

Título: ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN FINCAS PRODUCTORAS DE LECHE DE COSTA RICA

Nombre: Villanueva Najarro, Cristóbal

Universidad: Universidad de Santiago de Compostela

Departamento: Escuela de Doctorado Internacional (EDIUS)

Fecha de lectura: 11/03/2022

Programa de doctorado: Programa de Doctorado en Ciencias Agrícolas y Medioambientales por la Universidad de Santiago de Compostela y Universidad de San Carlos de Guatemala(Guatemala)

Dirección:

- > **Director:** Cristina Castillo Rodríguez
- > **Codirector:** Muhammad Ibrahim
- > **Tutor/Ponente:** AGUSTÍN MERINO GARCIA

Tribunal:

- > **presidente:** Danilo Pezo Quevedo
- > **secretario:** Matilde Lombardero Fernández
- > **vocal:** Claudio Machado

Descriptores:

- > SISTEMAS DE PRODUCCION GANADERA
- > CAMBIO CLIMATICO
- > POLITICA DEL MEDIO AMBIENTE
- > GENETICA ANIMAL

El fichero de tesis ya ha sido incorporado al sistema

- > 626955_1435346.pdf

Localización: BIBLIOTECA XERAL USC

Resumen: El sector ganadero está conformado por 37.171 fincas distribuidas en sistemas de producción de carne (52,3), doble propósito (31,3%) y lechería especializada (16,2%). La actividad contribuye con 2.445,35 Gg de CO₂eq (22,5%) de las emisiones totales del país y de las cuales el 42% corresponden a las fincas productoras de leche. Por lo tanto, es importante realizar una evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante GEI) en los sistemas de producción de leche para identificar las oportunidades que contribuyan con la mitigación al cambio climático y la estimación de factores de emisión local de metano entérico en vacas lecheras con distinto perfil genético.

En la evaluación de las emisiones de GEI en sistemas de producción de leche fue seleccionada una base de

datos de 87 fincas productoras de leche (69 de lechería especializada y 18 de doble propósito), en cada finca se estimaron las emisiones de GEI (fuentes primarias y secundarias) y determinó la huella de carbono por medio del Análisis de Ciclo de Vida. La información de los sistemas de producción fue analizada por medio de la prueba de T; análisis de conglomerados para conocer los grupos de fincas según el nivel de intensificación productiva; análisis de varianza con modelos lineales generales y mixtos para evaluar el efecto del nivel de intensificación sobre la huella de carbono y otras variables de emisiones de GEI. También, fueron realizados análisis de componentes principales para identificar las variables biofísicas, socioeconómicas y de emisiones de GEI relacionadas con los grupos de fincas según el nivel de intensificación.

Existen diferencias marcadas ($p < 0,05$) entre los sistemas de producción de lechería especializada y doble propósito en términos de carga animal y producción de leche. Estas variables son mayores en el sistema de lechería especializada (5,41 vs 2,55 UA/ha y 17.097 vs 3.688 kg/ha/año) y es la respuesta a un mayor uso de insumos como concentrado y fertilizante nitrogenado. En lechería especializada predomina el uso de razas puras de leche (*Bos taurus*) y en las de doble propósito cruces de *Bos indicus* x *Bos taurus*. Las fuentes de emisión de GEI como insumos externos, ganado comprado y fertilización nitrogenada fueron diferentes entre los sistemas de producción ($p < 0,05$). Mientras, la fermentación entérica y el manejo del estiércol fueron similares ($p > 0,05$). La fermentación entérica fue la mayor fuente de emisión de GEI con 49,82% y 48,11% para lechería especializada y doble propósito respectivamente. También, la huella de carbono para leche y carne fue diferente ($p < 0,05$) entre sistemas de producción. En lechería especializada fue de 2,28 y 11,06 kg CO₂eq; y en doble propósito fue de 5,45 y 23,72 kg CO₂eq respectivamente.

Con respecto a la estructura del hato y emisiones de GEI, en ambos sistemas de producción las vacas en ordeño mostraron la mayor emisión (65,91% para lechería especializada y 39,78% para doble propósito), seguido de las vacas secas, las novillas 1-2 años y las terneras. Las otras categorías registran el menor aporte de GEI, y generalmente son las menos frecuentes en las fincas ganaderas. Las emisiones por categoría de ganado fueron significativamente diferentes entre los sistemas de producción ($p < 0,05$), excepto las categorías novillas 1-2 años y novillos. El sistema doble propósito tuvo el mayor valor, excepto para vacas en ordeño, en el caso de novillas 1-2 años y novillos fueron similares. En ambos sistemas de producción, cuando la estructura del hato actual fue ajustada por los parámetros porcentaje de vacas en ordeño en relación con el total de vacas (75% y 80%) y la tasa de reemplazo (20%) se tuvo una reducción de emisiones de GEI por finca de 2,3% y 14,2%, para lechería especializada y doble propósito respectivamente.

Las fincas productoras de leche se agruparon en tres niveles de intensificación (alto, medio y bajo) por medio de las variables altitud, carga animal, productividad, consumo de concentrado y fertilización nitrogenada. Las emisiones por fermentación entérica y el manejo el estiércol no fueron afectadas por el nivel de intensificación de las fincas ($p > 0,05$). Por el contrario, las emisiones por uso de insumos externos y fertilización nitrogenada fueron mayores en fincas con un nivel de alto y medio de intensificación ($p < 0,05$). Similar tendencia ocurrió con la huella de carbono de leche, ya que esta fue menor en las fincas con mayor nivel de intensificación ($p < 0,05$), mientras para la huella de carbono de carne no hubo efecto de la intensificación productiva ($p > 0,05$).

En conclusión, las fincas productoras de leche con mayores indicadores de productividad e intensificación productiva están asociadas con una alta carga animal, mayor uso de concentrado y fertilización nitrogenada en las pasturas. Este grupo de fincas (representado por el sistema lechería especializada) presentaron las menores

huellas de carbono de leche y tuvieron mayores emisiones por el uso de insumos externos y fertilizantes nitrogenados que las fincas con bajo nivel de intensificación (sistema doble propósito). La fermentación entérica fue la principal fuente de emisión de GEI en las fincas con un aporte cercano al 50%. Los ajustes en la estructura del hato, por ejemplo, mayor porcentaje de vacas en ordeño y tasa de reemplazo del 20% parecieron tener un impacto en la reducción de las emisiones de GEI por finca en términos del 2,3% y 14,2% para los sistemas de lechería especializada y doble propósito respectivamente.

Con respecto a la estimación de metano entérico en vacas lecheras con diferente perfil genético, fueron seleccionadas 16 vacas, quienes fueron distribuidas en los siguientes 3 grupos genéticos: 7 F1 (50% Jersey x 50% Gyr), 5 Triple cruce (50% Jersey x 31% Holstein x 19% Sahiwal) y 4 Jersey. En este grupo de vacas fue medido en la última semana de cada mes el metano entérico, usando la técnica SF6 durante 15 meses. A las emisiones de metano entérico, al factor de conversión de energía bruta a metano (en adelante FCM), al consumo de materia seca (en adelante MS) y a la intensidad de emisiones (por unidad de leche y de MS) se les realizó un análisis de varianza usando modelos lineales generales y mixtos. Los niveles de significancia se establecieron para una $p < 0,05$. La emisión de metano entérico no mostró una diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) entre grupos raciales, aunque sí varió en función de la fase de lactancia, atribuible a la producción de leche y el consumo de MS. Así, la emisión diaria promedio fue de 274,49, 322,69 y 297,77 g/vaca para los grupos F1, Triple cruce y Jersey respectivamente. Mientras la emisión anual fue de 91,22, 111,82 y 111,42 kg/vaca para cada uno de los respectivos grupos raciales.

De hecho, el consumo de MS total, pasto e intensidad de emisiones de metano/ unidad de MS sí variaron significativamente dependiendo de si las vacas estaban en el período de secado o lactancia. La ingesta de MS fue mayor en lactancia mientras que la emisión de metano entérico/ unidad de MS consumida fue mayor cuando las vacas estaban en el período de secado. Con respecto a la eficiencia en el uso de la energía, la raza influyó significativamente en el período de secado, no así durante la lactancia. Cuando las vacas están secas son menos eficientes en el uso de la energía ya que presentaron un mayor FCM, mientras que varió según la fase de lactancia, siendo menor en el periodo < 76 días, incrementándose entre los 76-150 días y tendiendo a la reducción al final de esta fase (> 150 días). Considerando el promedio anual de todo el estudio las vacas con mayor proporción de la genética *Bos taurus* presentaron un mayor FCM de 5,90, 7,22 y 7,05 % para F1, Triple cruce y Jersey respectivamente. En conclusión, los grupos raciales no mostraron diferencia estadística significativa en la emisión de metano entérico y FCM. Aunque, de acuerdo con las tendencias las vacas F1 mostraron una menor emisión de metano entérico y FCM en comparación a las vacas con mayor genética europea (*Bos taurus*).