



Original

Propuesta metodológica para el cálculo de indicadores ambientales en el engorde de machos vacunos en pastoreo

Methodological Proposal to Calculate Environmental Indicators of Fattening Bovine Males under Grazing Conditions

Jorge Iraola Jerez ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-8521-948X>

Rafaela Dios Palomares ² <https://orcid.org/0000-0003-2153-4020>

Marcos Barros Rodríguez ³ <https://orcid.org/0000-0002-9608-5912>

¹ Instituto de Ciencia Animal, Cuba.

² ETSIAM. Universidad de Córdoba, España.

³ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cevallos, Tungurahua, Ecuador.

* Autor para la correspondencia (email): jiraola@ica.co.cu

RESUMEN

Antecedentes: En los últimos años se ha producido un incremento en la demanda mundial de carne de res. Esta situación ha conllevado a un crecimiento de los sistemas de explotación para satisfacer la demanda de la sociedad. Por consiguiente, esto implicaría un incremento de las acciones antrópicas. Objetivo: definir un método de análisis relacionado con la implicación medioambiental de los sistemas de engorde de vacunos en pastoreo, mediante la construcción de indicadores ambientales (IA).

Métodos: A partir de este estudio se determinó un indicador global para engorde en pastoreo denominado Indicador Ambiental de Pastoreo (IAP). Este indicador global se cuantificó asignándole un factor de riesgo ambiental entre 0 y 100, constituidos por ocho índices parciales y

Como citar (APA)

Iraola Jerez, J., Dios-Palomares, R., & Barros-Rodríguez, M. (2020). Propuesta metodológica para el cálculo de indicadores ambientales en el engorde de machos vacunos en pastoreo. *Revista de Producción Animal*, 32(2).

Recuperado a partir de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3381>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

cada uno se correspondió con una actividad de la explotación ganadera. Se aplicó una escala tipo Likert y se calcularon los pesos estimados para cada índice parcial sobre la base de consultas realizadas a diferentes expertos.

Resultados y conclusiones: Se concluye que el método propuesto permite el estudio y la evaluación de los impactos ambientales en los sistemas de ganado de engorde en pastoreo. Asimismo, constituye una base fundamental para la construcción de índices medioambientales en otros sistemas de producción, donde se podría sustituir las actividades del ganado de engorde por las que correspondan. El método constituye una herramienta valiosa para la detección de impactos y el planteamiento de medidas enfocadas a mitigarlos en cualquier área de producción.

Palabras clave: Impacto ambiental, Ganado de carne, Recursos naturales (*Fuente: BIREME*)

ABSTRACT

Background: Recently, there has been an increase in the global demand of beef. As a result, a higher number of cattle farms have been established to meet the commercial demands, thus producing an increment in the number of anthropic actions. Aim: to define a method of analysis related to the environmental implications of fattening systems for grazing cattle, through a new set of environmental indicators (EI).

Methods: This study helped determine a global fattening indicator under grazing conditions, named Environmental Grazing Indicator (EGI). It was quantified using an environmental risk factor between 0 and 100, with eight partial indexes, each of them corresponding to a particular cattle raising activity. A Likert-type scale was applied, and the weights estimated for each partial index were calculated according to the data provided by different experts.

Results and conclusions: This new method enables the study and evaluation of environmental impacts on cattle fattening systems under grazing conditions. The results of this study lay solid groundwork for the construction of environmental indexes in other production systems, which might replace fattening cattle activities by more specific ones, depending on the conditions. This method is a valuable tool for impact detection, and the application of mitigation measures in any production area.

Key words: Environment impact, beef cattle, natural resources (*Source: BIREME*)

Recibido: 1/3/2020

Aceptado: 13/3/2020

INTRODUCCIÓN

En la literatura científica existen numerosas investigaciones relacionadas con el impacto ambiental del sector ganadero (Arcos, Lascano y Guevara, 2018). Entre ellas destacan: la huella ecológica (Nogueira 2019), los balances energéticos (Halberg, Verschuur y Goodlass, 2005) y el análisis del ciclo de vida (Molina, Olea, Galindo y Arriaga, 2019).

Particular importancia en la actualidad, dentro de la ganadería vacuna, lo tiene la carne de res y su implicación con el impacto ambiental (Hyland, Styles, Jones y Williams, 2016). La huella de carbono es una metodología que se expresa en kg de CO₂ equivalente (CO₂eq), donde se incluyen las emisiones de CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) y permite estimar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante una parte o toda la vida de los vacunos (Röös, Sundberg y Hansson, 2014). Basado en esta metodología, Nijdam Rood y Westhoek (2012) determinaron la huella de carbono para la carne de res. Estos autores encontraron que la misma osciló desde 9 hasta 129 kg CO₂eq por kg de carne producida. Estudios posteriores realizados por Ripoll, de Boer, Bernués y Vellinga (2013) y Ruviaro et al. (2015) consideraron que, en la investigación mencionada con anterioridad, el rango de variación encontrado en la huella de carbono para la carne de res, se debe atribuir a numerosos factores como, el tipo de explotación, la localidad, las prácticas de manejo, los límites del estudio realizado y los recursos considerados, entre otras.

En los últimos años se ha producido un incremento en la demanda de su consumo en países de Asia, África y América (Rodríguez y Morales, 2015). Esta situación, evidentemente conlleva a un crecimiento de los sistemas de explotación para satisfacer la demanda de la sociedad (Tilman y Clark, 2014). Por consiguiente, una mayor demanda de carne de res, implicaría un incremento de las acciones antrópicas, lo que conllevaría a una mayor presión en los agroecosistemas sobre los recursos naturales (suelo, agua, aire) y en la biodiversidad.

Este trabajo se concentra en la implicación con el medioambiente que generan los sistemas de engorde de vacunos en pastoreo. La investigación se desarrolló mediante la construcción de indicadores ambientales (IA), con el objetivo de definir un método de análisis relacionado con los impactos ambientales, relacionados con las actividades más implicadas con la biodiversidad, la degradación de los suelos y la contaminación del agua y el aire, que ejercen estos sistemas de engorde de vacunos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología de construcción del IA de engorde de vacunos en pastoreo.

La metodología que se propone en este estudio para la construcción de indicadores ambientales, se basó en los criterios teóricos descritos por OECD (2008). En este trabajo se definió un indicador global para estimar el factor de riesgo ambiental en sistemas de engorde de machos vacunos en pastoreo. El Indicador Ambiental de Pastoreo (IAP), el cual está sustentado en actividades en condiciones de pastoreo, que son potencialmente negativas sobre los recursos naturales, se cuantifica mediante un factor de riesgo ambiental entre 0 y 100. Los sistemas que tomen valores entre 0-33 tienen un factor de riesgo ambiental bajo, entre 33 y 66 el riesgo se

considerará moderado y por encima de 66 los sistemas presentarán un riesgo alto para el ambiente.

Los datos para calcular este indicador se obtienen a partir de una encuesta estructurada y dirigida a los propietarios o gerentes en cada finca. Las actividades a evaluar para el cálculo del IAP, se conformaron por ocho indicadores o índices parciales ($IAP_1, IAP_2, \dots, IAP_8$). Estos índices recogen los efectos medioambientales de los siguientes aspectos: la siembra de pastizales, el manejo de las pasturas y su nutrición, la inclusión de leguminosas arbustivas, el pastoreo en zonas consideradas de montañas y el acceso a los recursos hídricos superficiales. Estas actividades se pueden realizar mediante tres alternativas diferentes y excluyentes, que a su vez son consideradas como bajo, medio y alto impacto medioambiental. En consecuencia, la alternativa empleada por el ganadero en su explotación, al índice parcial correspondiente se le asignará el valor 0, 50 o 100, según se identifique por el productor.

Para la construcción del IAP, se resume la información referente a los ocho índices parciales mediante una media ponderada. Dado que no todos los índices parciales han de tener la misma importancia en el impacto global, se impone la estimación de una ponderación (w) para cada uno de ellos. Estos valores se establecieron a partir de consultas aplicadas a 13 expertos en aspectos medioambientales de la producción ganadera. Así, cada experto respondió una pregunta relacionada con cada indicador parcial según la escala tipo Likert (Likert, 1932; Cuervo, 2009). Las preguntas tuvieron valores de riesgo ambiental entre 1 y 5, con el valor de 1: el riesgo fue considerado bajo, 2: moderado, 3: intermedio, 4: alto y 5: muy alto. Finalmente, con base a las respuestas, se calcularon los pesos (w).

El IAP, según la finca y el sistema, se calcula mediante la suma ponderada de los valores que toman los indicadores parciales multiplicado por su peso estimado (**Tabla 2**). Mediante este procedimiento, se obtiene una medida estimada global del nivel de riesgo ambiental que genera cada finca. A continuación, se presenta la ecuación general:

$$IAP_i = \sum_{i=1}^n I_i * w_i$$

Donde:

I_i = es el valor de cada indicador parcial en la i -ésima unidad ($j=1, \dots, n$)

w_i = peso asignando para cada indicador parcial en la i -ésima unidad ($j=1, \dots, n$)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Tabla 1**, se muestra el indicador IAP en la primera columna. En la segunda columna se representan los indicadores parciales que componen al IAP y en la tercera las alternativas de

manejo o categorías. Los valores de 0, 50 y 100 que aparecen en la cuarta columna para cada categoría dentro del mismo, son considerados con niveles, bajo, moderado y alto, respectivamente. El peso estimado y los impactos sobre los recursos naturales y la biodiversidad, se pueden ver en las columnas 5 y 6. Con relación a los pesos estimados (w) para cada indicador parcial, se obtuvieron valores homogéneos en correspondencia con los criterios emitidos por los expertos consultados en las encuestas. Los IAP1, IAP2 y el IAP6 tomaron las puntuaciones más altas, lo que indica que las actividades comprendidas en estos indicadores representan un mayor riesgo ambiental, según los expertos, en estos sistemas.

Los indicadores IAP1 e IAP2 (trabajo mecánico del suelo en terrenos llanos y con pendientes, respectivamente), agrupan las labores mecánicas que se realizan en el suelo para la siembra de pastizales encaminadas a fomentar el engorde de vacunos. Esto permite estimar el nivel de riesgo ambiental que ejercen las actividades de labranzas mecánicas sobre el recurso suelo, lo cual está en correspondencia con lo planteado por Mora, Ríos, Ríos y Almario (2017) y Oviedo y Cruz (2018). Por ejemplo, en el IAP1 la actividad que se considera de mayor riesgo ambiental, fue la labranza convencional, luego de talar y quemar áreas boscosas con una puntuación de 100.

En cuanto al IAP2, la labranza convencional a favor de la pendiente fue la actividad de mayor riesgo. Estas actividades tienen serias implicaciones sobre el recurso suelo, y en la contaminación del aire, como consecuencia de las emisiones de gases de CO2 por el uso de la maquinaria y el fuego. Además, según DeClerk (2011) e Iraola, Muñoz, García y Hernández (2015) una reducción de la vegetación afecta la biodiversidad en los agroecosistemas.

Tabla 1. Indicador ambiental para sistemas de engorde de vacunos en pastoreo.

Indicador ambiental de pastoreo (IAP)	Indicadores parciales	Categorías	Valor de riesgo ambiental	Peso (w)	Impacto
	IAP1: Tratamiento mecánico del suelo en terrenos llanos	Labranza mínima	0	0.14	S, A, BD
		Labranza convencional	50		
		Labranza convencional, después de tala y quema	100		
	IAP2: Tratamiento mecánico del suelo en terrenos con pendientes	Labranza mínima utilizando las curvas de nivel	0	0.15	S, A, BD
		Labranza convencional perpendicular a la pendiente	50		
		Labranza convencional a favor de la pendiente	100		
	IAP3: Rehabilitación de pastizales	Rehabilitación con reposo y manejo	0	0.12	S, A, BD
		Rehabilitación con gradeo y fertilizantes químico	50		
		Rehabilitación con fuego controlado	100		
IAP4: Aporte de nutrientes en los pastizales	Introducción de leguminosas	0	0.11	S, RH, A, BD	
	Fertilización orgánica	50			
	Fertilización con agroquímicos	100			
IAP5: Presión de	Sin sobrepastoreo	0		S, RH, BD	

Propuesta metodológica para el cálculo de indicadores ambientales en el engorde de machos vacunos en pastoreo

	pastoreo	Sobrepastoreo en periodo poco lluvioso (PPLL)	50	0.11	
		Sobrepastoreo todo el año	100		
	IAP₆ : Pendiente del área de pastoreo	Pastoreo en pendientes hasta 20%	0	0.14	S
		Pastoreo en pendiente entre 20-60%	50		
		Pastoreo en pendiente mayor de 60%	100		
	IAP₇ : Mitigación de CH ₄ en pastoreo	Utilización de SSP de leucaena entre 50 y 100%	0	0.11	A
		Utilización de SSP de leucaena hasta 50%	50		
		Utilización solo de gramíneas	100		
	IAP₈ : Acceso a las fuentes de agua superficiales	Acceso controlado	0	0.11	RH, S, BD
		Acceso semicontrolado	50		
Acceso libre		100			

Leyenda: para los IAP₁; IAP₂; IAP₃; IAP₄; IAP₅; IAP₆; IAP₇; IAP₈ el factor de riesgo ambiental (0: bajo; 50: medio; 100: alto); Impacto Ambiental: (S: suelo; A: aire; RH: recursos hídricos; BD: biodiversidad)

El IAP₃, valora la rehabilitación de los pastizales. En estas actividades, los ganaderos frecuentemente utilizan maquinaria, fertilizantes químicos y en ocasiones, los pastizales degradados se rehabilitan con fuego controlado. Este indicador, refleja las implicaciones que tienen estas prácticas por parte de los ganaderos hacia el recurso suelo, el aire y en la biodiversidad. Por su parte, sería conveniente destacar que la mayor cantidad de explotaciones destinadas a la ceba vacuna en Cuba, se realiza en condiciones de pastoreo. El uso de la maquinaria con aperos de discos y las quemadas inducidas para establecer nuevas siembras y rehabilitar pastizales, son actividades frecuentes por parte de los ganaderos. De ahí la importancia de reducir el uso de la maquinaria hasta la labranza mínima y eliminar el fuego como práctica de rehabilitación. Esto permitirá minimizar los daños al ambiente y lograr una mayor sustentabilidad de las áreas ganaderas (Iraola *et al.*, 2016).

En el IAP₄ se resumen las acciones implicadas con la incorporación de nutrientes para el desarrollo de las gramíneas. Dentro de estas acciones, el uso excesivo de agroquímicos sintéticos para incrementar el rendimiento de los pastizales, se convierte en la actividad de mayor riesgo en este indicador parcial. Esta práctica, de acuerdo con Börnecke (2014), incrementa el riesgo de contaminación al suelo, el aire, las aguas subterráneas y recursos hídricos superficiales cercanos a estos agroecosistemas. Además, el uso de los agroquímicos puede afectar la biodiversidad.

En este trabajo, el IAP₅ está relacionado con el sobrepastoreo y permite estimar la incidencia sobre los recursos naturales y la biodiversidad. En el manejo de los pastizales, el factor antrópico, constituye un elemento determinante en todo el proceso productivo que se desarrolla en cada finca. En ese sentido, las prácticas inadecuadas de manejo pueden conducir a una reducción de la cobertura vegetal como consecuencia del incremento de la presión de pastoreo y presentar diferentes niveles de degradación en los sistemas de pastizales (Senra, Soto y Guevara, 2010; Milera *et al.*, 2019). Esta situación, puede favorecer la erosión eólica e hídrica de los suelos, la

compactación, el drenaje deficiente, la presencia de cárcavas, así como la reducción de la biodiversidad.

Otro aspecto vinculado con el manejo de los sistemas de pastoreo se analiza en el IAP₆. Este indicador está relacionado al pastoreo en áreas con pendientes. Muchas áreas ganaderas se establecen en terrenos con pendientes de más de 20%, consideradas zonas de montañas, donde su manejo y pastoreo, puede incidir fuertemente sobre la erosión y compactación de los suelos.

Según Benítez *et al.* (2008), el relieve del terreno interactúa con el sistema de conducción de pastoreo y ambos presionan sobre las necesidades de mantenimiento de los rebaños, lo que reduce la capacidad productiva de la cría animal. Además, a medida que crece la pendiente del terreno, se tiende a incrementar la posibilidad de erosión de los suelos. En consecuencia, la acción de pastoreo puede compactar el suelo, reducir la capacidad de infiltración del agua e incrementar la escorrentía y los riesgos de erosión. Por lo tanto, se considera que el manejo del pastoreo en estas condiciones es responsable de la degradación de los suelos.

Dentro del IAP, el IAP₇ incluye las variables que se relacionan con las emisiones de metano en pastoreo. En este caso, la introducción de SSP con leucaena en las áreas de pastizales de gramíneas, puede contribuir a mitigar las emisiones de metano. Los taninos que contiene esta planta contribuyen a reducir las poblaciones de bacterias metanogénicas y mitigar las emisiones de CH₄ al ambiente producto de la fermentación ruminal (Ku *et al.*, 2012). La utilización de los SSP con leucaena, permite también, incrementar la capacidad productiva de los pastizales de gramíneas y mejorar el aporte proteico en la alimentación de los animales. Hasta cierto punto, este indicador posibilita estimar el riesgo ambiental que tienen las fincas con el uso o no de los SSP con leucaena.

Los animales en pastoreo pueden tener acceso a las diferentes fuentes de agua dentro de la finca, que pueden estar protegidas al acceso por parte de los animales o no. En el IAP₈, se indican las acciones relacionadas con el acceso a las diferentes fuentes hídricas como: ríos, arroyos, embalses artificiales y lagunas, entre otros. Siempre que los animales tengan acceso libre a las diferentes fuentes de aguas, constituyen un riesgo potencial para la contaminación de las aguas y pueden contribuir con la degradación de los suelos y afectar la biodiversidad de los ecosistemas (Murgueitio *et al.*, 2015; FAO 2019).

Cálculo práctico del indicador ambiental para sistemas de engorde en pastoreo.

Se pretende demostrar con un ejercicio práctico, la funcionalidad del método de estimación de riesgo ambiental desarrollado en este trabajo para el IAP. Para esto, se comparan diez fincas de engorde de vacunos en pastoreo y se estima el riesgo global de contaminación que provocan al ambiente.

Se asume en este ejercicio práctico que cada finca se maneja según las condiciones específicas de cada lugar y las experiencias del ganadero. En ese sentido, todos los indicadores parciales del IAP están presentes en cada una de las fincas, según las encuestas que se realizan a los propietarios o encargados.

Los datos de base y los resultados del cálculo del índice IAP, para el caso práctico que sirve de ilustración del método, se presentan en la **Tabla 2**. Las columnas de la 2 a la 9 corresponden a cada uno de los ocho índices parciales, desde IAP₁ hasta IAP₈. La fila encabezada con la letra w contiene, para cada índice parcial, el peso que se le asigna a cada uno de ellos como resultado de la consulta a expertos. Desde las filas 3 a la 12, se corresponden con una finca, y recoge, en la columna correspondiente a cada índice parcial, el valor que toma dicho índice, dependiendo de cuál sea la práctica que lleva a cabo la finca y que será un valor entre las tres alternativas: 0, 50 o 100.

La columna 10 se refiere al IAP global de cada finca, que se calcula como media ponderada de sus valores en las ocho columnas al utilizar los pesos (w) como ponderaciones. Así, por ejemplo, para la finca 5 se calcula $50*0,14+100*0,15+\dots+0*0,11=58$.

En la fila 13 “Promedio” se presenta el promedio de las contribuciones (IAP_i*w_i) de cada índice parcial y el total de IAP. Por último, la fila 14 muestra el porcentaje de contribución de cada IAP_i al total del IAP en las fincas analizadas.

Tabla 2. Estimaciones porcentuales de riesgo ambiental en fincas de engorde de vacunos en pastoreo.

	IAP ₁	IAP ₂	IAP ₃	IAP ₄	IAP ₅	IAP ₆	IAP ₇	IAP ₈	IAP
w	0.14	0.15	0.12	0.11	0.11	0.14	0.11	0.11	
Finca 1	100	100	100	100	100	0	100	100	85
Finca 2	50	0	0	50	0	50	50	0	25
Finca 3	0	100	50	100	100	50	100	100	72
Finca 4	0	100	50	50	100	50	100	50	61
Finca 5	50	100	0	100	50	100	50	0	58
Finca 6	50	0	0	50	50	0	0	50	23.5
Finca 7	50	100	0	50	0	50	50	0	40
Finca 8	0	50	50	50	100	100	0	50	49.5
Finca 9	100	50	100	100	100	100	50	100	86
Finca 10	100	50	100	50	100	50	100	100	79
Promedio	7	9.75	5.4	7.7	7.7	7.7	6.6	6.05	57.9
%contribución	12.09	16.84	9.33	13.30	13.30	13.30	11.40	10.45	100

Leyenda: w (peso estimado para cada indicador parcial); Fuente: elaboración propia

Para las fincas 2 y 6, se obtuvieron valores por debajo de 33, con cuatro niveles mínimos de impacto cada una (valor 0), y ninguno máximo (valor 100), por lo que arrojaron un factor de riesgo ambiental bajo en el IAP. En cambio, para las fincas 4, 5, 7 y 8, los valores que se estimaron estuvieron entre 33 y 66, considerados por tanto como un nivel de riesgo ambiental moderado. El resto de las fincas presentaron valores por encima de 66. Esto supondría que las

actividades que realizan los ganaderos en este último grupo de fincas, en comparación con las demás, tienden a tener un mayor riesgo contaminante para el medioambiente.

Por su parte, el promedio global del IAP entre las fincas analizadas, presentó un valor de riesgo ambiental moderado de 57,9. Esto permitiría reflexionar al respecto para desarrollar actividades de capacitación y mejora en esa zona de estudio, dirigidas a reducir aquellas actividades en las prácticas ganaderas que son potencialmente negativas para el ambiente.

Una vez calculado el promedio de impacto, fue interesante conocer de qué aspectos dependió más este nivel global del 57,9. Para ello se calcularon las contribuciones porcentuales al IAP de cada índice parcial. El IAP₃ contribuyó con un 5,4% y el IAP₈ con un 6,05%. Por tanto, estos dos índices parciales fueron los que menos contribuyeron negativamente en el global del IAP. Estos índices recogen las actividades relacionadas con el aporte de nutrientes en los pastizales y el acceso del ganado a los diferentes recursos hídricos superficiales. En ese caso, se podría inferir que los ganaderos tienen mayores conocimientos en la práctica de estas actividades y su implicación negativa sobre los recursos naturales.

El resto de los indicadores parciales, presentaron promedios superiores, lo que podría estar asociado con prácticas inadecuadas de manejo o poca sensibilidad con el medioambiente durante el proceso productivo. Por último, el IAP₂, que recoge las actividades de preparación de suelo en terrenos con pendientes, contribuyó con un 16,84%, por lo que habría que incidir en este indicador en las actividades de capacitación y mejora sobre los aspectos que más afectan, principalmente, al recurso suelo.

CONCLUSIONES

Este trabajo investigó sobre la construcción de indicadores, que permiten estimar el impacto ambiental en sistemas de producción. Se diseñó y especificó una metodología con base a contenidos relativos a los sistemas de engorde de machos vacunos en pastoreo, y los índices estuvieron relacionados con las afectaciones ambientales sobre los recursos naturales y la biodiversidad.

Se definió un indicador global (Indicador Ambiental de Pastoreo) para sistemas de engorde en pastoreo, se cuantificó asociándole un factor de riesgo ambiental entre 0 y 100. La estimación del impacto a través de indicadores definidos de esta forma, entre 0 y 100, con las propiedades de los índices sintéticos, permiten tanto la evaluación de los aspectos que se quieren evaluar, como la comparación entre los impactos en que incurren en diferentes unidades de producción.

La metodología que se presenta, también es compatible con el desglose del impacto total ocasionado por las diferentes actividades de producción, en correspondencia con la naturaleza del sistema de producción que se investigue. En el caso del presente trabajo, enfocado a la ganadería de engorde de machos vacunos en pastoreo, el IAP se dividió en ocho índices parciales. Esta descomposición del impacto, es muy interesante con vistas al planteamiento de correcciones dirigidas a la mejora de actividades concretas en la explotación.

Los índices parciales se estimaron mediante ponderaciones sobre la base de valiosas opiniones de un panel de expertos en impactos medioambientales de sistemas de producción ganaderos. De la aplicación de la encuesta a expertos, se concluye que, aunque hay casi homogeneidad en la gravedad de todas las actividades de manejo, algunas resultan más perjudiciales que otras.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al financiamiento de la Agencia Española de Colaboración Internacional para el Desarrollo, en el programa I.1. “Becas de investigación para y sobre el desarrollo”, para desarrollar esta investigación. También, se agradece a la Universidad de Córdoba y al Departamento de Estadística por el apoyo y las facilidades brindadas para realizar la investigación.

REFERENCIAS

- Arcos, C. N., Lascano, P. J., & Guevara, R. (2018). Manejo de asociaciones gramíneas-leguminosas en pastoreo con rumiantes para mejorar su persistencia, la productividad animal y el impacto ambiental en los trópicos y regiones templadas. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 2(2): 1-31. ISSN: 2602-8220
- Benítez, D., Ramírez, A., Guevara, O., Pérez, B., Torres, V., Díaz, M., Pérez, D., Guerra, J., Miranda, M., & Ricardo, O. (2008). Factores determinantes en la eficiencia productiva de fincas ganaderas de la zona montañosa de la provincia Granma, Cuba. *Cuban J Agric Scien.*, 42(3): 247-253. ISSN: 2079-3480.
- Börnecke, S. (2014). El costo climático del ganado. En: El atlas de la carne. Edts. Heinrich Böll Stiftung. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>
- Cuervo, J. A. (2009). Construcción de una escala de actitudes hacia la matemática (tipo Likert) para niños y niñas entre 10 y 13 años que se encuentran vinculados al programa de pretalentos de la escuela de matemáticas de la Universidad Sergio Arboleda. Tesis de Maestría. Universidad Sergio Arboleda. Colombia.

<https://ww2.ufps.edu.co/public/archivos/ofertaacademica/8c86ed0111abd2ac61fa2f8fc7d99448.pdf>

- DeClerck, F. (2011). Biodiversidad funcional en sistemas agroforestales. Conferencias magistrales internacionales. *Agroforestería Neotropical*, 1: 1-12. ISSN: 2248-7433
- FAO (2019). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Impacto de buenas prácticas de producción ganadera con bajas emisiones de gases de efecto invernadero en la seguridad alimentaria, la nutrición y el medio ambiente. Santiago de Chile. 56 pp. ISBN 978-92-5-131223-0
- Halberg, N., Verschuur, G., & Goodlass, G. (2005). Farm level environmental indicators; are they useful? An overview of green accounting Systems for European farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105: 195-212. DOI: 10.1016/j.agee.2004.04.00
- Hyland, J. J., Styles, D., Jones, D. L., & Williams A. P. (2016). Improving livestock production efficiencies presents a major opportunity to reduce sectoral greenhouse gas emissions. *Agricultural Systems*, 147: 123-131. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.06.006
- Iraola, J., Muñoz, E., García, Y. & Hernández, J. (2015). Caracterización faunística en un sistema silvopastoril destinado al ganado de engorde. *Pastos y Forrajes*, 38(4): 418-424. ISSN: 2078-8452.
- Iraola, J., Muñoz, E., García, Y., Cino, D. M., Hernández, J. L. & Moreira, E. (2016). Estrategia agroecológica de transformación en un sistema de pastizales degradados con un arreglo silvopastoril. *Livestock Research for Rural Development*, 28(120). <http://www.lrrd.org/lrrd28/7/irao28120.html>
- Ku J., Ayala J., Aguilar C., Camacho, J., & Castelán, O. (2012). Emisiones de metano por rumiantes, implicaciones para el medio ambiente. *Revista Ciencia y Desarrollo*. <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/259/articulos/para-publicar.html>.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Arch. Psychology*, 22(140):5-55.
- Milera, M., Machado, R., Alonso, A., Hernández, M., & Sánchez, S. (2019). Intensive rational grazing as alternative for low-emission animal husbandry. *Pastos y Forrajes*, 42(1): 3-12. ISSN 2078-8452.
- Molina, M.; Olea, R.; Galindo, F. & Arriaga, C. M. (2019). Análisis de ciclo de vida de tres sistemas ganaderos tropicales en Campeche, México: Caso de estudio. *Trop. Subtropical Agros*, 22: 127-145. ISSN: 1870-0462

- Mora, M., Ríos, L., Ríos, L., & Almario, J. L. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Ingeniería y Región*, 17(1): 1-12. <https://doi.org/10.25054/issn.2216-1325>
- Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. (2012). The price of protein: a review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37: 760-770. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>
- Nogueira, A. (2019). The ecological footprint. Establishing environmental indicators and their significance for in law. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 10(1): 1-25. <https://doi.org/10.17345/rcda2589>
- OECD. (2008). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide. 158 p, ISBN 978-92-64-04345-9.
- Oviedo, M., & Cruz, O. (2018). Evaluation of sustainability in the production systems of the 29 dairy of the Nazareno Agricultural Company. *Cien Universitaria*, 16(1): 32.
- Ripoll, R., de Boer, I. J. M., Bernués, A., & Vellinga, T. V. (2013). Accounting for multi-functionality in the carbon footprint of lamb: a comparison of three contrasting Mediterranean systems. *Agricultural Systems*, 116: 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.11.002>
- Rodríguez, G., & Morales, M. (2015). Dinámica mundial de la producción y comercialización de la carne de bovino y su impacto en el mercado mexicano. *Economía Actual*, 8(1): 30-34. <http://economia.uaemex.mx/CICE/2015.html>
- Röös, E., Sundberg, C., & Hansson, P. A. (2014). Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors. *EcoProduction*. Springer Singapore, Singapore, 1. ISBN: 978-981-4560-40-5.
- Ruviaro, C. F., de Léis, C. M., Lampert, V. N., Otávio, J., Barcellos, J., & Dewes, H. (2015). Carbon footprint in different production systems on a southern Brazilian farm: a case study. *J. Clean. Prod.*, 96: 435–443. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.037>
- Senra, A., Soto, S., & Guevara, R. (2010). Guía estratégica sobre la base de reservas en alternativas de la ganadería cubana, para enfrentar la crisis económica global y el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 14: 3-18. ISSN: 0188-7890.
- Tilman, D., & Clark, M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 515: 518–522. <https://doi.org/10.1038/nature13959>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

La participación de los autores fue la siguiente (señalar con las iniciales de cada autor separados por comas): Concepción y diseño de la investigación: JI, RDP análisis e interpretación de los datos: JI, RDP, redacción del artículo: JI, RDP, MBR.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.