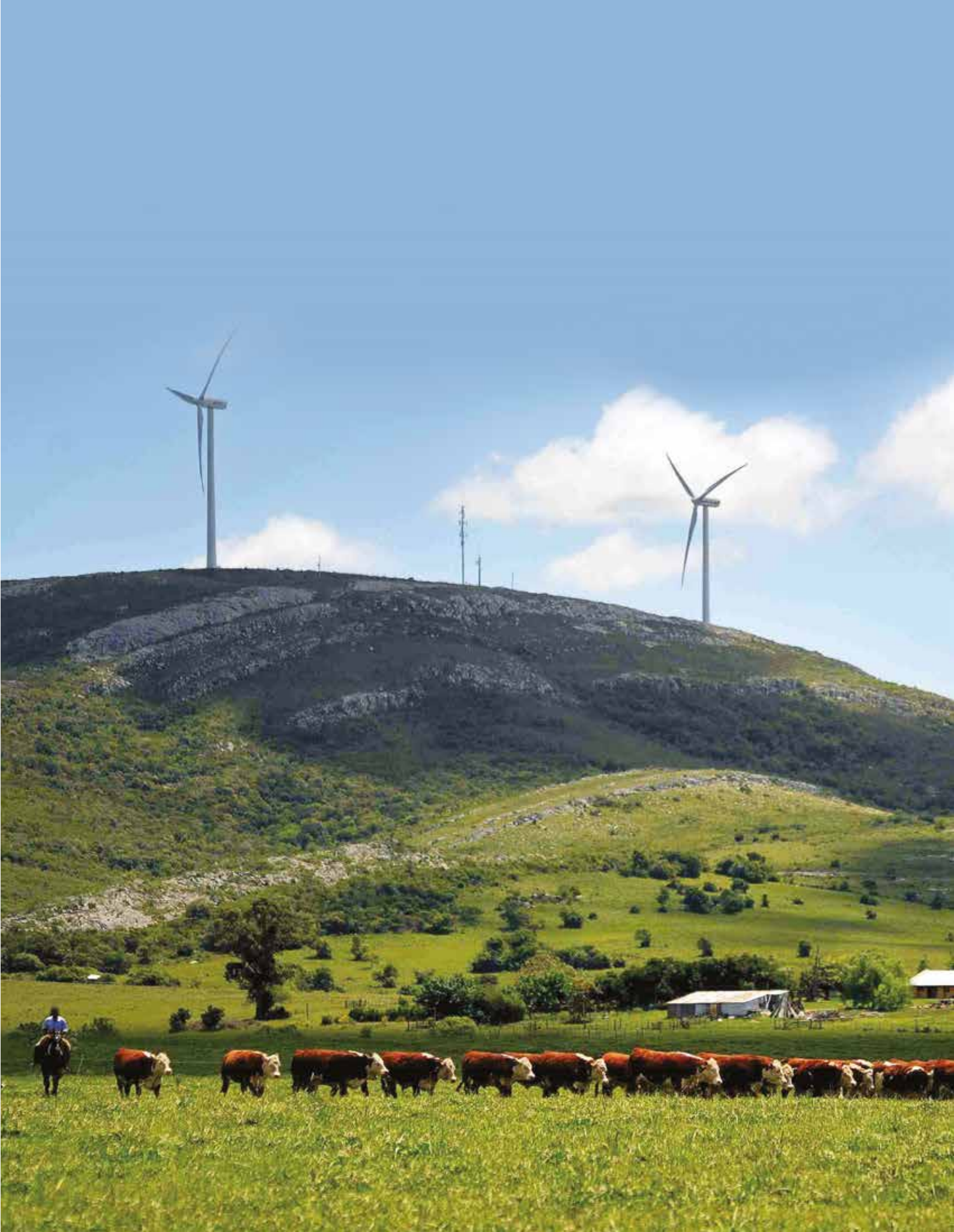
**Cuadro 1. Resultados de la modelación de los sistemas al aumentar la eficiencia de conversión.**

	Cría	Ciclo completo	Internada
% animales afectados 1	45	62	100
% área mejorada	10	24	45
Dotación BASE (UG/ha)	0,84	0,82	1,22
PPV BASE (kgPV/ha/año)	107	138	268
Ingreso Neto BASE (US\$/ha/año) 2	84	113	202
<b>BASE en P50 =&gt; avance a P10</b>			
Dotación (UG/ha)	0,86	0,87	1,31
PPV (kgPV/ha/año)	110	145	290
Ingreso Neto (US\$/ha/año)	88	125	229
<b>BASE en P75 =&gt; avance a P10</b>			
Dotación (UG/ha)	0,88	0,90	1,45
PPV (kgPV/ha/año)	112	150	319
Ingreso Neto (US\$/ha/año)	91	132	265

1 Animales jóvenes y vacas de descarte en engorde (80% de reducción)

2 Precios promedio últimos cinco años (2016-2021)

<sup>1</sup> Actualmente, en la Estación experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, se investiga sobre el efecto de líneas eficientes en los procesos asociados a la cría.



### Consideraciones finales

- Es importante recordar que el ejercicio de simulación realizado se enfoca en el cambio de una sola característica, cuando la evaluación genética Hereford incluye otras características económicamente relevantes (12 DEP's y 2 índices de selección) que afectan el resultado económico de las empresas ganaderas y deben ser consideradas al momento de la selección de los reproductores.
- En sistemas donde el ingreso proviene fundamentalmente de la recría y/o la invernada, el impacto de la mejora en la eficiencia puede ser muy relevante, al menos bajo los supuestos del efecto restringido a categorías jóvenes.
- Se desconoce aún el nivel genético de base en lo que refiere a esta característica, tanto a nivel nacional como de rodeos comerciales. A través del genotipado es posible estimar este punto de partida y de esta forma evaluar el potencial de cambio y el impacto a lograr en un proceso de mejora genética por eficiencia de conversión del alimento.
- Seguramente exista un efecto sobre eficiencia en el rodeo de cría que no fue considerado en este trabajo, el cual está siendo investigado a nivel nacional.
- El incremento en el número de registros y por ende en el número de animales evaluados en DEP EfC, permitirá incrementar el potencial de mejora por la posibilidad de lograr mayores precisiones en esta característica y mayores intensidades de selección.





## Cuantificación de metano entérico en Kiyú: la bolilla que faltaba

**José Ignacio Velazco**

**Programa Nacional de Carne y Lana  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria**

### Introducción

Desde 2014 se llevan adelante las mediciones de consumo y estimaciones de eficiencia de conversión del alimento (EfC) en la central de Prueba de Kiyú, las cuales han permitido sumar esta característica a la evaluación genética de la raza Hereford. Atendiendo la urgencia que representa cuantificar y documentar las emisiones de metano entérico, la central de prueba de Kiyú ha sido recientemente equipada para la estimación individual de emisiones de metano entérico en simultáneo con las pruebas de eficiencia. Entendiendo la mejora genética de la EfC como una apuesta a la reducción de los costos de producción (ya que animales más eficientes tenderán a mantener los niveles de producción, pero en base a consumos de alimento menores) la cuantificación de emisiones de metano entérico en los propios ambientes de producción permite establecer relaciones entre consumo, eficiencia, ganancia media diaria y emisiones lo que genera una herramienta útil para la selección de individuos ambientalmente más amigables.

A modo de ejemplo podríamos postular que la mejora de EfC puede también aportar a la mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI), a partir de su asociación con las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) entérico. Puesto en números, una reducción en la necesidad de alimento explicada por una mayor eficiencia animal podría conllevar una reducción en las emisiones totales de metano entérico.

Adicionalmente, existe evidencia en la bibliografía que propone la factibilidad de reducir las emisiones de metano por selección directa de esta característica, debido a que las primeras estimaciones internacionales indican que es heredable. Para profundizar en la asociación entre EfC y emisiones de metano y conocer la genética de las emisiones, es fundamental poder contar con volúmenes importantes de datos de estas características. Con esta meta, se han instalado en la Central los equipos para la medición de metano del ganado, que se realizará durante la prueba de EfC.

### **Central de prueba Kiyú hoy: consumo y emisiones en tiempo real.**

Las instalaciones en la actualidad permiten la determinación del consumo y las emisiones individuales en tiempo real a través de la lectura de radio frecuencia (caravanas de trazabilidad). En la Figura 1 se ven 8 comederos empleados para la estimación de consumo de alimento y un monitor de emisiones, ambos en el mismo corral.



**Figura 1.** Toritos Hereford en el inicio de las mediciones conjuntas de consumo y metano entérico.

La EfC es medida en estas pruebas en base al consumo residual de alimento (RFI, residual feed intake) resultante de la diferencia entre el consumo real (medido en los comederos) y el consumo esperado en base al peso, crecimiento y deposición de grasa.

A efectos de la evaluación genética, y acorde con los protocolos internacionales, se mide el RFI durante la recría. Esta información relevada en toritos y en novillos forman parte de la población de referencia para selección genómica y es la base de los EPD genómicos que se publican anualmente para la raza ([www.geneticabovina.com.uy](http://www.geneticabovina.com.uy)).

A modo de trabajo experimental, se iniciaron las mediciones de EfC también en el engorde de novillos que se realiza luego de su prueba de eficiencia en la recría.

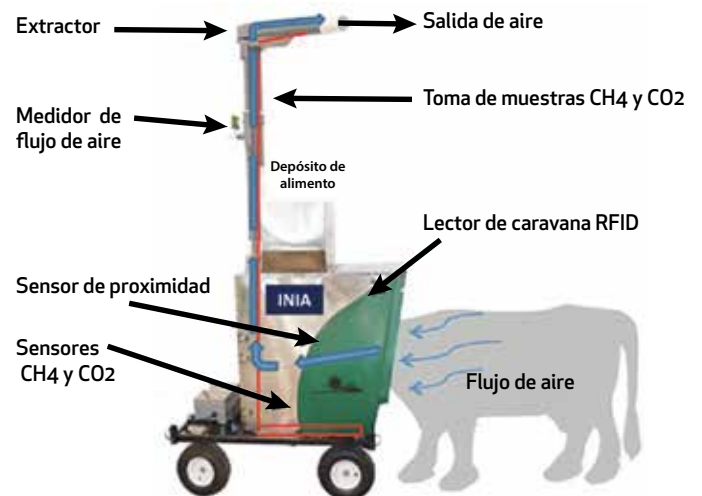
Las mediciones de metano entérico se integran a las pruebas de EfC en recría de toritos y novillos, así como en el engorde y terminación de estos últimos.

### Medición individual de emisiones de metano

El sistema que opera en Kiyú (Greenfeed) para medir las emisiones diarias de metano entérico es una estación de alimentación, que cada animal visita voluntariamente a lo largo del día para recibir una pequeña recompensa de comida (Figura 2). Mientras los animales visitan el Greenfeed, un sistema RFID identifica a cada animal, un ventilador aspira aire sobre la cabeza del animal colectando los gases que están siendo exhalados durante la visita.

Al mismo tiempo, el equipo de manera automática registra mediciones de alta resolución de las tasas de

flujo de aire, concentraciones de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> y otros parámetros ambientales. Con la información del sensor, se calcula directamente un flujo volumétrico (L / min) de gases emitidos por el animal. Una vez que se calcula el flujo volumétrico conocido, el flujo de masa en (g / min) se puede calcular utilizando la ley de los gases ideales. Por tratarse de visitas voluntarias y con la intención de tenerlas de manera periódica, el equipo proporciona un suplemento peletizado (recompensa) de manera controlada (cantidad / evento de alimentación y número de eventos de alimentación / día) en función de su identidad detectada por la etiqueta RFID en la caravana de trazabilidad.



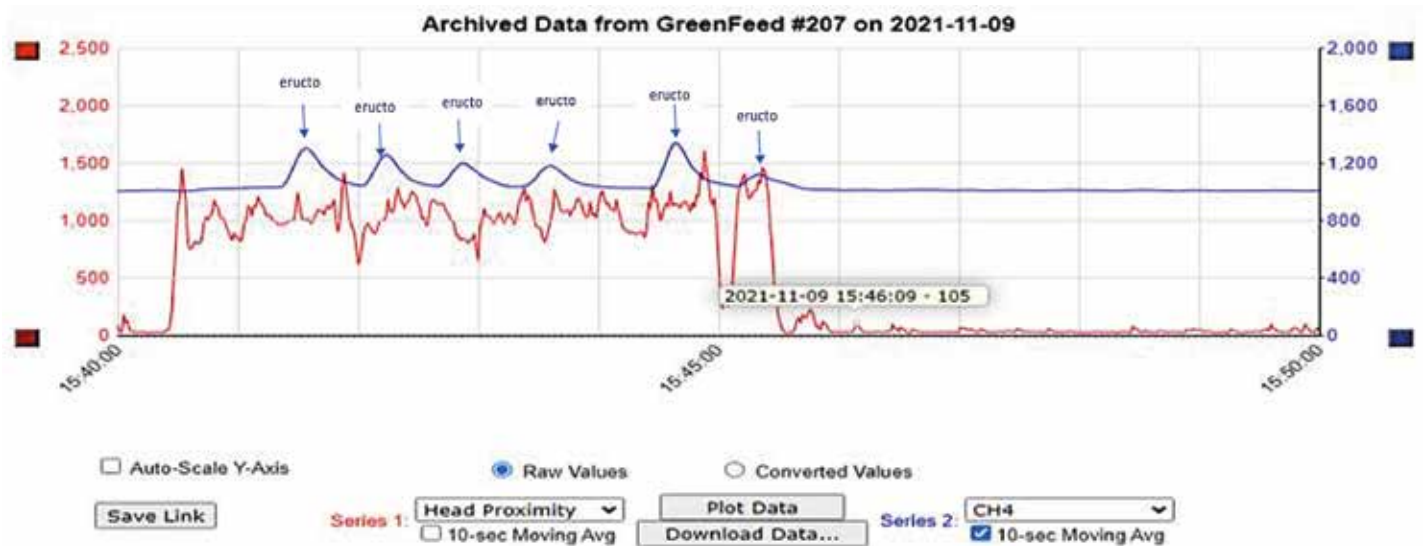
**Figura 2.** Diagrama de los componentes de los equipos GreenFeed utilizados para la medición de las emisiones de metano (Adaptado de GreenFeed emission monitor system, C-Lock inc. 2014).

Un período de alimentación de 3 a 6 minutos suele detectar varios episodios de eructos. Para evitar los datos que ocurren cuando los animales se alejan de la cubierta durante la medición de metano, un sensor de proximidad en la cubierta y un sistema de filtrado de datos monitorean la posición de la cabeza del animal durante cada evento de alimentación. El filtrado de datos garantiza que solo se utilicen en los cálculos los datos de los períodos en los que la cabeza del animal está en posición correcta (denominados eventos de alimentación útiles). Las tasas de emisión de todos los eventos de alimentación útiles (al menos

3 minutos con la cabeza en posición) se promedian para proporcionar una estimación de emisiones diarias de metano entérico basada en los datos de esos pocos minutos. Los cambios en el programa de suministro de suplemento se pueden realizar de forma individual o por lote.

Esta flexibilidad permite un manejo diferencial de los animales para incrementar la tasa de reclutamiento, asegurar la dispersión y duración de las mediciones a lo largo del día. Idealmente cada equipo es capaz de estimar las emisiones de 25 animales por ciclo de medición siendo la duración de los mismos variable entre lotes e individuos. Dada la duración de 70 días de las pruebas de EfC es factible llevar adelante varios ciclos de mediciones, con la expectativa de maximizar el reclutamiento durante el período de acostumbramiento.

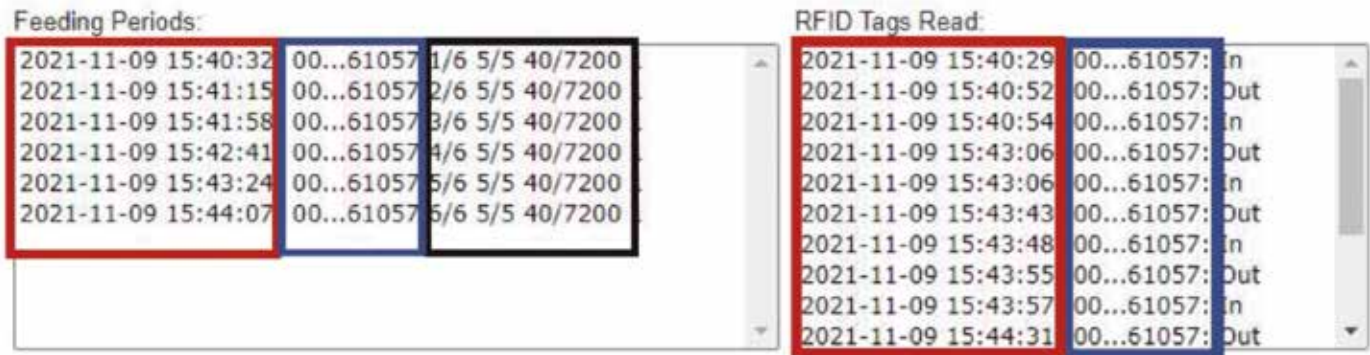
La Figura 3 muestra cómo lucen las emisiones de un animal que voluntariamente visitó el equipo. La línea roja corresponde al sensor de proximidad (indica la posición de la cabeza y su distancia relativa al equipo) y la azul a las emisiones instantáneas (las emisiones se calculan automáticamente y corresponden al área bajo la curva). Cuando el sensor de proximidad (línea roja) está próximo a cero, indica ausencia de animales en proximidad por lo que el equipo toma el valor de metano como línea de base.



**Figura 3.** Estimación de emisiones en tiempo real. Así luce en forma gráfica y en tiempo real un registro válido para la cuantificación de las emisiones.

Asociado al gráfico se encuentra, también en tiempo real, una descripción detallada del evento que se está registrando (Figura 4). En un panel se informa día, hora, identidad, número de visita, máximo de visitas restantes para ese día y los parámetros básicos de programación que aplican para esa caravana en particular. La programación básicamente permite regular el máximo de visitas que cada animal tiene permitidas para evitar excesos en animales que por su dominancia no permiten el acceso a otros. A su vez, con la programación se logra una adecuada distribución temporal a lo largo del período de medición (recuadro negro de la Figura 4).



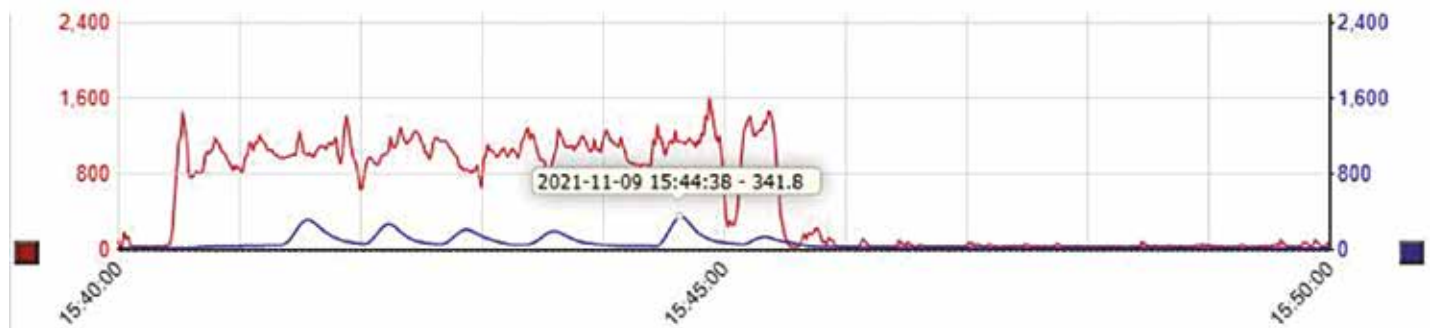


**Figura 4.** Panel simplificado con la información relativa al evento que se está registrando emisiones en tiempo real. Esta es la forma que se ve en forma gráfica y en tiempo real un registro válido para la cuantificación de las emisiones.

### Alcances y perspectivas de la integración de la medición de metano entérico

Los equipos Greenfeed han sido instalados en Kiyú en los corrales en los cuales se llevan adelante las pruebas de EfC, con el objetivo de medir las emisiones de metano en toros y novillos. Con esta integración, y dado el sistema de registros implementados, se contará con la información necesaria para caracterizar las emisiones de metano.

El punto de partida en todos los casos será las emisiones absolutas de cada animal registradas por los nuevos equipos. Para seguir con el ejemplo, los eventos descritos como eructos en la Figura 2 tienen valores máximos corregidos que van desde 341 a 113 gCH<sub>4</sub>/d (Figura 5). Para el registro que va desde las 15:40:29 hasta las 15:44:31 las emisiones estimadas son de 155 gCH<sub>4</sub>/día (área bajo la curva).



**Figura 5** Estimación de emisiones en tiempo real convertida a la unidad de reporte (341,8 gCH<sub>4</sub>/d), para los eructos del 9-11 a las 15:44 y 15:45.

En la medida que también se cuenta con el consumo de alimento de cada animal, así como su peso y ganancia diaria, se podrán describir las emisiones de metano entérico tanto por kilo de alimento y en términos de intensidad de emisión, es decir, como función de la cantidad de producto.

### Comentarios finales

- En la medida que los EPD para EfC están disponibles en la raza Hereford, base para la mejora genética por esta característica, la iniciativa que se pone en marcha generará la información para determinar la contribución indirecta de esta mejora genética a la reducción de las emisiones de metano.

- Otra importante innovación a nivel nacional será explorar la posibilidad de seleccionar directamente por emisiones de metano y cuál será el aporte que se pueda realizar, en combinación con los demás caracteres de relevancia económica para la producción ganadera.
- De esta manera se podrá maximizar el potencial de la mejora genética como soporte de la productividad ganadera dando respuesta también a los nuevos desafíos ambientales con lo que entendemos es la bolilla que faltaba.

