

DISTINTAS COMBINACIONES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA GANADERA Y SU IMPACTO SOBRE INDICADORES AMBIENTALES EN EL NORTE DE CÓRDOBA-ARGENTINA

Valdez, H.A.¹; Patiño Rosa, N.²; Malla, J.E.²

¹ Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de forrajes y manejo de pasturas. Departamento de producción animal. Córdoba, Argentina.

² Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina.

ingagronvaldez@hotmail.com

RESUMEN

El calentamiento global tiene hoy evidencias irrefutables. Cerca del 30 % de las emisiones globales de carbono provienen del sector agropecuario. En Argentina suman un 37 % y son atribuidas a agricultura, ganadería y cambios en el uso del suelo. Un sesgo en estas estadísticas es que están basados en métodos que priorizan las emisiones y subestiman los sumideros que secuestran carbono. Nuestros sistemas de producción tienen a la vez capacidad de emisión y capacidad de secuestro de carbono. Ante esta realidad se torna indispensable cuantificar y demostrar el potencial de secuestro de carbono que tiene la biomasa y las tierras rurales. Con el objetivo de describir y analizar los principales indicadores agroecológicos con distintos manejos de la producción agrícola y/o ganadera en un establecimiento en el pie de sierra del norte de Córdoba. Se cuantificó: la energía fósil producida, el cambio de stock del carbono del suelo y balance de gases de efecto invernadero para cuatro casos de los que dos son situaciones reales y dos son modelizados. El siguiente estudio se llevó a cabo utilizando el software AgroEcoIndex® 2012. Los casos analizados fueron los siguientes: T1: Sistema mixto agrícola ganadero con presencia de pastizales, carga animal media, T2: Sistema mixto agrícola ganadero con ganadería en confinamiento, alta carga animal; T3: Sistema agrícola puro y T4: Sistema ganadero de cría, baja carga animal. Los casos 1 y 4 (sistema mixto y sistema de cría) son las situaciones reales del establecimiento en estudio, los casos 2 y 3 son teóricos. Se concluye que la agricultura logra la mayor producción de energía, superando 2 veces al sistema mixto, y más de 7 veces a la producción de carne a corral. El sistema silvopastoril de cría es el que menos energía produce por hectárea, pero arroja valor positivo para el balance de C del suelo, mientras que este resulta en pérdida para la agricultura. La captura de C de la cría logra compensar las emisiones propias y las de la recría e invernada en confinamiento, dejando un saldo positivo de carbono secuestrado.

Palabras clave: gases de efecto invernadero, balance de carbono, servicios ecosistémicos, producción de carne.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica que se da a través de gases de efecto invernadero (GEI) es la más relevante debido a sus efectos a nivel global (Herrero y Gil, 2008). El cambio climático seguirá causando más fenómenos meteorológicos extremos, como la degradación y desertificación de tierras, la escasez de agua, aumentos en el nivel del mar y cambios de temperatura.

Si bien los sistemas agrícolas y alimentarios son en parte responsables del cambio climático, también son parte de la solución. Las acciones adecuadas en agricultura, ganadería y silvicultura pueden mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la adaptación al clima. A través de medidas agrícolas sostenibles, adaptadas al contexto local, los ganaderos y agricultores pueden aumentar su productividad e ingresos, y fortalecer la resiliencia de sus actividades agropecuarias

frente a los fenómenos meteorológicos extremos (FAO, 2017).

En este contexto, se hace necesario medir el impacto ambiental de la producción agrícola ganadera para saber dónde está posicionado el sector, de manera de conocer los puntos a mejorar y para brindar información precisa a una sociedad demandante.

Objetivo general

Describir y analizar los principales indicadores agroecológicos con distintos manejos de la producción agrícola y/o ganadera en un establecimiento en el pie de sierra del norte de Córdoba.

Objetivos específicos

- Cuantificar la energía fósil producida para los cuatro casos modelizados en el semiárido serrano del norte cordobés.
- Medir el cambio de stock del carbono del suelo para los diferentes casos estudiados.
- Determinar el valor del balance de gases de efecto invernadero para los cuatro casos evaluados.

Se realizó la carga de datos en el software AgroEcoIndex® 2012 (AEI) del establecimiento “La Tula”, situado en la localidad de Avellaneda, provincia de Córdoba (30° 35' 0,72" S; 64° 25' 23,29" O), correspondiente a la región fitogeográfica de Chaco Serrano (**Figura 1**). La metodología ha sido diseñada para un año de evaluación, por lo que para obtener una visión que represente la variación interanual, se consideraron los datos promedio de los últimos 20 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

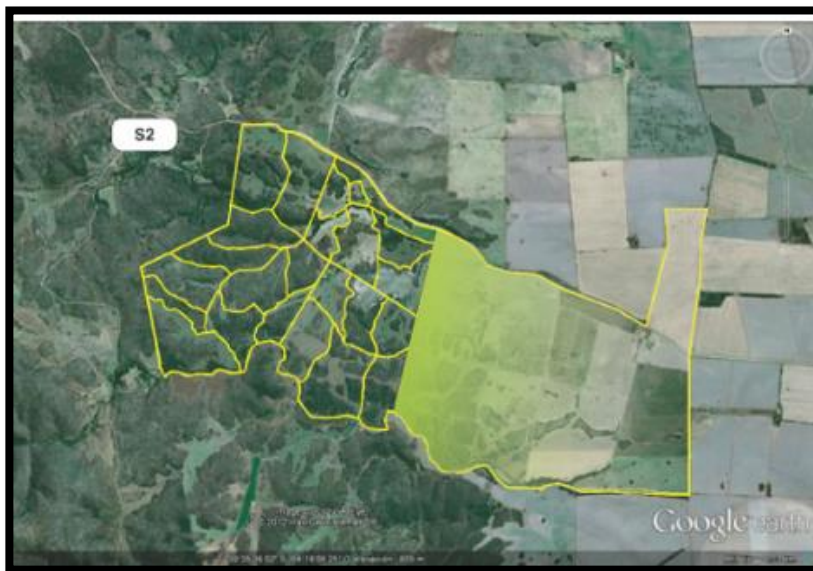


Figura 1. Foto satelital del establecimiento “La Tula”.

El establecimiento integra agricultura y ganadería de ciclo completo contando con 842,3 ha, divididas en 18 lotes (**Figura 2**). Respecto a las características climáticas de la región en donde se encuentra el campo, las precipitaciones medias son de 690 mm/año, la evapotranspiración es de 940 mm/año, y la temperatura

media anual es de 18,7° C. El suelo se caracteriza por presentar una clase textural franco limosa, materia orgánica en un 3,3 % y un 5 % de carbonatos. Las pendientes van desde el 1 % al 8 %, con intervalos de 1 % a 4 % en los lotes bajos, y de 4 % al 8 % en lotes del pie de sierra.

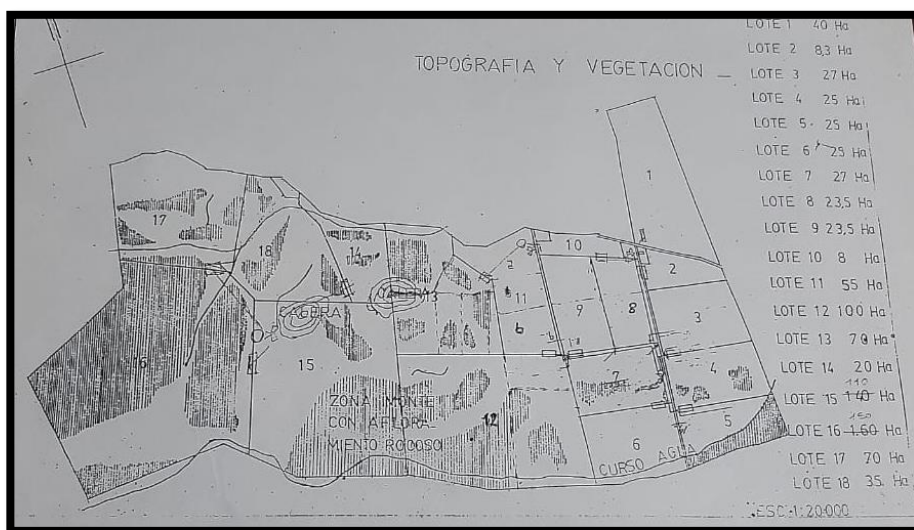


Figura 2. Croquis del establecimiento, con división de lotes y detalle de la superficie de los mismos. Los lotes ubicados al oeste, con numeración del 14 al 18, corresponden al módulo de cría. Al este, con la numeración del 1 al 13, se observa la superficie destinada a agricultura, recría y engorde.

Indicadores ecológicos del modelo AEI

Indicador 1. Producción de energía fósil (Mj/ha/año)

La producción de energía, expresada en Mj/ha/año, se calcula como la suma de los contenidos energéticos de los productos agropecuarios obtenidos en el año correspondiente, incluyendo cereales, oleaginosas y producción ganadera. También hay tablas que aportan información sobre qué contenido energético contiene cada producto obtenido en el sistema.

Indicador 2. Cambio de stock de carbono del suelo (ton/ha/año)

Dependiendo de la ganancia o pérdida de materia orgánica, los suelos pueden actuar respectivamente como sumidero o fuente de carbono (C) atmosférico (Viglizzo et al., 2006).

El cambio de carbono en el suelo resulta de la diferencia entre el carbono final y el carbono al inicio del periodo, dividido por 20 años: *Cambio del stock de C del suelo = (Stock C final - Stock C inicial) / 20*.

Para obtener el valor de stock de C inicial se parte del nivel de carbono nativo definido por las Directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) revisadas en 1996, según el clima y el tipo de suelo, y establecido 20 años antes del año del que se está haciendo la estimación; para obtener el valor de carbono actual, el software aplica al valor inicial un factor uso de la tierra, factor labranza y un factor rastrojo: *Stock C final = Stock C inicial * factor uso del suelo * factor labranza * factor rastrojo*.

Las estimaciones de las existencias de carbono se basan en los primeros 30 cm de suelo. El método se basa en las directrices del IPCC (1996), que también ha proporcionado coeficientes por defecto para el enriquecimiento de materia orgánica mediante los restos de cultivos.

El carbono orgánico del suelo (COS), representa el 60 % de la materia orgánica del suelo. La materia orgánica otorga al suelo propiedades que le dan fertilidad tanto química y física como biológica: porosidad, capacidad de infiltración y retención de agua, formación de agregados, retención de nutrientes, sostenimiento de la actividad biológica y le otorga capacidad buffer. Cuando se pierde COS, además de estar emitiendo CO₂ a la atmósfera, se pierden dichas propiedades del suelo.

Indicador 3. Balance de gases de efecto invernadero (ton/ha/año)

Incluye tres gases con efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), que se expresan convertidos en toneladas equivalentes de dióxido de carbono emitido (balance positivo), o secuestrado (negativo). Se calcula por la suma y resta de los valores estimados para las distintas fuentes de emisión y secuestro de gases invernadero, siguiendo las

pautas estándar del IPCC (1996). El cálculo ha incluido emisión y secuestro de carbono en respuesta al cambio de uso de la tierra, cultivo de cereales y actividades de producción ganadera. El CO₂ requiere para su determinación la suma de tres componentes: stock de carbono en el suelo, stock de carbono de la biomasa leñosa y CO₂ emitido por uso de combustibles fósiles. Este último es una fuente importante de CO₂, e incluye el combustible utilizado en actividades rurales y para la fabricación de fertilizantes, herbicidas y maquinarias. Para el N₂O, son consideradas las emisiones directas por volatilización, lavado e infiltración de fertilizantes sintéticos, excreciones animales, cultivos fijadores de N y residuos de cosechas. Las emisiones de N₂O indirectas ocurren en parte por volatilización de los fertilizantes sintéticos y del nitrógeno excretado, con la diferencia de que ocurren debido a la deposición atmosférica de NH₃ y NO_x. Otra parte de las emisiones indirectas ocurre por lixiviación y escorrentía de N. Los procesos de nitrificación y desnitrificación, transforman parte del NH₄⁺ y NO₃⁻ en N₂O. El CH₄ computado proviene de la emisión por rumiantes en el proceso de fermentación entérica, y también del manejo del estiércol cuando se descompone en condiciones anaeróbicas, que por lo general ocurre en ganado en confinamiento.

Descripción de los casos evaluados

Se analizaron y compararon cuatro casos productivos en el presente trabajo: T1: Sistema mixto agrícola ganadero con presencia de pastizales, carga animal media; T2: Sistema mixto agrícola ganadero con ganadería en confinamiento, alta carga animal; T3: Sistema agrícola puro y T4: Sistema ganadero de cría, baja carga animal.

Los casos 1 y 4 (sistema mixto y sistema de cría) son las situaciones reales del establecimiento en estudio, divididos en 16 y 5 potreros respectivamente según la actividad. El T1 ocupa los potreros 1 al 13, y la cría del 14 al 18. En cambio, los casos 2 y 3 son simulaciones. Éstos están divididos en 10 potreros a fin de ser cargados en las planillas del AEI, y corresponden a las numeraciones y superficies reales de los potreros 1 al 10 del campo.

Caso 1 (T1): Sistema mixto agrícola ganadero con presencia de pastizales, carga animal media.

Este caso realiza agricultura de apoyo a la ganadería y venta de excedentes, con recría pastoril y terminación a corral. Con 500 animales en total, entre terneros, novillos y vaquillonas, la carga animal es de 1,4 UG/ha. La superficie total utilizada es de 459,3 ha. La misma está ocupada un 58 % por cultivos agrícolas y el 42 % restante por pasturas perennes.

Caso 2 (T2): Sistema mixto agrícola ganadero con ganadería en confinamiento, carga animal alta.

En el T2 el 100 % de la producción agrícola es destinada a la producción de carne en confinamiento, con una superficie total cultivable de 232,3 ha. Esta superficie se distribuyó de la siguiente manera: 41 % para ensilaje de sorgo, 34 % para soja y 24 % para maíz con cultivo de cobertura.

Caso 3 (T3): Sistema agrícola puro.

El tercer caso se diseñó sobre los 10 primeros lotes del T1, con el 100 % de la producción comercializada directamente. Se desarrolla una rotación de soja y maíz 50/50, con el mismo paquete tecnológico que en los casos anteriores.

Caso 4 (T4). Sistema silvopastoril serrano, baja carga animal.

El T4 consiste en un sistema silvopastoril de sierra con 30 % de pasturas megatérmicas implantadas y 70 % de pastizal natural. Se lleva adelante en los lotes 14, 15, 16, 17 y 18, sumando un total de 407 ha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados y discusión de los 3 indicadores seleccionados de los 18 que analiza el AgroEcoIndex.

En cuanto a producción de energía (**Figura 3**), el valor más alto ocurrió en T3, este se diferencia por la producción de granos en toda la superficie, siendo la actividad que más energía produce por unidad de superficie. El cultivo de soja produce 63.825 Mj/ha/año, ya que un kg de soja contiene 25,53 Mj y el rendimiento por hectárea es de 2500 kg. En el caso del maíz, 114.100 Mj/ha/año, obtenido del producto del rendimiento por la energía contenida en un kilogramo de maíz (7.000 kg/ha*16,30 Mj/kg). Siendo una rotación 50/50, el resultado cercano al promedio de estos dos valores: $(114.100 * 115,5 \text{ MJ/ha} + 63.825 \text{ MJ/ha} * 116,8 \text{ ha}) / 232,3 \text{ ha} = 88.822 \text{ MJ/ha/año}$.

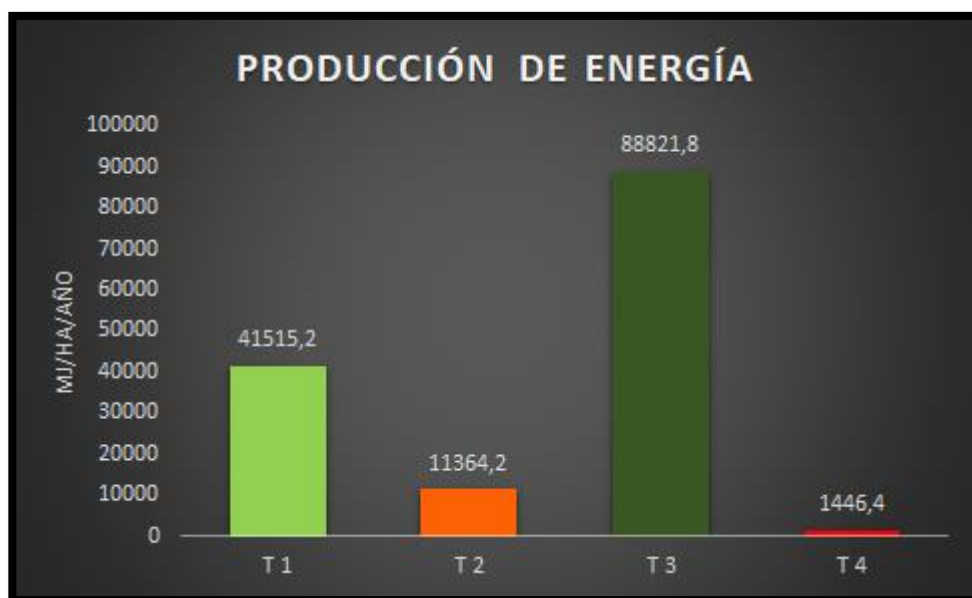


Figura 3. Producción de energía fósil. T1: agricultura de apoyo a la ganadería y venta de excedentes, pasturas perennes y ensilaje de gramíneas, con animales a pastoreo y en engorde a corral. T2: agricultura para ganadería con engorde a corral; T3: agricultura de cosecha; y T4: sistema silvopastoril serrano.

En segundo lugar, se posiciona el T1, con 43 % de la superficie dedicada a rotación de soja y maíz 50/50, siendo las actividades de mayor producción de energía por hectárea. La energía producida en forma de granos vendidos fuera del campo es de 11.866.400 MJ/año de maíz (104 ha) y 6.637.800 MJ/año de soja (104 ha). Analizando la actividad ganadera, 1 kg de carne equivale a 13,36 Mj. Este sistema produce 42.194 kg carne/año, significando una producción de energía de 563.712 Mj/año. El total de energía producido es de 19.067.912 MJ/año, que dividido en 459,3 ha resulta en 41.515 MJ/ha/año. Los granos aportan el 97 % de la producción energética, mientras que la carne el 3 % restante.

T1 es seguido por el valor de T2, el cual tiene su superficie agrícola dedicada exclusivamente al ensilaje de gramíneas, y los cultivos de maíz y soja para constituir la dieta de los bovinos. Con el uso de estos alimentos se producen 184.800 kg/año de carne, equivalente a 2.468.928 MJ/año. Divido las 234,3 hectáreas trabajadas, se obtiene un valor de 11.364,2 Mj/ha/año. El software contabiliza la energía producida en forma de carne y granos, y no contabiliza la energía contenida en los forrajes producidos para alimentar al ganado. Siendo la producción de carne menos eficiente energéticamente, era esperable que este caso originase menos energía que los anteriores. En último lugar se encuentra el caso de cría (T4), con un valor muy bajo con respecto a los demás,

dato que solo se contabiliza la producción de carne extensiva, compuesta por 68 kg/ha producto de los terneros y 40,8 kg/ha por parte de las vacas descarte, obteniendo como resultado final 1.446,4 MJ/ha/año.

Balance de carbono del suelo

El stock de C del suelo aumentó a razón de 1,13 ton/ha/año en T4, en T1 0,249 ton/ha/año, en T2 disminuyó 0,155 ton/ha/año y en T3 también fue negativo. La parte agrícola del T2 se diferencia del T3 por

incluir a la rotación soja/maíz, un sorgo para ensilaje seguido de un cultivo de cobertura. Este cambio es el responsable de las mayores pérdidas de C obtenidas para el T2: la confección de silaje, extrae la mayor parte del material vegetal y no deja los residuos que aportarían carbono al suelo luego de su descomposición por la microbiota del suelo (Figura 4).

El balance de C positivo en el T1 se puede explicar por la presencia de pastizales perennes en el 42 % de la superficie.

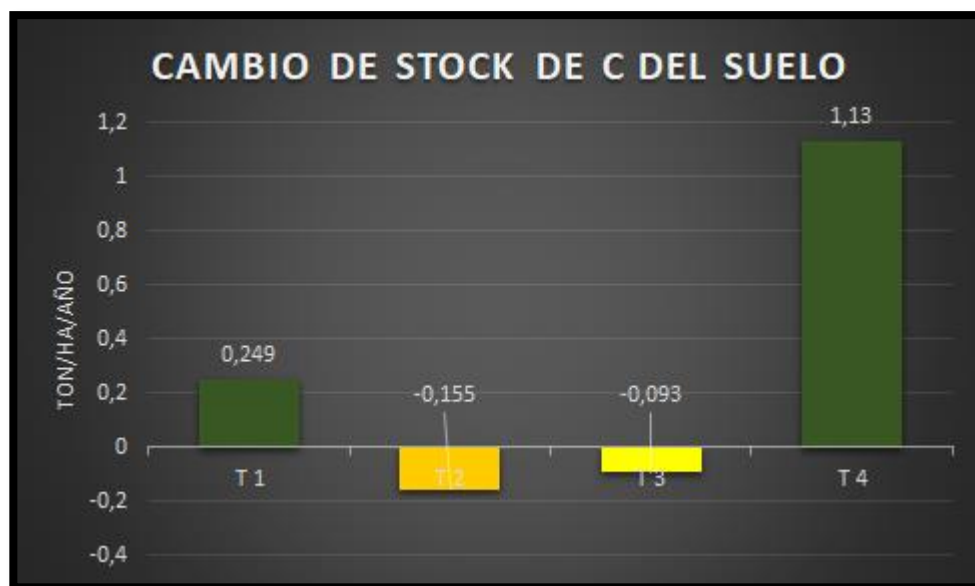


Figura 4. Cambio de stock de carbono del suelo. T1: agricultura de apoyo a la ganadería y venta de excedentes, pasturas perennes y ensilaje de gramíneas, con animales a pastoreo y en engorde a corral. T2: agricultura para ganadería con engorde a corral; T3: agricultura de cosecha; y T4: sistema silvopastoril serrano.

Emisiones de gases de efecto invernadero

Los resultados obtenidos indican emisión de gases de efecto invernadero para T2 y T3, y captura para T1 y T4 (Figura 5).

Analizando los componentes del balance de GEI para este caso (Figura 6), se observan como fuentes la emisión de CO₂ por el uso de combustible fósil para las labores agrícolas, la movilidad al establecimiento y dentro de él, y para la fabricación de fertilizantes y fitosanitarios. Otro aspecto son las emisiones de N₂O del sistema, tanto directas como indirectas, y provienen de las siguientes fuentes, ordenados en forma decreciente según su importancia: N de la orina y del estiércol depositado en las pasturas por animales en pastoreo directo (250 cabezas de ganado) y en el corral por los 250 animales restante, N en residuos agrícolas aéreos y subterráneos, incluidos los cultivos fijadores de nitrógeno atmosférico (N₂) y los provenientes de forrajes durante la renovación de las pasturas, y fertilizantes de N sintético (urea y fosfato di-amónico aplicado a maíz y sorgo). El tercer GEI,

el CH₄, proviene en este sistema de la emisión del ganado en el proceso de fermentación entérica y de la descomposición anaeróbica del estiércol, con 500 animales en total. Al no realizarse tratamiento de las excretas, no se suman las emisiones propias de dicho proceso. Dado que el stock de C del suelo y el de la biomasa aérea aumentaron, actúan como sumideros de carbono y logran superar el valor de las emisiones.

El T2 obtuvo un valor ampliamente superior a los demás casos (9,51 ton CO₂eq/ha/año). Comparándolo con el T1, se observa que las emisiones de N₂O y CH₄ son de comportamiento casi lineal al número de terneros en el sistema, ya que se sextuplican dichas emisiones en T2 al igual que el número de cabezas, y llegan a emitir 8 ton CO₂eq/ha/año. Cuando se observan las emisiones de CO₂, que en este caso pasan a ser positivas, se determina que provienen de la reducción del C del suelo propia del manejo agrícola, y del uso de combustibles fósiles que esta actividad demanda. Se debe recordar que este sistema modelizado cuenta con superficie puramente agrícola, sin espacios de vegetación perenne que

amortigüen las emisiones. El elevado valor de emisiones se acrecienta por la reducida superficie en la cual impacta la emisión de los animales.

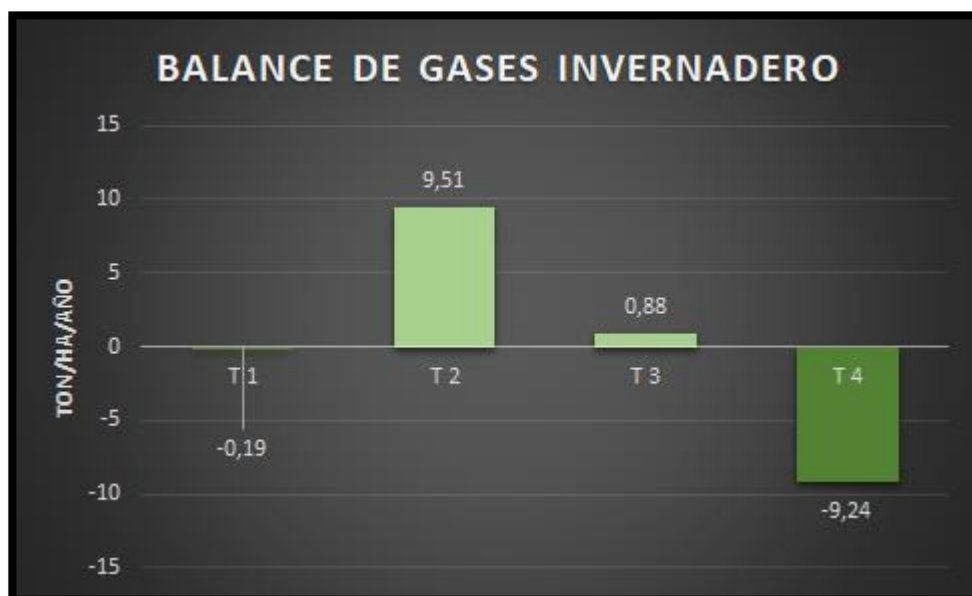


Figura 5. Balance de gases de efecto invernadero. T1: agricultura de apoyo a la ganadería y venta de excedentes, pasturas perennes y ensilaje de gramíneas, con animales a pastoreo y en engorde a corral. T2: agricultura para ganadería con engorde a corral; T3: agricultura de cosecha; y T4: sistema silvopastoril serrano.

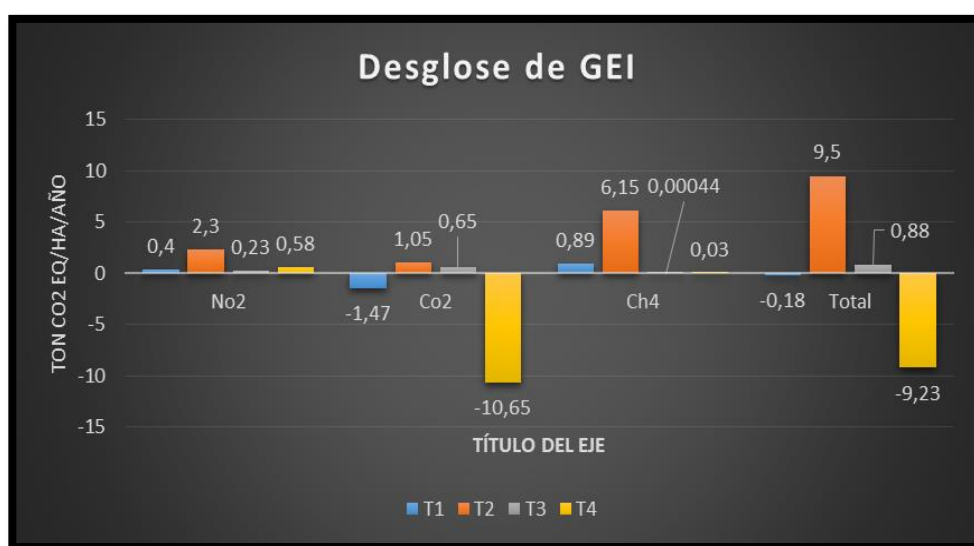


Figura 6. Desglose de gases de efecto invernadero. T1: agricultura de apoyo a la ganadería y venta de excedentes, pasturas perennes y ensilaje de gramíneas, con animales a pastoreo y en engorde a corral. T2: agricultura para ganadería con engorde a corral; T3: agricultura de cosecha; y T4: sistema silvopastoril serrano.

El T3 emite 0,88 ton CO₂eq/ha/año, y proviene principalmente de la emisión de CO₂ de parte de la pérdida de C del suelo y del uso de combustibles fósiles. En segundo lugar de importancia, se posicionan las emisiones de N₂O; en suelos agrícolas, son un producto colateral de los procesos de mineralización aeróbica y de la desnitrificación anaeróbica de nitrógeno. Éstos ocurren de forma directa a causa de la descomposición de

rastrojos. Indirectamente, la emisión ocurre por lavado y escurrimiento de nutrientes, y producto de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) por leguminosas. De acuerdo con el Inventario Nacional, bajo las directrices del IPCC 1996 los suelos agrícolas de Argentina emitieron casi 3 kg N-N₂O/ha en 2005 (emisiones directas de N₂O). Otros estudios obtuvieron flujos medios 2,4 kg N₂O-N/ha/año para soja (Parkin y Kaspar, 2006). En este caso,

la emisión de N-N₂O es de 0,72 kg/ha, resultando muy por debajo de los trabajos mencionados. Recientemente el IPCC ha excluido de sus directrices de inventario a la FBN como fuente de emisión de N₂O por los cultivos leguminosos, debido a la falta de evidencia segura sobre la existencia de estas emisiones (Cosentino et al, 2005). En este caso, la FBN es la causa de emitir 0,18 kg N-N₂O. Dada la alta heterogeneidad de los procesos y factores ambientales controladores de las emisiones de N₂O, las mismas resultan muy variables en el espacio y en el tiempo, con coeficientes de variación reportados entre 100 a 300 % (Boeckx et al., 2005). Este resultado del T3 es mayor al estimado por el INTA (2011) en un estudio en el Sur de Córdoba, donde el maíz obtuvo 0,27 ton CO₂eq/ha/año y la soja 0,51 ton CO₂eq/ha/año. Cabe aclarar que el INTA utilizó las directrices del IPCC de 2006 y el AEI utiliza las directrices del IPCC revisadas de 1996. Comparando los valores de T2 y T3, se puede conocer la diferencia de emisión por hectárea entre un sistema agrícola puro, y de un sistema similar con el uso de esos alimentos producidos para abastecer a un feedlot dentro del mismo campo.

El T4 arrojó un valor de -9,24 ton CO₂eq/ha/año, con un total de 10,66 ton CO₂eq/ha/año fijadas por aumento del carbono del suelo y del carbono de la biomasa leñosa, y 1,42 ton CO₂eq/ha/año emitidas como metano producto de la digestión ruminal y fermentación fecal, como CO₂ emitido por quema de combustibles fósiles, y N₂O emitido a partir de heces y orina del ganado, e indirectamente por lavado y escurrimiento del nitrógeno (N) de las mismas.

Las mejoras sustanciales de eficiencia del ciclo productivo han llevado a la reducción de emisiones a nivel nacional, pasando de 1,62 ton CO₂eq por cabeza en 1999 a 1,35 ton CO₂eq por cabeza en 2016 (MAyDS 2019). Este sistema estudiado, emite 2,84 ton CO₂eq por cada vaca de cría en un año, aspecto que es visto como una amenaza para el medio ambiente. Beauchemin et al. (2010) encontraron que en general, los sistemas de cría emiten aproximadamente entre un 75 a 90 % del total de las emisiones de los sistemas de ganadería para carne, donde el resto de las mismas provienen de las fases de recría e internada. Pero al observar lo que captura el sistema, se encuentra que la captura neta es de 17,65 ton CO₂eq/vaca/año. Un trabajo recientemente publicado en la cuenca del Salado (Jacobo et al., 2020) obtuvo un balance neutro para sistemas de pastizales naturales en buena condición debido al pastoreo controlado.

CONCLUSIONES

El análisis en conjunto de los resultados de los indicadores, sugiere que la actividad agrícola logra la mayor producción de energía por hectárea, con la ventaja

de ocupar menor superficie para la producción de alimento, dejándola disponible para otras actividades. Como desventaja, esta producción presenta balance de carbono positivo, principalmente a causa de la disminución de la materia orgánica del suelo.

El sistema silvopastoril, en cambio, es el que menos energía produce, pero con el beneficio de desarrollarse en un sector del campo con pendientes pronunciadas y afloramientos rocosos, que no permitirían el uso de suelo para agricultura. Por otro lado, la cría tiene más emisiones de GEI que las otras etapas del ciclo ganadero, pero si se mira el balance, contemplando la fijación de C por los bosques y pastizales bajo pastoreo, se encuentra que las etapas de recría e internada tienden a comportarse más como emisoras de GEI que la cría, cuando son desarrolladas en confinamiento con alimentación proveniente del cultivo de cereales y oleaginosas. Si se evalúa la integración de la cría, recría y engorde como un ciclo completo, se concluye que la captura de C en la cría logra compensar las emisiones de la recría e internada a corral, ya sea que se desarrollen sobre pasturas o en confinamiento, dejando un saldo de carbono secuestrado positivo, que se traduce en una mejora de las propiedades del suelo y de los servicios ecosistémicos que él brinda al incorporarse en éste como materia orgánica. A su vez este carbono podría ser objeto de comercialización para compensar las emisiones de otros sectores productivos y para generar un reconocimiento económico a los productores que midan y operen a favor de la mejora del desempeño ambiental de sus establecimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Beauchemin, K. A., Janzen, H. H., Little, S. M., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. (2010). Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: A case study. *Agricultural systems*, 103(6), 371-379. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X10000387>.
- Boeckx P, Vervaeke H, Van Cleemput, O. NO and N₂O fluxes from a Belgian forest affected by elevated nitrogen deposition. *Guyana Bot.* 2005;62:72-87. Recuperado de: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-66432005000200003&lng=es&nrm=iso&tIng=en.
- Herrero, M. A., Gil, S. B. (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecología Austral*. 18. 273-289. Recuperado de: <https://produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/93-intensificacion.pdf>.
- Jacobo, E., Cadaviz, N., Vecchio, M. C., & Rodríguez, A. (2020). Estimación del balance de gases de efecto invernadero en sistemas de producción ganadera de la

cuenca del río Salado. *Agriscientia*, 37. Recuperado de: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/27514>.

Parkin, T. B. y Kaspar, T. C. (2006). Emisiones de óxido nítrico de los sistemas maíz-soja en el Medio Oeste. *Revista de calidad ambiental*, 35 (4), 1496-1506.

Viglizzo, E. F., Frank, F., Bernardos de Buschiazso, J. y Cabo, S., (2006). A Rapid Method for Assessing the

Environmental Performance of Commercial Farms in the Pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*. 117(1-3). 109-34. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/6869825_A_Rapid_Method_for_Assessing_the_Environmental_Performance_of_Commercial_Farms_in_the_Pampas_of_Argentina.