

CAPÍTULO 7

APROXIMACIÓN A LA HUELLA DE CARBONO DE LA CARNE BOVINA EN ARGENTINA

Approximation to the carbon footprint of bovine meat in Argentina

Feldkamp¹, C., Cañada, P. y Vázquez Amábile, G.

Unidad de Investigación y Desarrollo, Asociación de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola

Contenido

Resumen	113
Summary.....	114
Introducción	114
Metodología de estimación de emisiones.....	115
Submodelo de producción	115
Factores de emisión locales de la producción.....	116
Submodelo del transporte de hacienda	116
Submodelo de industria	117
Escenarios productivos.....	117
Factores de conversión.....	118
Resultados y discusión.....	119
Emisiones de la producción.....	119
Emisiones del transporte de hacienda	123
Emisiones de la industria frigorífica	125
Escenarios de emisión	125
Factores de conversión.....	128
Conclusiones.....	129
Bibliografía.....	130

RESUMEN

El objetivo de este capítulo fue estimar la huella de carbono de la carne bovina Argentina para tres escenarios de evolución hipotética de la ganadería nacional en el período 2016–2025 y evaluar el impacto de diferentes métricas sobre la huella de carbono. Se desarrolló un modelo con tres submodelos: producción, transporte de ganado e industria frigorífica. La estimación de emisiones se realizó siguiendo la propuesta del IPCC (2006) en nivel 2 de análisis, incluyendo la estimación de emisiones de metano y óxido nítrico. La producción se representó para 24 sistemas modales de cría, y 51 sistemas modales de recría y engorde. En cada sistema productivo modal se corrió un modelo de rodeo de paso anual de integración tomando como variables exógenas los parámetros de eficiencia. Las emisiones del transporte

¹Unidad de Investigación y Desarrollo, Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, Sarmiento 1236, 5to piso (C1041AAZ)

de animales entre sistemas productivos y entre la producción y la faena, se estimaron considerando la distribución media entre zonas para el período 2010-2012. Las emisiones de la industria frigorífica se estimaron a partir del uso de energía eléctrica, el consumo de gas natural, y de los efluentes. Se evaluaron tres escenarios de evolución de la producción: Igual, Stock y Eficiencia, considerando 25 y 298 como factores de conversión de metano y óxido nitroso respectivamente. Los resultados finales de distintos escenarios se evaluaron ocho métricas diferentes para convertir los GEIs en CO₂eq.

Palabras clave. sistemas de producción de carne, metano, óxido nitroso, gases de efecto invernadero, GEI.

SUMMARY

The purpose of this chapter was to estimate the carbon footprint of Argentine beef for three scenarios of national livestock evolution in the period 2016 - 2025 and to evaluate the impact of different metrics on the carbon footprint. A model with three submodels was developed: production, livestock transport and refrigeration industry. The emission estimation was carried out following recommendation of the IPCC (2006) in its level 2 of analysis, including the estimation of methane and nitrous oxide emissions. Production was represented for 24 modal farming systems, and 51 modal breeding and fattening systems. In each modal productive system, an annual integration step rodeo model was run taking the efficiency parameters as exogenous variables. Animal transport emissions among production systems and between production and slaughter were estimated considering the average distribution between zones for the period 2010-2012. Emissions from the refrigeration industry were estimated from the use of electric energy, the consumption of natural gas, and effluents. Three production evolution scenarios were evaluated: Equal, Stock and Efficiency, considering 25 and 298 as methane and nitrous oxide conversion factors respectively. With the final results, eight different metrics were assessed to convert GHGs into CO₂eq.

Key words. beef production systems, methane, nitrous oxide, greenhouse gases, GHG.

INTRODUCCIÓN

La ganadería de carne bovina se encuentra en tensión entre la producción e impacto ambiental que se espera que se profundice en los próximos años. Por un lado, para la próxima década se espera un aumento anual de 1,36% en la producción global y de 2,23% en el comercio internacional de carne bovina (OECD/FAO, 2016). Este incremento en la producción estará localizado principalmente en países en vías de desarrollo (79%), con una contribución significativa de la Argentina.

Por otro lado, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es una preocupación creciente en los países dada su relación con el cambio climático. Globalmente, a la ganadería se le adjudica entre el 10 y el 18% de la emisión de los GEI (Faverín *et al.*, 2014). Según la Tercera Comunicación Nacional (SAyDS, 2015), en Argentina aproximadamente el 25% de las emisiones de gases son responsabilidad de la ganadería bovina de carne, incluyendo las que provienen de las pasturas.

La discusión de las estrategias para mitigar el efecto de las actividades antrópicas sobre la emisión de GEI, y al mismo tiempo aumentar la producción para satisfacer la creciente demanda, ha tomado una dimensión sin precedentes en la opinión pública, por lo que la sustentabilidad de los procesos productivos es un requisito del mercado y, por lo tanto, será una condición de venta tanto en el mercado doméstico como en el internacional.

En el año 2011 el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación lanzó el denominado “Programa de Agricultura Inteligente” dentro del que se desarrolló una primera estimación de la huella de carbono de la cadena de valor de la carne. Este trabajo presenta una actualización y avance en la propuesta de escenarios y análisis de los factores de emisión.

El objetivo de este capítulo fue presentar (a) la estimación de la huella de carbono de la carne bovina de Argentina para tres escenarios de evolución de la ganadería nacional para el período 2016 – 2025 y (b) el impacto de diferentes métricas sobre la huella de carbono.

METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES

El cálculo de emisiones se dividió en tres submodelos: producción, transporte de hacienda e industria. Las emisiones incluyen las principales fuentes de emisión hasta la salida de la carne del frigorífico, sin considerar su transporte hasta el centro minorista ni el consumidor.

Submodelo de producción

Se utilizó el submodelo de estimación de emisiones propuesto por el IPCC (2006) en su nivel 2 de análisis, incluyendo la estimación de emisiones de metano y óxido nítrico. El sector productivo se representó a través de Sistemas Modales (**SM**) que constituyen planteos productivos que poseen en común la actividad (cría o invernada), los recursos productivos, el producto que generan y que responden de igual manera a los cambios en el ambiente. Cada **SM** no representa una explotación ganadera en particular, sino una actividad, la cuál puede ser parte de una empresa con múltiples actividades o bien la empresa completa cuando tiene esa sola actividad.

Para la definición de los **SM** se siguieron seis etapas: (1) revisión de información previa, (2) regionalización, (3) selección de las variables descriptoras de los SM, (4) revisión de los SM con informantes calificados, (5) procesamiento de la información final, y (6) ponderación de los SM.

Se adoptó la regionalización propuesta por Rearte (2007) del país en 5 zonas: Noreste (NEA), Noroeste (NOA), Semiárida (SA), Pampeana y Patagónica. Dado la heterogeneidad y relevancia en términos de cantidad de cabezas que presenta, la zona Pampeana se subdividió en Norte, Oeste, Sudeste y Sudoeste.

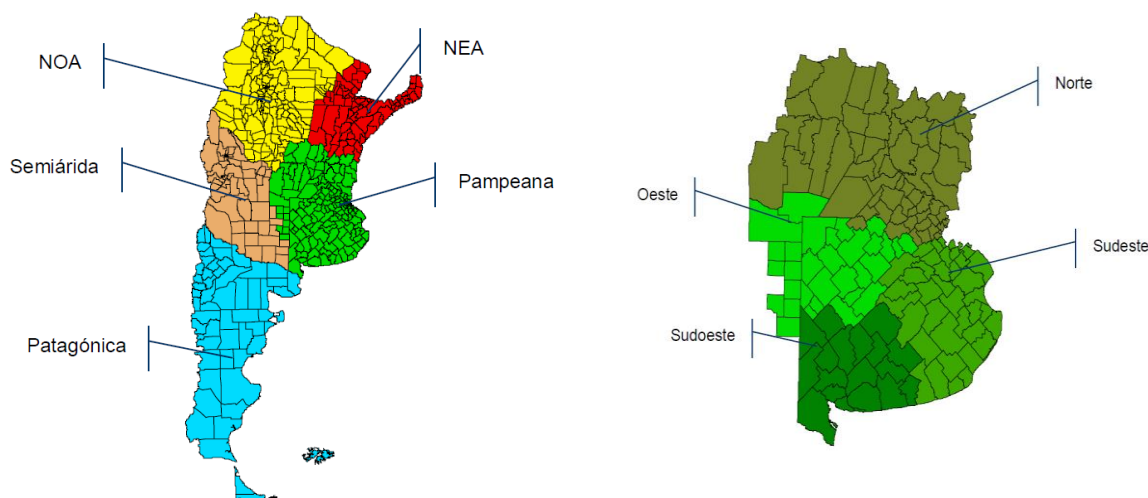


Figura 1. Regiones del país (A) y subregiones (B) dentro de la región pampeana.

A partir del análisis de trabajos previos (INTA, 2008; IPCVA, 2008; AACREA, 2010; AACREA, 2012; AACREA, 2013; MAGyP, 2013) se seleccionaron las variables descriptoras de cada SM. Éstas incluyeron variables cuantitativas (*e.g.* índices físicos, índices reproductivos, e índices productivos), cualitativas (*e.g.* manejo del rodeo, manejo de la reproducción, sanidad) y cuali-cuantitativas (*e.g.* recursos utilizados). Todos los análisis se refieren a los planteos productivos de bovinos de carne, y no incluyen a los rodeos dedicados a la producción lechera ni los terneros originados en esos rodeos.

Los SM de la actividad cría se clasificaron en tres niveles productivos (alto, medio y bajo) para cada zona. En la actividad invernada, los SM se agruparon siguiendo diversos criterios: longitud del período de invernada, el peso de los animales al ingreso y egreso del SM, y los recursos forrajeros utilizados durante el proceso productivo.

La descripción inicial de los SM fue corregida y actualizada a través de 71 informantes calificados pertenecientes a INTA, Cambio Rural, Universidades, CREA, y asesores privados. La representatividad de cada SM, *i.e.* el stock de animales que ingresa en cada SM o el área que ocupa cada SM, es un punto poco abordado en la bibliografía. Sin embargo, esta información es crucial al momento de integrar los diferentes SM para simular el funcionamiento del sistema productivo como un todo.

Los referentes consultados presentaron las primeras aproximaciones a la representatividad de los SM. Estos valores originales fueron posteriormente corregidos o verificados, por comparación con indicadores conocidos en niveles más agregados (regional o nacional).

En el caso de los SM de cría se utilizó por un lado el destete ponderado de los SM con la relación ternero: vaca (T/Vc) en escala regional y nacional. Adicionalmente, se compararon las hectáreas utilizadas estimadas por la carga animal planteada con el área necesaria para que el balance alimenticio sea positivo. Esta última aproximación también fue utilizada en los SM de invernada.

La ponderación de los sistemas de invernada de machos también incorporó la comparación de los tiempos medios de duración de los mismos con los valores a nivel nacional. La duración media de la invernada surge como función de la tasa de extracción. Para obtener estos indicadores se utilizaron los datos de stock (SIIA, 2014) y de movimientos mensuales de hacienda entre departamentos (SENASA, 2013). Por último, la proporción de animales pesados (categorizados como novillos) y livianos (novillitos y terneros) que se faenaron y que hay en existencias en las regiones (novillos y novillitos) también se utilizaron para verificar la ponderación de los SM.

Finalmente, la producción ganadera de Argentina se representó por 24 SM de cría (3 por cada región) y 51 SM de invernada (9 en SE pampeano, 6 en SO pampeano, 9 en O pampeano, 8 en N pampeano, 8 en NEA, 3 en NOA, 4 en la región semiárida, y 4 en Patagonia).

FACTORES DE EMISIÓN LOCALES DE LA PRODUCCIÓN

Para cada sistema productivo modal se corrió un modelo de rodeo de paso anual de integración tomando como variables exógenas los parámetros de eficiencia (*e.g.* tasa de destete y ganancia de peso). El modelo, además de las emisiones, estimó la producción de terneros (para el submodelo de cría) y de animales a faena (submodelos de cría y de invernada).

En cada SM, se estimaron las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O por el consumo de combustible de la maquinaria utilizada, la fertilización, y de los residuos de cosecha en la producción de alimentos, ya sea pasturas, pastizales o granos. La emisión de CH₄ por fermentación entérica depende del consumo de materia seca, del contenido de energía bruta del alimento y del factor Y_m (fracción de la energía bruta ingerida que se pierde como CH₄). Las estimaciones se realizaron siguiendo las guías metodológicas del IPCC (2006). El consumo de materia seca se estimó a partir del nivel productivo alcanzado y el valor de Y_m de 6,5% y 3,0% para dietas con niveles de concentrados menores o mayores de 90% respectivamente.

Submodelo del transporte de hacienda

El vínculo entre los sistemas de cría y los de invernada, y entre todos los sistemas productivos y la faena, está dado por el transporte de hacienda. Para esto se analizaron los movimientos históricos y se definieron la cantidad de camiones necesarios y las distancias recorridas para todos los transportes de hacienda.

Para estimar las distancias recorridas, se analizaron a partir de información del SENASA, los movimientos de hacienda a escala departamental del período 2010 – 2012. Para los movimientos entre dos departamentos diferentes se utilizó la herramienta Google Maps® para estimar la distancia entre las cabezas de los departamentos correspondientes. Cuando los movimientos eran dentro del mismo departamento se estimó la distancia recorrida como la mitad de la raíz cuadrada del doble del área del departamento (distancia recorrida =). Para los diferentes escenarios y años simulados, se asumió que los movimientos se realizaron en las mismas proporciones promedio 2010 - 2012.

Para estimar la cantidad de viajes realizados se asumió que un camión jaula en promedio puede transportar alternativamente 45 vacas, 50 vaquillonas, 50 novillitos, 40 novillos, 70 terneros o terneras, o

36 toros. Se asumió que los viajes se realizan a capacidad máxima, y que el 80% de los viajes realizados regresan sin carga (Albrieu, Cortés y Sánchez, 2009).

Las emisiones se calcularon según la metodología IPCC (2006):

$$Em = \frac{DT * 0,4 * 0,84 * 43 * 74,1}{FC}$$

Dónde Em ($t\ CO_2$), emisión de CO_2 total del transporte de hacienda, DT (km), es la distancia total acumulada con los movimientos de hacienda, $0,4$ ($km\ l^{-1}$) es el consumo promedio de combustible por unidad de distancia, $0,840$ ($kg\ l^{-1}$) es la densidad del combustible diésel, 43 ($MJ\ kg^{-1}$) es el valor calórico neto del diésel (IPCC, 2006), $74,1$ ($t\ CO_2\ TJ^{-1}$) es el factor de emisión eficaz del combustible diésel por unidad de energía (IPCC, 2006), FC ($MJ\ TJ^{-1}$), factor de conversión de unidades con valor 1×10^6 .

Submodelo de industria

El sector industrial de la cadena de carne bovina no es considerada como fuente clave de emisiones (SAyDS, 2007). Por tal motivo el aporte a las emisiones del sector no se presenta desagregado en los inventarios nacionales de GEI. Sin embargo, en el cálculo de huella de carbono es fundamental considerar las emisiones del sector. Las emisiones de la industria provienen del uso de energía eléctrica, el consumo de gas natural, y de los efluentes.

Se adoptaron los supuestos del trabajo sobre modelos de costos de los procesos en planta frigorífica de SAGyPA (2010). Este trabajo caracterizó el sector considerando 10 modelos genéricos de plantas frigoríficas, en función de la etapa involucrada (Ciclo 1, Ciclo completo), el tipo de habilitación (sin tránsito federal, tránsito federal, exportación terceros países, exportación todo destino) y la escala (grande, mediano, pequeño, micro). Adicionalmente, el trabajo propuso una distribución de las diferentes categorías a faena en esos 10 modelos frigoríficos. A falta de información pública más reciente, se asumió la misma distribución.

El factor de emisión debido al uso de la energía eléctrica por cada tipo de planta frigorífica se estimó considerando el consumo de energía eléctrica y el factor de conversión de $0,351\ kg\ CO_2eq\ kwh^{-1}$ (SAyDS, 2010).

El factor de emisión debido al uso del gas natural se estimó siguiendo la metodología del IPCC (2006). Éste cuenta con dos componentes, el cálculo por producción más la emisión por ciclo de vida del gas. La emisión por producción (FE_2 por $kg\ CO_2eq\ m^{-3}$ es $1,94$. No existen datos de emisiones del ciclo de vida por lo que se asumió un valor de referencia de 10% del valor de producción (Sebastián Galbusera, *com. pers.*).

El factor de emisión por efluentes en el proceso industrial se asumió como $10,66\ kg\ CH_4\ t^{-1}\ eqRcH$ (IPCC, 2006).

ESCENARIOS PRODUCTIVOS

La construcción de escenarios no implica anticipar el futuro, sino que un escenario es una idea internamente congruente de lo que podría ser el futuro. Si bien no se trata de un pronóstico, su elaboración permite evaluar cuál es el impacto que puede tener la concreción de estas hipótesis del futuro sobre el sistema en estudio.

En este caso se plantearon tres escenarios posibles: IGUAL, STOCK y EFICIENCIA. Cada escenario responde a decisiones tomadas básicamente en el sector productivo primario, como respuesta a expectativas y condiciones generales del escenario.

En general, la historia muestra ciclos de 4 a 6 años de duración donde las expectativas del negocio pasan de muy malas a muy buenas. Es por esto que en una mirada retrospectiva un escenario realista debería incluir una secuencia de expectativas. Sin embargo, existen dos razones principales para no seguir ese camino. Por un lado, definir una posible secuencia de expectativas conlleva un sinnúmero de incertidumbres que dificulta la identificación y comprensión por parte del analista con el escenario

planteado. Por otro lado, y más importante aún, el objetivo de estos escenarios fue para detectar las tendencias de lo que puede suceder si se producen las diferentes situaciones planteadas.

En el escenario IGUAL, se asume que las expectativas positivas presentadas durante 2016 (AACREA, 2016), se reducen a partir del 2017 por lo que cae la retención de hembras para incrementar el stock. El resultado es que el stock de vientres se mantiene estable en todo el período, que la relación ternero: vaca (T/Vc) se mantiene en los valores históricos, y que los sistemas de invernada conservan sus proporciones actuales. La duración de la invernada se supone que se mantiene, por lo que la tasa de extracción de machos es estable.

En el escenario STOCK, asume que las expectativas positivas se mantienen, en un ciclo sostenido de crecimiento del stock de vientres (para carne) hasta alcanzar 24 millones. Todos los terneros adicionales son tomados por los sistemas de invernada en las mismas proporciones que las iniciales. En este escenario los indicadores de productividad de la cría como de la invernada se mantienen estables.

En el escenario EFICIENCIA, además del crecimiento del stock de vientres del escenario STOCK se asume un crecimiento en la productividad de la cría y de la invernada. Para la cría se asume un crecimiento lineal de la relación T/Vc hasta alcanzar 0,7. Esta mejora se asume comienza en el año 2018 y crece hasta el 2023.

Por otro lado, en el escenario EFICIENCIA se asume que se desarrollan sistemas de invernada con mayores pesos de terminación. Para esto, se incrementa la participación de recrias que alargan levemente el período de engorde de machos (cae la tasa de extracción de machos), y generan un aumento progresivo del peso medio de faena.

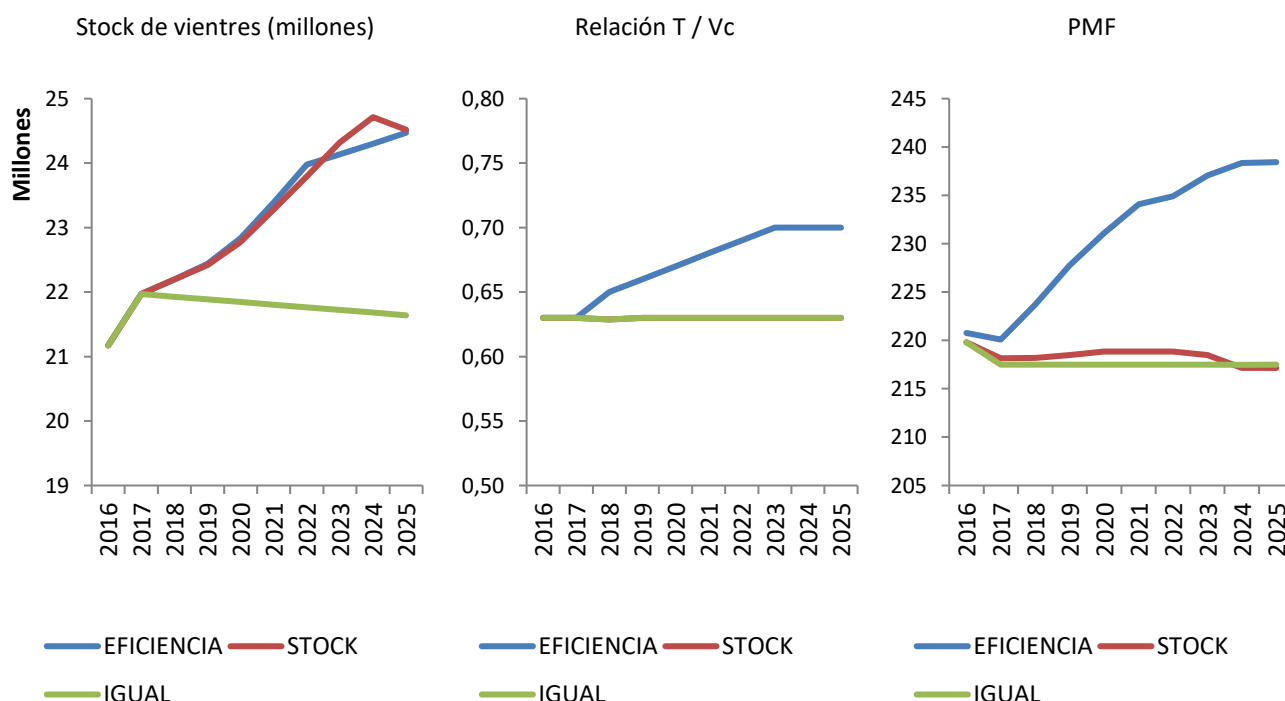


Figura 7.1. Evolución del stock de vientres, la relación ternero: vaca (T/Vc), y la (PMF) para los escenarios evaluados.

FACTORES DE CONVERSIÓN

La huella de carbono (HC) se expresó en términos de equivalente CO₂ por kg de equivalente res (kg CO₂eq kg⁻¹ eqRCH) y por kg de PV (kg CO₂eq kg⁻¹ PV). Para el primer conjunto de resultados se utilizó como métrica del (GWP 100) (4AR; Cuadro 7.1). En un segundo conjunto de resultados, se evaluó el impacto de adoptar diferentes métricas en los escenarios considerados (Cuadro 7.1).

Cuadro 7.1. Diferentes métricas reportadas en los informes del IPCC.

Métrica ¹	CH ₄ (CO ₂ = 1)	N ₂ O (CO ₂ = 1)	Fuente
GWP 20 (SAR)	56	280	IPCC (1996)
GWP 20 (4AR)	72	289	IPCC (2007)
GWP 20 (5AR)	86	268	Myhre et al. (2013)
GWP 100 (SAR)	21	310	IPCC (1996)
GWP 100 (4AR)	25	298	IPCC (2007)
GWP 100 (5AR)	34	298	Myhre et al. (2013)
GTP 20 (5AR)	70	284	Myhre et al. (2013)
GTP 100 (5AR)	11	297	Myhre et al. (2013)

¹ GWP: "Global warming potential" para 20 y 100 años de horizonte temporal; GTP: "Global Temperature Change Potential".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emisiones de la producción

Las emisiones de la producción se concentraron principalmente en la etapa de cría (Figura 7.1). Para los diferentes escenarios la cría representó entre el 75,4 y el 80,4% de las emisiones de la etapa de producción. Rotz *et al.* (2015) encontraron que el 67% de las emisiones por kg de res se generaba en la cría para tres estados de Estados Unidos. La menor importancia relativa de la cría se debe probablemente a la mayor productividad de esta actividad en EEUU en comparación a Argentina. Con poca diferencia entre escenarios, el 77, 22 y 1% de las emisiones de esta etapa se originaron en la fermentación entérica, la gestión del estiércol y la gestión de las pasturas y producción de alimento, respectivamente.

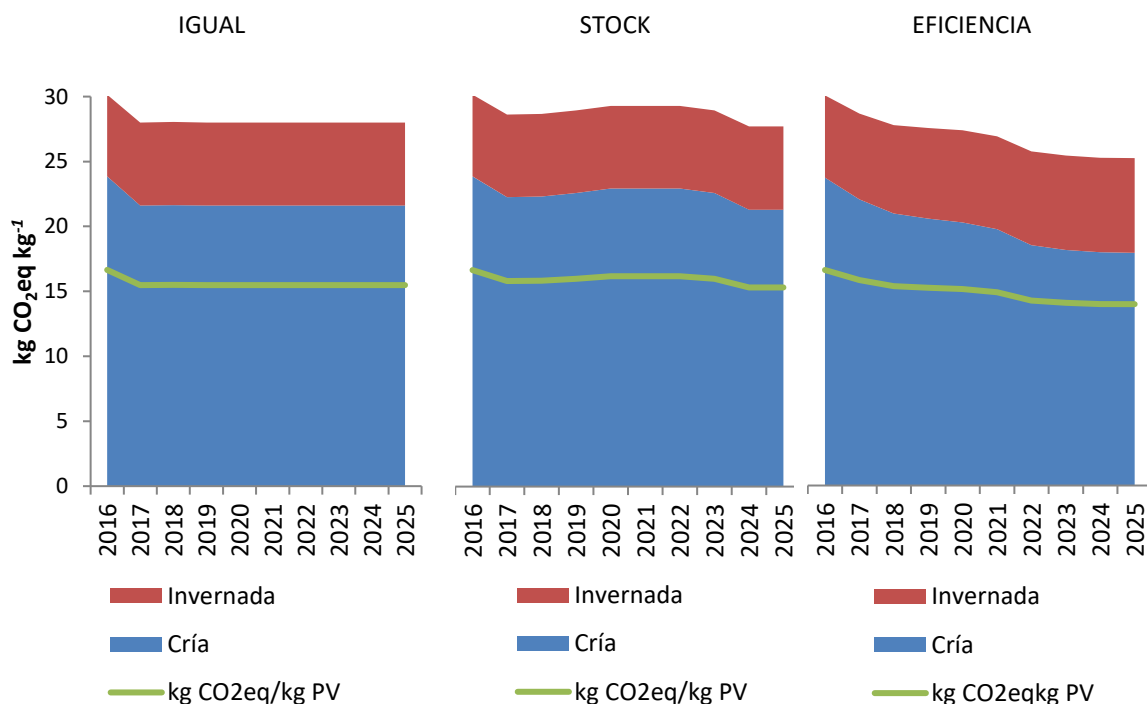


Figura 7.2. Composición de la Huella de Carbono en la fase productiva en kg de CO₂eq por kg de res, y en kg CO₂eq kg⁻¹ PV, para los tres escenarios evaluados.

La HC para los tres escenarios planteados varió entre 25,2 y 30,1 kg CO₂ eq kg⁻¹ res, y fue superior a los 18,3 CO₂ eq por kg de res informados por Rotz *et al.* (2015). Sin embargo, existió una amplia dispersión entre sistemas productivos. Los SM de cría con mayor huella generaron 2,9 veces más CO₂eq por kg de res que los SM de menor HC. En los sistemas de invernada esa relación fue de 3,0. Rotz *et al.* (2015) encontraron una menor dispersión en la HC (máx/mín = 1,9), posiblemente debido a tratarse de 3 estados y por lo tanto los sistemas consideraron solamente una porción de la variabilidad existente en los sistemas de EEUU.

La Figura 7.2 presenta la HC promedio expresada por kg de peso vivo para el período 2016/25 que varió entre 14,0 y 16,6 kg CO₂ eq kg⁻¹ PV para los diferentes escenarios. Las reducciones simuladas para el período de 10 años, 2016 al 2025, de la HC por kg de PV fue de 7%, 8%, y 16% para los escenarios IGUAL, STOCK, y EFICIENCIA respectivamente. Wiedemann *et al.* (2015) encontraron para Australia que la intensidad de las emisiones, sin considerar las emisiones del cambio de uso de la tierra, se redujo de 15,3 a 13,1 kg CO₂ eq por kg de peso vivo producido entre 1981 y 2010, o 0,48% por año. Para Canadá entre 1981 y 2001, Vergé *et al.* (2008) encontraron que la intensidad de las emisiones se redujo de 16,4 a 10,4 kg CO₂ eq por kg de peso vivo, o 1,74% por año. La reducción anual simulada fue de 0,69, 0,79, y 1,57% para los escenarios IGUAL, STOCK y EFICIENCIA respectivamente.

La Figura 7.3 presenta la dispersión de HC existente para los SM de cría según el nivel de productividad. La HC en los sistemas de cría fue significativamente menor para los sistemas de alta productividad comparados a los de media y baja. La dispersión de los sistemas de baja productividad fue también significativamente mayor que los de mayor productividad. La otra fuente de variabilidad importante?, dentro de cada nivel de productividad, es la zona.

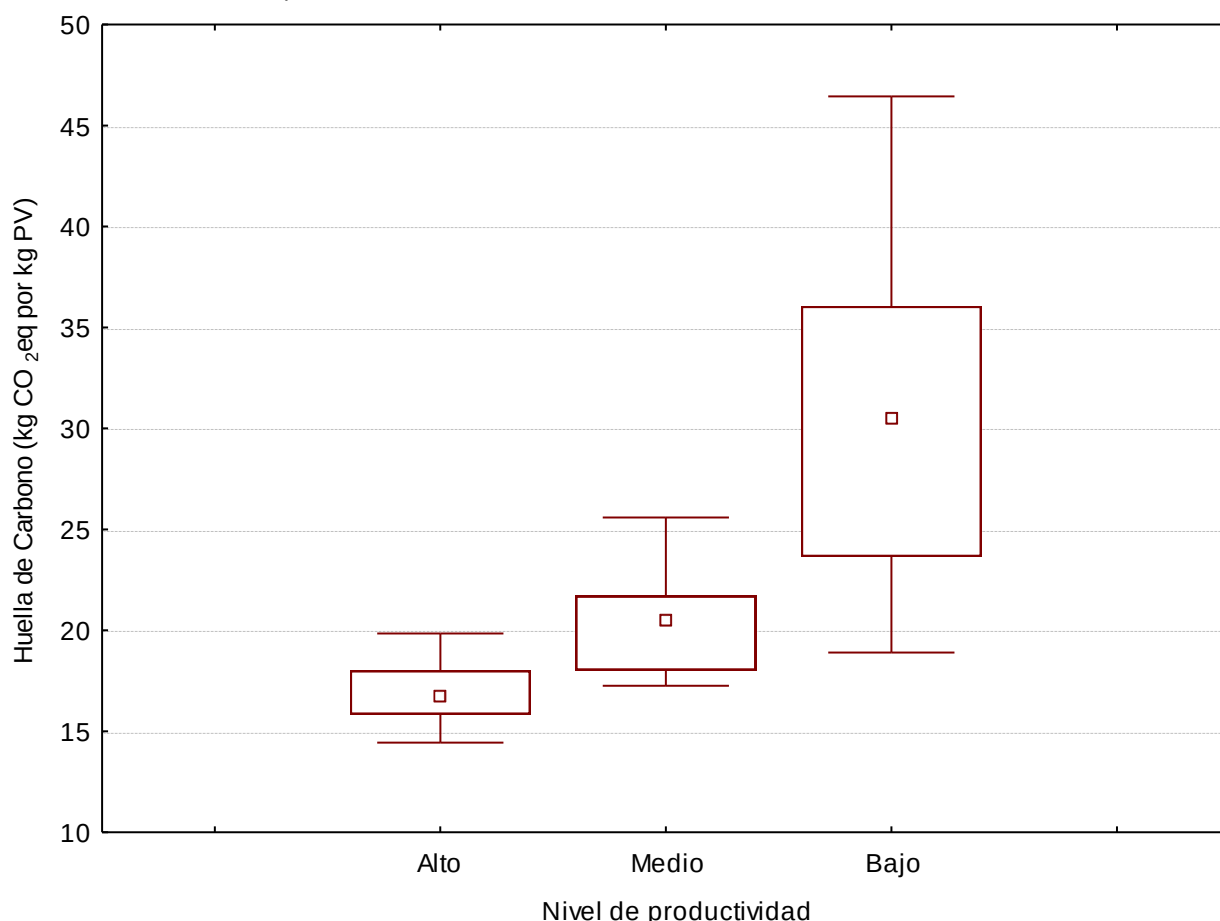


Figura 7.3. Huella de Carbono en la fase de cría en kg de CO₂ eq por kg de PV para los tres niveles tecnológicos considerados (el punto representa la mediana, la caja comprende el rango de percentiles 25% y 75%, las barras representan el rango completo de valores). Escenario IGUAL.

La HC de los SM de cría por región y para los tres niveles de productividad (Figura 7.4) presentó mayor dispersión dentro de cada zona que entre zonas, debido a la gran influencia del nivel de productividad. La HC de los SM de alto nivel de productividad fue similar para todas las zonas ($\text{CO}_2\text{eq kg}^{-1}\text{ PV } 16,9 \pm 1,2$, CV: 7,4%). Los SM de nivel de productividad medio tuvieron una HC mayor, y con más dispersión entre zonas ($\text{CO}_2\text{eq kg}^{-1}\text{ PV } 20,3 \pm 2,1$, CV: 10,4%), mientras que los SM de baja productividad mostraron HC sensiblemente mayores y con la mayor variabilidad ($\text{CO}_2\text{eq kg}^{-1}\text{ PV } 30,1 \pm 7,4$, CV: 24,7%).

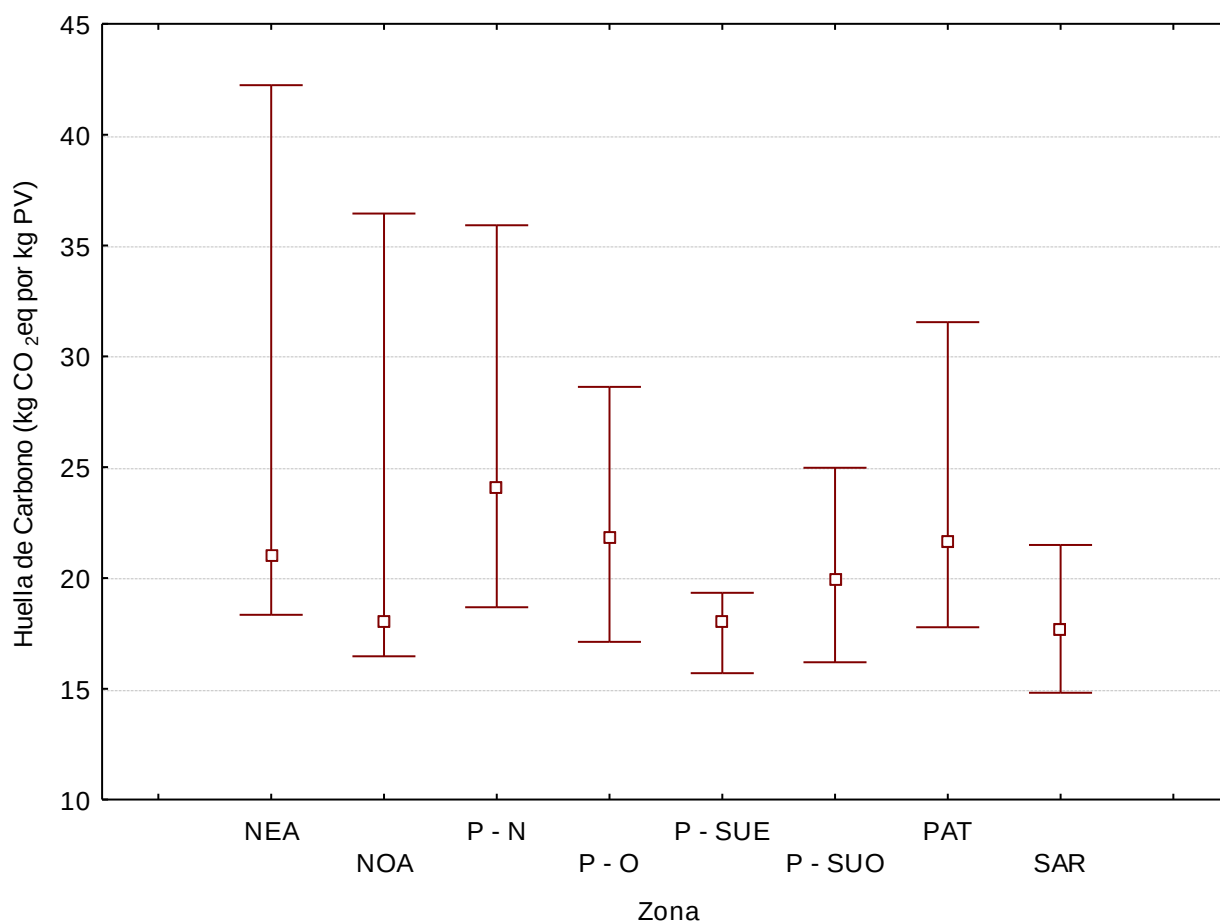


Figura 7.4. Huella de Carbono (HC) en la fase de cría en kg de CO_2eq por kg de peso vivo (PV) para las diferentes zonas consideradas. P: Pampeana, SUE: Sudeste, SUO: Sudoeste, O: Oeste, N: Norte, SAR: Semiárida, PAT: Patagónica. Los puntos se refieren a los Sistemas Modales de productividad media, las barras se refieren a los de productividad alta (los valores menores de HC) y baja (los valores mayores de HC). Escenario IGUAL.

Los resultados encontrados indican que en todas las zonas es posible tener una HC similar. El NEA, segunda zona en importancia en la producción de terneros presenta un gran potencial para reducir la HC a través de mejorar la productividad de los SM.

Las etapas de cría e internada presentan amplia variabilidad, indicando un gran potencial de reducción en la HC. Si bien el coeficiente de variación es mayor en los sistemas de internada (Media= 5,2 kg CO₂ eq kg⁻¹ PV; Desvío estándar= 1,6; Coef. Variación= 30,3%; Rango= 2,2 – 11,1), los SM de cría presentan un potencial de reducción mayor, en especial mejorando la productividad de los sistemas de bajo nivel productivo.

La Figura 7.5 muestra correlaciones significativas entre HC y productividad. En los SM de cría la HC estuvo fuertemente correlacionada con la cantidad de terneros producidos por vaca en el stock (T/Vc).

En los SM de cría, la HC estuvo fuertemente correlacionada con la cantidad de terneros producidos por vaca en el stock (Figura 7.5). En Argentina la relación ternero vaca no mejoró en más de 50 años (Observatorio Ganadero, 2012). Esta cuestión que usualmente es planteada como un problema productivo, ahora puede ser discutida también como una necesidad ambiental.

La HC de los SM de internada también mostró alta correlación con los indicadores de eficiencia. La Figura 7.2(B) muestra que los SM con mayores tasas de ganancia de PV, emitieron menos por kg de PV producido. Este es un efecto conocido e informado en varios trabajos (e.g. Capper y Bauman, 2013). Cuando el aumento de PV es nulo o muy bajo, una proporción importante de las emisiones se relacionan a la ingesta para mantenimiento. A medida que el aumento medio diario de peso vivo (AMD) se incrementa, estas emisiones de base se diluyen en una mayor producción diaria. Adicionalmente, algunos de los sistemas con los AMD más altos incluyen una alta proporción de granos y por lo tanto el Ym es menor.

Por lo contrario, cuanto más largo fue el ciclo de internada mayor fue la HC (Figura 7.5 C). Esto se debe a que la duración de la internada se relacionó de manera inversa con el AMD ($R^2_{aj} = 0,51$, $p < 0,01$), y por lo tanto en los SM de mayor duración una mayor proporción del alimento ingerido fue utilizado para mantenimiento. Por su lado, el Figura 7.2 (D) muestra que la HC aumentó con los kg producidos por ciclo, debido a que la mayor producción se asoció a internadas más largas.

En el nivel nacional y para el período 2003 - 2014 la duración media de los sistemas de internada de machos se redujo significativamente, pasando de 18 a 12 meses (Observatorio Ganadero, 2014). Este valor se mantuvo en los últimos años. Esta reducción en la duración media se logró manteniendo el peso medio de faena, por lo que es válido el supuesto que los pesos de terminación de las categorías de internada tuvieron poca variación y que la HC se redujo sensiblemente.

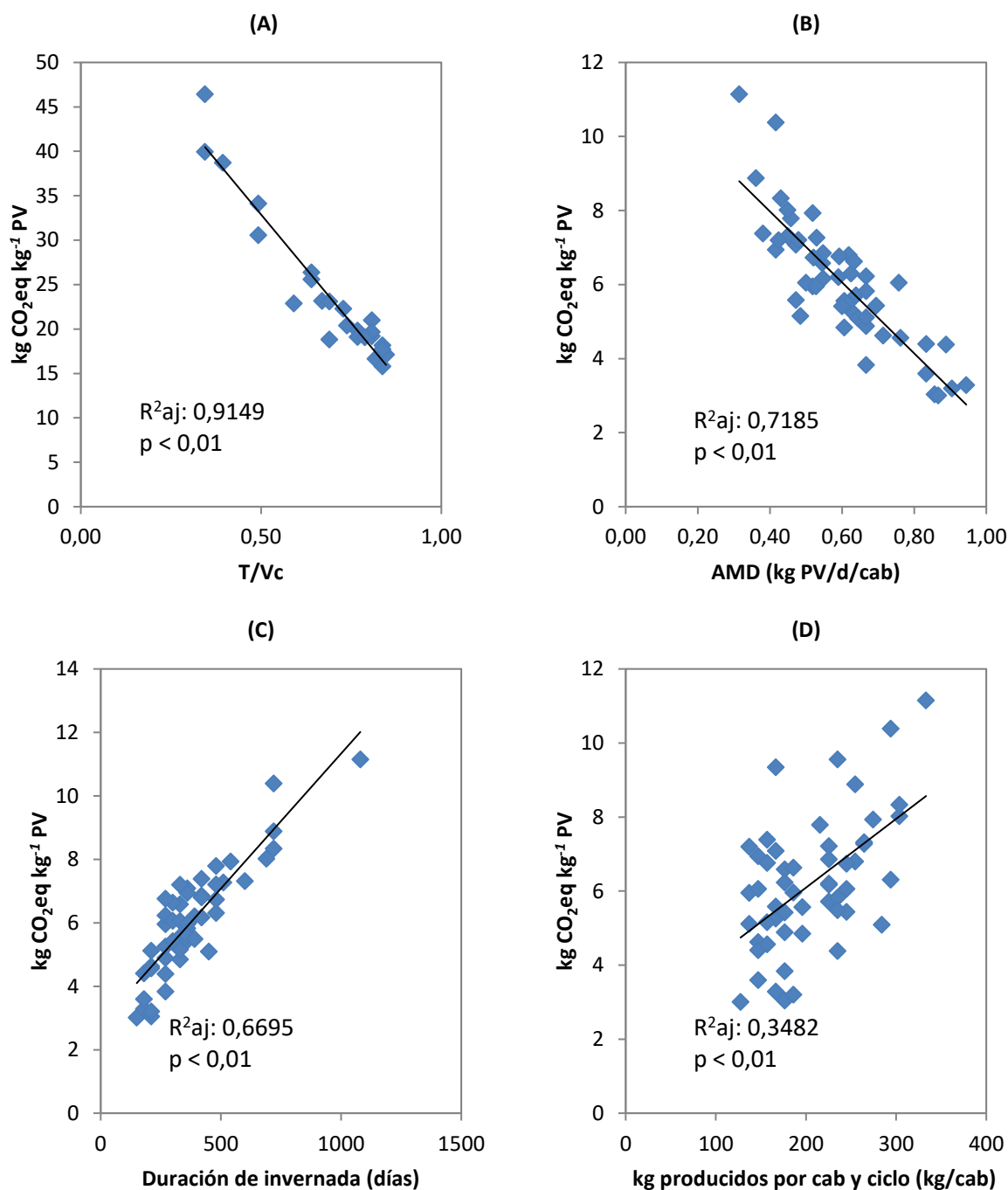


Figura 7.5. Relación entre emisiones de CO₂eq por kg producido y (A) la relación ternero producido sobre vaca total en el stock de los sistemas modales (SM) de cría en el 2016, (B) el aumento diario de peso vivo medio de cada SM de internada, (C) los kg de peso vivo producidos por cabeza y ciclo de internada, y (D) y la duración media de las internadas. Todos planteados para el escenario IGUAL.

Emisiones del transporte de hacienda

Las emisiones del transporte de hacienda se originan en el combustible utilizado. Se consideraron tres tipos de movimientos: 1) animales de sistemas de cría a faena, 2) animales de los sistemas de cría a los sistemas de internada, y 3) los animales de los sistemas de internada a faena.

La Figura 7.6 muestra – para los tres escenarios – la relevancia de los diferentes movimientos en términos de emisiones. La dimensión del transporte está relacionada a la cantidad de animales producidos y faenados, por lo que el escenario pesimista inicialmente presenta mayores emisiones y luego decae. En sentido contrario, el escenario optimista presenta menores emisiones al principio, en el período de retención y crecimiento del stock de vientres, y luego aumenta conforme al aumento en la producción y la faena.

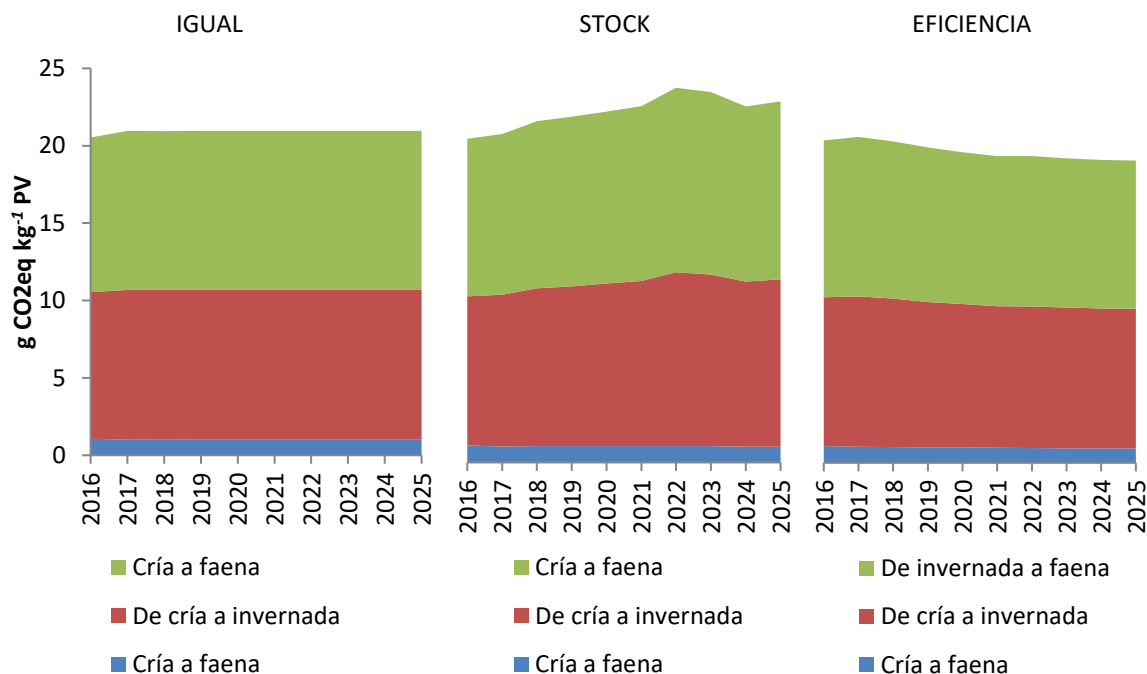


Figura 7.6. Huella de carbono correspondiente a los movimientos de hacienda en g de CO₂eq kg⁻¹ PV para los escenarios evaluados.

Los movimientos de los sistemas de invernada a faena muestran las mayores emisiones para los tres escenarios: 49% de las emisiones del transporte, en promedio de los 10 años considerados. En general estos movimientos son más cortos que los de sistemas de cría a los de invernada, pero cada camión lleva menos animales. Las emisiones del transporte de los sistemas de cría a los de invernada representan el 46% de las emisiones del transporte de hacienda. Por último, las emisiones del transporte de animales desde los sistemas de cría a faena representan alrededor del 5% de las emisiones del transporte.

Las emisiones del total del transporte aumentan 11, 39 y 38% entre 2016 y 2025 para los escenarios IGUAL, STOCK y EFICIENCIA. El incremento en el escenario IGUAL se debe a que en el 2016 el rodeo se consideró que estaba en un proceso de retención de hembras.

Emisiones de la industria frigorífica

La industria frigorífica genera emisiones de GEI por consumo de energía (electricidad y gas natural) y por los efluentes (Figura 7.7).

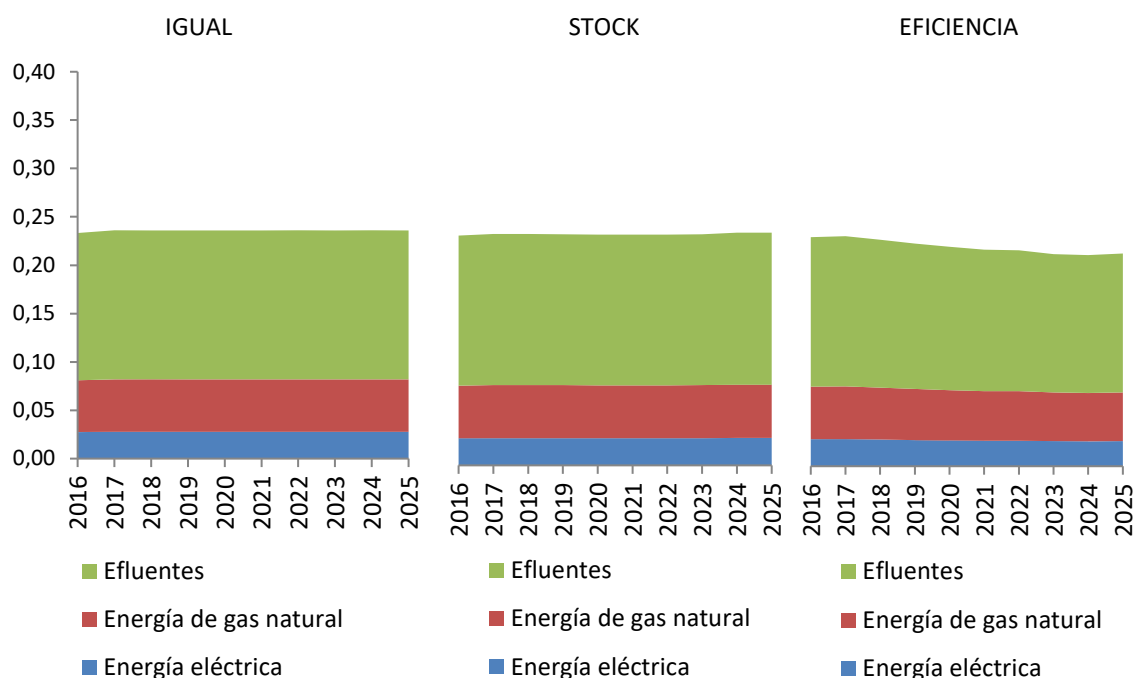


Figura 7.7. HC correspondiente a la etapa industrial en kg de CO₂ eq kg⁻¹ PV.

La principal fuente de emisión de la industria son los efluentes: 65% para el promedio de 10 años de las emisiones de la industria en todos los escenarios. El gas natural es la segunda fuente de emisiones (23%), y finalmente la energía eléctrica (12%). En el período considerado, la HC del sector industrial se reduce un 7% para el escenario EFICIENCIA, y aumenta 1% en los otros dos escenarios.

Escenarios de emisión

La Figura 7.8 presenta la evolución de la HC por kg de res con hueso. En los tres escenarios la HC se redujo a partir de 2017, debido a que en 2016 se retuvieron hembras para incrementar el rodeo por lo que la faena fue menor pero no se modificaron las emisiones. A partir del 2017 los tres escenarios asumen una menor retención de hembras y consecuentemente una mayor faena. El escenario STOCK mantuvo la HC durante todo el período, luego de la reducción del 2017. Los escenarios EFICIENCIA y STOCK presentaron en 2017 una HC mayor a la de IGUAL como respuesta a la faena reducida por la retención de hembras. El escenario STOCK mantuvo una alta HC hasta que la faena de hembras volvió a los valores de equilibrio (año 2024). El escenario EFICIENCIA, por el contrario, luego del incremento en 2017 redujo su HC de manera sostenida a pesar de que también se incrementó el stock. Esto se debe a que durante el período considerado este escenario mejora significativamente su eficiencia productiva a través de mejorar la tasa de destete y el peso medio de faena.

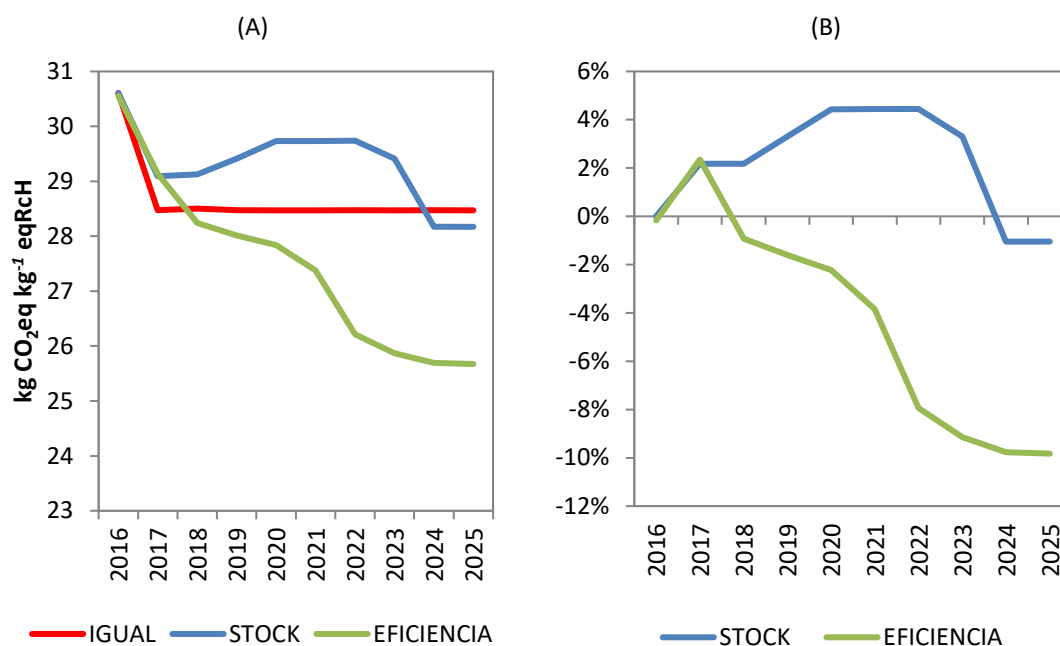


Figura 7.8. (A) Huella de carbono de la carne bovina en kg de CO₂eq por kg de res con hueso (RCh) para los tres escenarios evaluados. (B) Variación de la HC (kg de CO₂eq por kg de RCh) de los escenarios STOCK y EFICIENCIA en relación al escenario IGUAL.

En promedio de los 10 años, los escenarios EFICIENCIA y STOCK emitieron 13 y 7% más GEI que IGUAL, respectivamente. Sin embargo, los escenarios EFICIENCIA y STOCK generaron un 38 y 14% más carne que el escenario IGUAL, respectivamente.

El comportamiento de la HC total fue similar a la HC de la etapa de la producción. Esto se debe a que la producción es la etapa que de mayor producción proporcional de GEI en cualquiera de los escenarios (Figura 7.9): 98,4% en promedio de los 10 años considerados. Luego se encuentra la industria frigorífica (1,5%) y el transporte de hacienda (0,1%).

Las Figuras 7.10 A y B presentan las correlaciones entre las emisiones totales y el stock total de vacunos y la faena total. En ambos casos las correlaciones son altas, significativas y positivas entre las emisiones y el stock total ($R^2_{aj} = 0,986$, $p < 0,01$), y la producción de carne total ($R^2_{aj} = 0,924$, $p < 0,01$). Esto se explica por el gran peso de la cría en las emisiones totales y en la ingesta de alimento para el mantenimiento del rodeo.

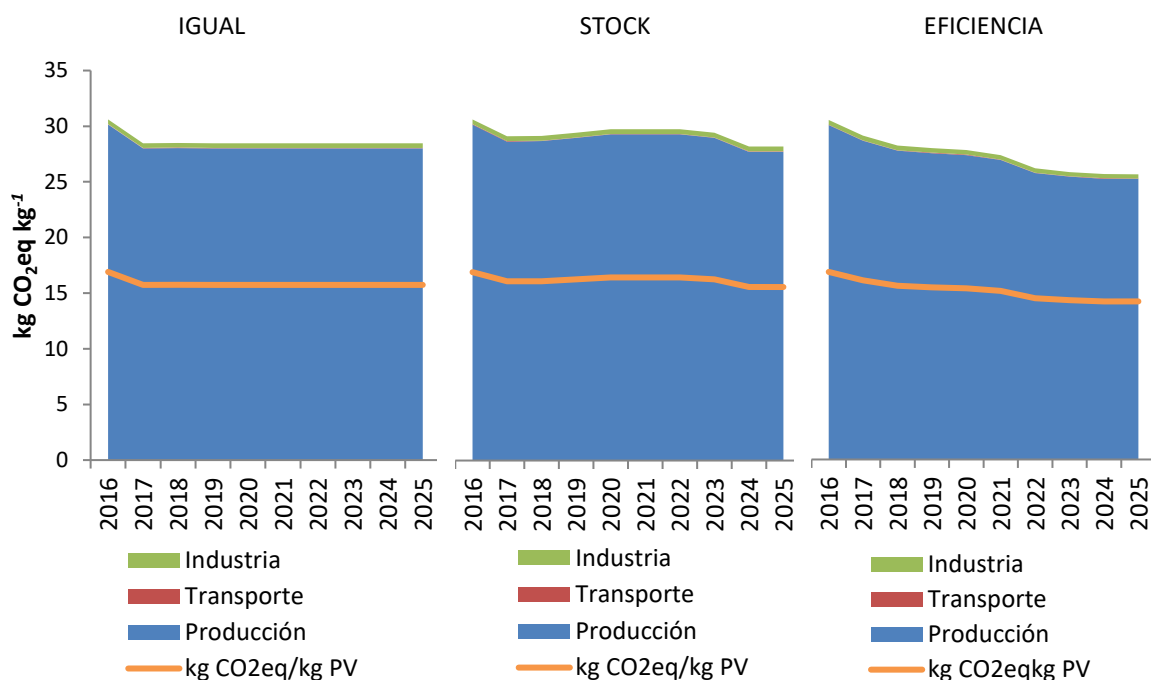


Figura 7.9. Composición de la HC en kg de CO₂eq kg⁻¹ res con hueso (RCh) y HC en kg de CO₂eq kg⁻¹ PV para los escenarios evaluados.

La Figura 7.11 muestra que a medida que aumenta la faena, la HC se reduce ($R^2_{aj} = 0,807$, $p < 0,01$). Es por esto que el escenario EFICIENCIA presenta una HC menor que los otros escenarios y al mismo tiempo aumenta la producción de carne.

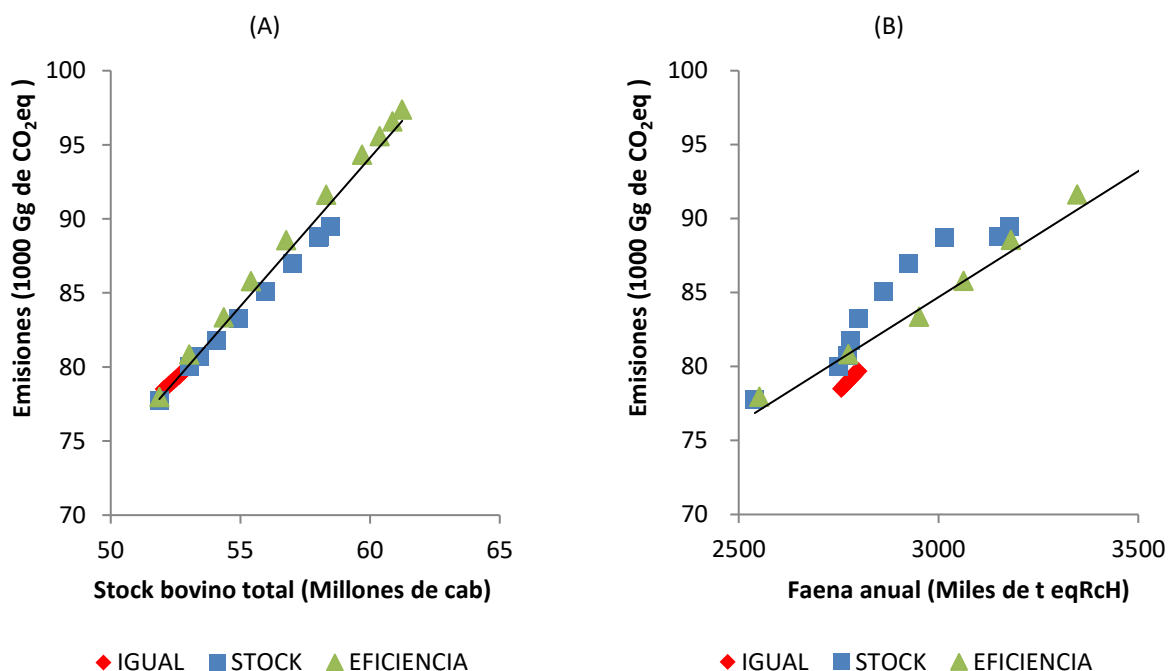


Figura 7.10. Relación entre las emisiones anuales de las tres etapas de la cadena de la carne en Gg de CO₂eq con (A) el stock bovino total, y (B) con la faena total en toneladas de res con hueso equivalente (t eqRCh) para los tres escenarios evaluados. La línea de tendencia incluye los datos de los tres escenarios.

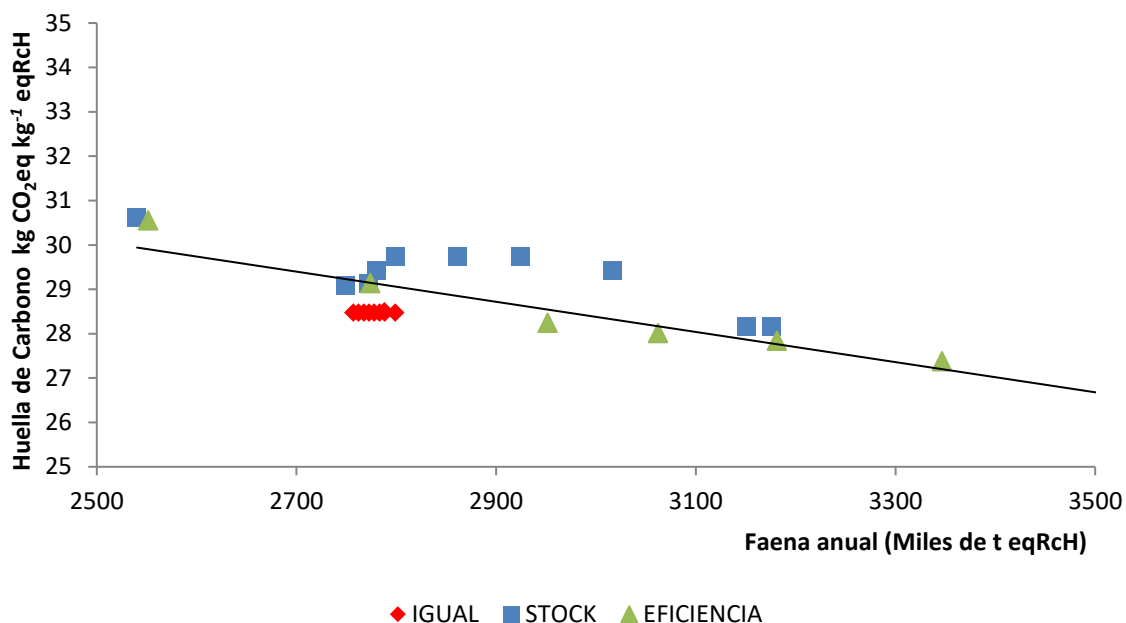


Figura 7.11. Relación entre la faena total en toneladas de res con hueso equivalente (t eqRch) y la HC en kg CO₂eq kg⁻¹ eqRch. Se consideran los tres escenarios evaluados. La línea de tendencia incluye los datos de los tres escenarios.

Factores de conversión

Los factores de conversión, o métricas, que se utilizan para convertir los GEI en un equivalente CO₂ tienen una amplia dispersión y no existe un consenso sobre cuál es el más correcto. En la Figura 7.12 se presenta la HC (kg en CO₂.eq por kg PV) para los tres escenarios evaluados y para 8 factores de conversión reportados en informes del IPCC (Cuadro 7.1). En la Figura 7.12, puede visualizarse que independientemente del escenario, el uso de distintos factores de conversión generan gran dispersión en la HC calculada. Este aspecto recalca la gran relevancia de la métrica en las estimaciones de las HC. La HC generada utilizando GWP 100 – 4AR, es una de las menores del conjunto de métricas utilizadas.

En general, las métricas que utilizan un período de 20 años se traducen en valores de HC mayores que los que utilizan un período de 100 años. Esto es especialmente importante en el GTP: si se utiliza un período de 100 años la HC calculada es la menor, si se utiliza un período de 20 años la HC es la tercera mayor. No existió interacción entre escenarios y la aplicación de una u otra métrica.

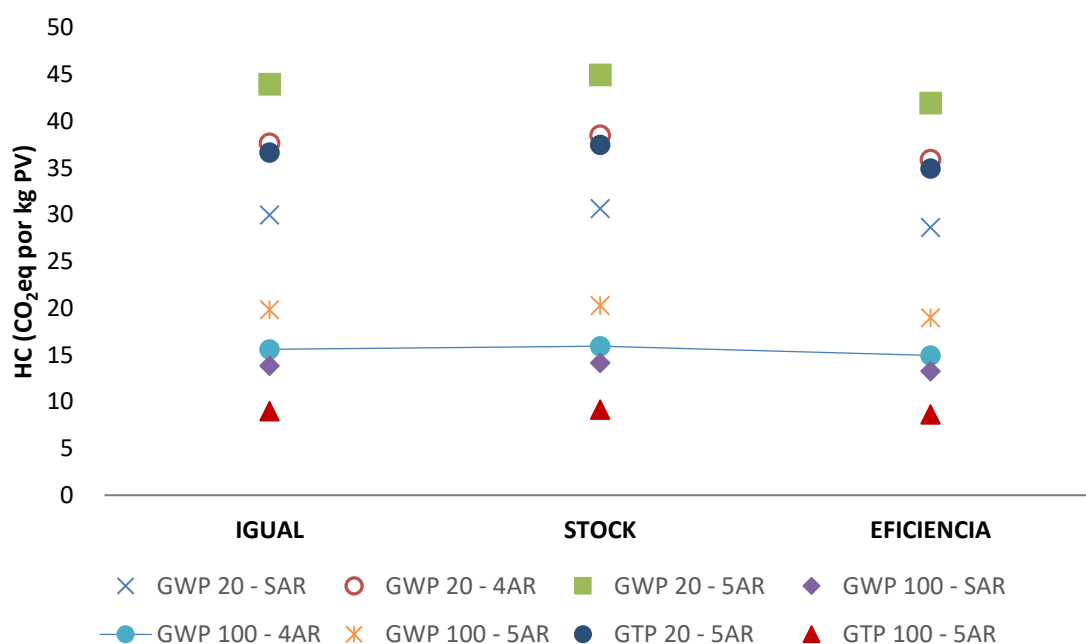


Figura 7.12. Huella de Carbono (kg CO₂eq por kg PV) promedio del período 2016 – 2025, para los tres escenarios evaluados y los diferentes factores de conversión.

CONCLUSIONES

La huella de carbono está determinada principalmente por la etapa de la producción. Dentro de la producción, la cría representa la actividad más importante y la fermentación entérica es la fuente de mayor relevancia. El transporte de hacienda y la industria, según los aspectos considerados en este trabajo, representan una fracción menor de la HC.

Los tres escenarios evaluados destacan la relevancia de promover el aumento de la eficiencia productiva, a través de la mejora de los índices reproductivos y el aumento del peso medio de faena. Una mejora sensible en la HC es posible a través de una mejora de estos indicadores de productividad. La tasa de mejora de la HC para el escenario EFICIENCIA se encuentra en el rango de situaciones informada para otros países.

Existe un amplio rango de valores de HC para los diferentes niveles de productividad en los planteos de cría y para diferentes sistemas de invernada, esto señala el potencial de reducción en la HC. La HC alcanzable es independiente de la zona, por lo que en todo el país es posible producir con una baja HC.

Las emisiones totales dependen principalmente del stock bovino total, independientemente del escenario considerado. Mayores niveles de faena, relacionados al escenario de mayor eficiencia, generan una menor HC.

La métrica adoptada influye significativamente sobre la HC estimada. Debido a la falta de un criterio sobre cuál es la métrica más adecuada, la estimación de la HC sirve para detectar sistemas productivos de menor HC, pero no para comparar con otras actividades económicas. Es necesario tener un estudio más profundo sobre el impacto de las métricas en diferentes productos agropecuarios.

Los escenarios evaluados no consideraron cambios en el flujo de carbono en el suelo y en la vegetación. Disponer de la información de base para poder ajustar modelos resulta indispensable para mejorar las estimaciones de los impactos de políticas y decisiones empresariales.

Este trabajo presenta la HC en el nivel nacional para orientar decisiones políticas. La HC se utiliza también como parte de una estrategia comercial. En este sentido es fundamental conocer la HC de productos específicos en los mercados de destino. Para esto es necesario estudiar la HC de cadenas y productos específicos.

Finalmente, es fundamental considerar que la emisión de GEI es apenas una de las múltiples dimensiones sobre las que influye la producción ganadera. La confección de políticas requiere una mirada sistémica que incorpore el impacto de los escenarios sobre otros aspectos de la dimensión ambiental, y las dimensiones económicas y sociales.

BIBLIOGRAFÍA

- AACREA, 2010. Suplementación y engorde a corral de vacunos. Cuadernillo técnico. CABA, Argentina.
- AACREA, 2012. De la Tierra al País, radiografía del gasto y la inversión agropecuaria, Unidad de Investigación y Desarrollo, Mimeo. CABA, Argentina.
- AACREA, 2013. Recría vacuna. Cuadernillo técnico. CABA, Argentina.
- AACREA, 2016. Sistemas de encuestas agropecuaria. Edición Julio 2016. CABA, Argentina.
- ALBRIEU, J. M., CORTÉS, A. y SÁNCHEZ, J. 2009. El transporte de ganado bovino en la República Argentina. Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial (C3T). Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda. 44 pág.
- CAPPER, J.L. and BAUMAN, D.E. 2013. The role of productivity in improving the environmental sustainability of ruminant production systems. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 1: 9.1-9.21.
- FAVERIN, C., GRATTON, R. y MACHADO, C.F. 2014. Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas de producción de carne vacuna de base pastoril. Revisión bibliográfica. *Revista Argentina de Producción Animal* 34(1): 33-54.
- INTA, 2008. Perfil Tecnológico de la Producción Agropecuaria Argentina. Recuperado el 11 de Junio de 2013, de <http://inta.gob.ar/documentos/perfil-tecnologico-de-la-produccion-agropecuaria-argentina>.
- IPCC, 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. and K. Maskell, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 588 pp, ISBN 0521564360.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007 Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón
- IPCVA, 2008. Desarrollo de un modelo de simulación de la cadena de la carne bovina. FAUBA – IPCVA. No publicado. 117 p.
- MAGyP, 2013. Resultados Económicos Ganaderos. Boletín Nº 5. Marzo 2013. Recuperado el 10 de Mayo de 2013, de <http://www.minagri.gob.ar/site/ganaderia/index.php>. Fecha de consulta Mayo 2013.
- SENASA, 2011. Movimientos de Ganado Bovino. Año 2010. Informe Estadístico Nº 18. Dirección Nacional de Sanidad Animal Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales. Julio.
- MYHRE, G., SHINDELL, D., BRÉON, F.M., COLLINS, W., FUGLESTVEDT, J., HUANG, J., KOCH, D., LAMARQUE, J.F., LEE, D., MENDOZA, B., NAKAJIMA, T., ROBOCK, A., STEPHENS, G., TAKEMURA, T. and ZHANG, H. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- OBSERVATORIO GANADERO, 2012. Producción de carne bovina de Argentina: Análisis de factores determinantes. Observatorio de la Cadena de la Carne Bovina de Argentina, Informe Nº 1. CABA, Argentina. 56 p.
- OBSERVATORIO GANADERO, 2014. Oferta de carne vacuna en el corto plazo: Modelo de cálculo. Observatorio de la Cadena de la Carne Bovina de Argentina. Informe Nº 8. CABA, Argentina. 15 p.

- OECD/FAO, 2016. Agricultural Outlook 2016-2025, OECD Publishing, Paris.
- REARTE, D., 2007. La producción de carne en Argentina. INTA. 25 pág.
- ROTZ, C.A., ASME-HIABIE, S., DILLON, J. and BONIFACIO, H. 2015. Cradle-to-farm gate environmental footprints of beef cattle production in Kansas, Oklahoma, and Texas. J. of Anim. Sci. 93: 2509-2519.
- SAYDS, 2007. Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. CABA, Argentina.
- SAYDS, 2010. Dirección Nacional de Prospectiva. Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Extraído de Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible. Recuperado el 16 de abril de 2014, de http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/Indicadores/file/publicaciones/2010_indicadores.pdf.
- SAYDS, 2015. Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. CABA, Argentina.
- SENASA, 2013. Movimientos de ganado bovino. Dirección Nacional de Sanidad Animal. Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales. Informe estadístico Nro. 23. 72 pág.
- SIIA, 2014. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Faena bovina. Recuperado el 16 de Abril de 2014, de <http://dev.siia.gov.ar/>
- VERGÉ, X.P.C., DYER, J.A., DESJARDINS, R.L. and WORTH, D. 2008. Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry. Agric. Syst. 98 (2): 126-134.
- WIEDEMANN, S.G., HENRY, B.K., MCGAHAN, E.J., GRANT, T., MURPHY, C.M. and NIETHE, G. 2015. Resource use and greenhouse gas intensity of Australian beef productio.: 1981-2010. Agric. Syst. 133: 109-118.