

EMPLEO DE LA SÍNTESIS EMERGÉTICA PARA DETERMINAR LA SOSTENIBILIDAD DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAPRINA

Dra. C. Yusimí Pérez López*, Dr. C. Yanoy Morejón Mesa** y M. Sc. Jenifer Álvarez Lima***

*Profesor Titular. Facultad de Agronomía
Universidad Agraria de la Habana, Cuba
<https://orcid.org/0000-0002-1810-1171>

E-mail: yusitacar@gmail.com; yusimi@unah.edu.cu

**Profesor Titular. Facultad de Ciencias Técnicas
Universidad Agraria de la Habana, Cuba.

E-mail: ymorejon83@gmail.com, ymm@unah.edu.cu
<https://orcid.org/0000-0002-1125-3105>

***Ingeniera egresada de la Universidad Agraria de la Habana, Cuba
<https://orcid.org/0000-0003-4456-269X>

Resumen

El sector lechero, en particular, el que procede de sistemas de producción caprina representa un eslabón de eminente importancia para Cuba, pues la excelente calidad nutricional de este alimento, lo hace indispensable en la dieta humana, incluso para aquellas personas con limitaciones de salud. Sin embargo, las mayoritarias características convencionales en las tendencias de manejo que imperan en la ganadería caprina actual, distan de un enfoque que les permita ser sostenibles, pues dependen en gran medida de recursos externos no renovables que amenazan la estabilidad de las producciones. Así que, para facilitar la toma de decisiones con vistas a la transición agroecológica se realizó una investigación con el objetivo de determinar la sostenibilidad del sistema de producción caprina en la granja El Guayabal, mediante el empleo de la metodología de síntesis emergética durante los años 2023 y 2024. Se diseñó el diagrama del sistema; se elaboraron tablas de síntesis emergética y se calcularon e interpretaron los índices de desempeño emergético tradicionales y modificados: transformidad, renovabilidad, razón de rendimiento emergético, razón de inversión emergética, razón de carga ambiental e índice de sostenibilidad; también, se determinaron los indicadores económicos: ingreso neto, costos totales, beneficio neto y relación beneficio/costo. El sistema registró altos gastos energéticos, bajos soportes renovables, adecuado potencial para producir energía primaria, elevada dependencia externa, bajo impacto ambiental e insostenibilidad; desde el punto de vista económico las producciones fueron rentables. La rentabilidad del agroecosistema se valida con el análisis económico clásico, pero, la evaluación de síntesis emergética demuestra su insostenibilidad en el tiempo.

Palabras clave: Síntesis emergética, manejo agroecológico, sostenibilidad, producción de leche.

USING EMERGY SYNTHESIS TO DETERMINE THE SUSTAINABILITY OF A GOAT PRODUCTION SYSTEM

Abstract

The dairy sector, particularly that which comes from goat production systems, represents a link of eminent importance for Cuba, since the excellent nutritional quality of this food makes it indispensable in the human diet, even for people with health limitations. However, the majority of conventional characteristics in the management trends that prevail in current goat farming are far from an approach that would allow them to be sustainable, as they depend to a large extent on external, non-renewable resources that threaten the stability of production. Therefore, in order to facilitate decision-making with a view to agroecological transition, research was carried out with the aim of determining the sustainability of the goat production system on the El Guayabal

farm, using the methodology of emergy synthesis for the years 2023 and 2024. The system's diagram was designed; energy synthesis tables were elaborated and the traditional and modified energy performance indices were calculated and interpreted: transformity, renewability, energy yield ratio, energy investment ratio, environmental load ratio and sustainability index; also, the economic indicators were determined: net income, total costs, net benefit and benefit/cost ratio. The system registered high energy costs, low renewable supports, adequate potential to produce primary energy, high external dependency, low environmental impact and unsustainability; from an economic point of view the productions were profitable. The profitability of the agroecosystem is validated by classical economic analysis, but the emergy synthesis evaluation demonstrates its unsustainability over time.

Keywords: *Emergy synthesis, agroecological management, sustainability, milk production.*

I. Introducción

El sector lechero constituye un sector de notable importancia en el escenario agropecuario cubano, debido a la excelente calidad nutricional de este alimento y su demanda de consumo. En el año 2019 se alcanzó una producción nacional de 491 300 000 L (ONEI, 2020). Sin embargo, estos volúmenes no satisfacen los requerimientos de la población ni de la industria, por lo que el país se ve obligado a invertir millones de dólares anualmente, en la importación de significativas cantidades de productos lácteos (Martínez *et al.*, 2017); aspecto que convierte a la producción lechera en un asunto de seguridad nacional.

Para transformar positivamente estos bajos índices productivos, se fomenta la producción de leche caprina que, de igual manera, posee considerables valores nutricionales, de ahí la importancia de promover el crecimiento de la especie caprina para este propósito.

En el territorio nacional predomina el manejo de estos sistemas desde una percepción productivista que simplifica el funcionamiento ecosistémico e incrementa la dependencia de recursos energéticos externos, hecho que constituye una amenaza para la sostenibilidad. En contraposición, la recuperación y crecimiento de la ganadería caprina representa una línea fundamental en la estrategia de desarrollo en las condiciones de Cuba y una premisa para transformar el panorama agropecuario actual (Acosta *et al.*, 2017), en un modelo que asegure su producción, acceso y consumo durante todo el año (Carmenate *et al.*, 2019).

Considerando estos elementos, la síntesis emergética se presenta como una metodología que permite integrar sistemas ecológicos y económicos en términos cuantitativos, empleando la energía como lenguaje común (López *et al.*, 2018).

Propicia la caracterización de las principales fuentes de energía externas al sistema y que dirigen su evolución; la estimación de la contribución de los servicios de los ecosistemas al sistema socioeconómico, como capital natural; la estimación del trabajo de la ecosfera en la dinámica global de los sistemas antrópicos; la realización de una contabilidad ambiental, económico y ecológica integrada sobre bases termodinámicas, con el objetivo de servir a

la toma de decisiones; así como el cálculo de indicadores termodinámicos de rendimiento, impacto y sostenibilidad (Lomas *et al.*, 2007).

Constituye, además, un complemento para comprender las complejas interrelaciones entre las finanzas y el ambiente en que operan los sistemas alimentarios (Giampietro *et al.*, 1994), y permite la evaluación de agroecosistemas, con un fuerte componente científico (termodinámico y ecológico) de las relaciones de interdependencia que se establecen entre los sistemas naturales y los sistemas socioeconómicos.

Como se pretende transformar el panorama actual de la granja El Guayabal, perteneciente a la Universidad Agraria de la Habana, en un escenario cimentado sobre bases sostenibles, es factible el uso de dicha metodología como parte del programa de desarrollo en que se encuentra inmersa, pues apremia estudiar sus diferentes subsistemas desde una visión holística que favorezca la toma de decisiones encaminadas a un funcionamiento armónico.

Se tomó como objeto de estudio el sistema de producción caprina, con el propósito de evaluar la sostenibilidad de la producción lechera empleando la síntesis emergética.

II. Materiales y métodos

La investigación se realizó en un sistema de producción caprina perteneciente a la granja El Guayabal, ubicada a los 23°00'12.5" latitud N y 82°09'57.9" longitud O, en el municipio San José de Las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba; la cual cuenta con una superficie de 36 ha, con un suelo ferralítico rojo típico (Hernández *et al.*, 2015) en toda su extensión, relieve llano y una altura sobre el nivel del mar de 120 m, de acuerdo con el sistema de posicionamiento global.

Las variables climáticas registradas en los últimos cinco años arrojaron temperaturas y precipitaciones promedio anuales de 25 °C y 130 mm, respectivamente. La humedad relativa varía entre 72,8 % (mínimo, en marzo) y 84,6 % (máximo, en diciembre), mientras que la velocidad del viento no supera los 5,00 km/h.

El esquema de trabajo siguió las etapas siguientes:

1. Levantamiento de datos: para realizarlo se seleccionaron los métodos observación no participante (diag-

nóstico integral del funcionamiento del área objeto de estudio, análisis de los registros de datos históricos), entrevistas semiestructuradas a informantes claves, entrevistas al azar a productores/as y la triangulación de la información. Previamente se desarrolló un sondeo de las herramientas para valorar su factibilidad.

2. Caracterización del rebaño y áreas de pasturas: la existencia total de cabras fue de 82 y 107 cabezas en 2023 y 2024, respectivamente; los grupos raciales estuvieron representados por un 52 % criolla cubana, 38 % nubias y 10 % de otros cruzamientos lecheros. Se obtuvo un promedio anual de 52 animales en ordeño en ambos períodos; cargas globales de 2,27 y 2,97 UG.ha⁻¹ e intervalos parto-parto promedio de 198 y 205 días. La producción por cabra en ordeño fue de 1,50 y 1,75 kg/día, para un rendimiento anual de 547,50 y 638,75 kg/año de leche (densidad: 1,0289 kg/L), respectivamente, único producto agropecuario obtenido en este escenario.
3. En las áreas de pastos, la mayor abundancia (51 %) entre las especies botánicas la mostró el saca sebo (*Paspalum notatum* Flüggé.). Para la producción forrajera se dedicaron 2 ha sembradas de king grass CT-115 (*Pennisetum purpureum* cv.), otras 2 ha sembradas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y 2 ha de *Tithonia diversifolia*. Se aplica el pastoreo rotacional con 12 cuartones y un ordeño diario (en la mañana, de 4:00 am-6:00 am).
4. Evaluación de síntesis emergética. Se desarrolló en las cuatro etapas propuestas por Odum (1996):

Diagrama sistémico: con la información obtenida a partir del levantamiento de datos se representaron los límites, componentes, entradas y salidas del sistema, así como los flujos de energía y materiales y las interacciones entre componentes. De modo que quedó expresada la complejidad del sistema durante los años 2023 y 2024, mediante los símbolos universales establecidos. En las diferentes etapas de la metodología, se desglosó la emergía total (Y) considerando los recursos de la naturaleza (I) como renovables (R) y no renovables (N) y como materiales (M) y servicios (S), los recursos de la economía (F).

Tabla de síntesis emergética: los flujos representados en el diagrama sistémico fueron convertidos en una línea de cálculo en la tabla de evaluación de emergía. Se calculó la emergía solar de los bienes y servicios implicados en la producción, para lo cual, se consideró la cuantía en que entró cada flujo al sistema, su transformidad, fracción renovable y factor de conversión. De esta forma, se ponderaron las distintas calidades energéticas y se expresaron en julios solares (sej).

Índices emergéticos: se calcularon e interpretaron los índices de desempeño emergético tradicionales y modificados: transformidad, renovabilidad, razón de rendimiento emergético, razón de inversión emergética, razón de carga ambiental e índice de sostenibilidad (tabla 1). El procesamiento de los índices se realizó mediante el sistema informático EmTable.

Tabla 1. Índices emergéticos

Índices Emergéticos	Expresión	Concepto
Transformidad solar	$Tr=Y/EP$	Emergía total / Energía del recurso
Renovabilidad	$\%R=100(R/Y)$	Entradas renovables / Emergía total
%R modificada	$\%R^*=100((R+Mr+Sr)/Y)$	
Razón de Rendimiento Emergético	$EYR=Y/F$	Emergía total / Recursos de la economía
EYR modificada	$EYR^*=Y/Fn$	
Razón de Inversión Emergética	$EIR=F/I$	Recursos de la economía / Recursos de la naturaleza
EIR modificada	$EIR^*=Fn/(I+Fr)$	
Razón de Carga Ambiental	$ELR=(N+F)/R$	(Recursos no renovables + Recursos de la economía) / Recursos renovables
ELR modificada	$ELR^*=(N+Mn+Sn)/(R+Mr+Sr)$	
Índice de Sostenibilidad Emergética	$ESI=EYR/ELR$	(Emergía total / Recursos de la economía) / [(Recursos no renovables + Recursos de la economía) / Recursos renovables]
ESI modificado	$ESI^*=EYR^*/ELR^*$	

*Índices modificados. Subíndices: r- renovable; n- no renovable.

Análisis económico: el comportamiento financiero del sistema de producción caprino se evaluó a partir de los indicadores propuestos por Funes-Monzote (2009): ingreso neto de la producción, beneficio bruto y relación beneficio/costo (tabla 2).

En el cálculo de los costos totales de producción se consideraron costos fijos y variables: materias primas y materiales (alimento, materiales de la construcción, medicamentos y materiales afines, materiales y artículos de consumo, útiles y herramientas, partes y piezas de repuesto), combustibles (diésel, lubricantes y aceites), energía, salarios, depreciación de activos fijos y servicios profesionales.

Tabla 2. Indicadores económicos

Indicador	UM	Expresión
Ingreso neto de la producción	Miles CUP/ha/año	Ingresos por concepto de leche
Beneficio bruto		Ingreso neto de la producción - Costos totales de producción (costos fijos + costos variables)
Relación beneficio/costo		Ingreso neto de la producción / costos totales de producción (costos fijos + costos variables)

III. Resultados y discusión

Entre los principales resultados obtenidos se muestra el Diagrama del sistema de producción caprina objeto de estudio.

En la figura 1 se representa dicho diagrama y los principales flujos energéticos que inciden en su producción lechera durante los años 2023 y 2024. Las energías provenientes del sol, las precipitaciones y el viento dirigen, básicamente, el resto de los flujos del sistema, ya que comprenden las entradas desde fuentes renovables de la naturaleza.

Las importaciones de mayor representatividad provienen de los recursos de la economía (materiales y servicios) e involucraron electricidad, combustibles, depreciación de equipamientos, alimento animal, artículos de consumo, medicamentos, prestaciones de servicios técnico-profesionales y materiales de la infraestructura.

Como componentes internos al sistema se identificaron los factores, de la biocenosis y del biotopo, que se mantuvieron dentro de sus límites; entiéndase de forma simplificada, pastos y forrajes, árboles, ganado caprino, mano de obra y suelo. En el diagrama se puede observar una escasa complejidad trófica, así como la incorporación al suelo de los residuos orgánicos obtenidos de las deyecciones.

El único producto de interés comercial y alimentario generado en la unidad es la leche. Esta constituye la única fuente de ingreso económico para garantizar los materiales y servicios provenientes de la economía.

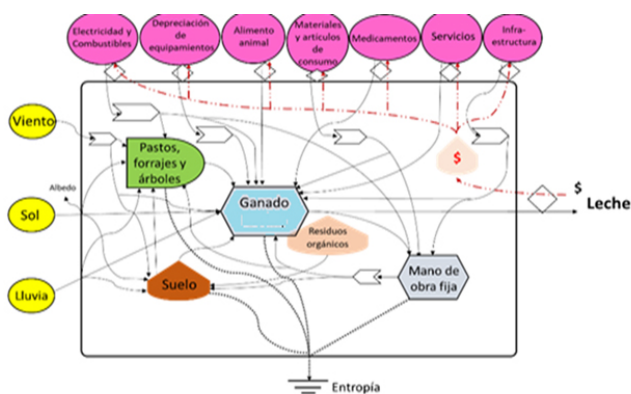


Fig. 1. Diagrama simplificado del flujo de energía en la unidad caprina.

Sobre la base de los fundamentos planteados por Odum (1996), Odum *et al.* (2000), Bassan *et al.* (2015), Cavalett *et al.* (2004), Ortega *et al.* (2002), Brandt-Williams (2002), Bastianoni *et al.* (2005), Coelho *et al.* (2003), se determinaron las entradas correspondientes al año 2023, en las que los recursos renovables de la naturaleza representan apenas el 3,10 % de la emergía total.

Los materiales de la economía ocuparon el 45 % de las inversiones en términos emergéticos, se destaca la utilización de alimento animal (16 %) y la electricidad (11,75 %). Los servicios de la economía proporcionaron la mayor entrada al sistema (54,81 %), debido a la elevada proporción de emergía empleada por concepto monetario en mano de obra fija y servicios profesionales contratados. La emergía invertida en infraestructura fue ínfima y no alcanzó valor porcentual.

Durante el 2023 se emplearon 3050,8 E+12 sel/ha/año de emergía renovable, cifra que representa el 32 % de la emergía total utilizada (9533,75 E+12 sel/ha/año) y destaca la superioridad en el uso de fuentes no renovables de energía (6482,95 E+12 sel/ha/año). Dentro de las contribuciones de la economía, las actividades relacionadas con los servicios

fueron las que aportaron la mayor cantidad de emergía renovable con 2113,20 E+12 sel/ha/año; sin embargo, la utilización de los no renovables también fue destacable, superada solo por los materiales de la economía en 436,47 E+12 sel/ha/año.

En el análisis emergético correspondiente al año 2024, los recursos renovables provenientes de fuentes naturales representaron el 3,21 % de la emergía total, mientras que los materiales y servicios de la economía se mostraron en 33,22 % y 58,31 %, respectivamente. Los materiales utilizados para el mantenimiento de la infraestructura significaron el 0,03 %. Se utilizaron 5340,40 E+12 sel/ha/año de emergía no renovable, lo cual se corresponde con el 58,5 % del total e indica el insuficiente aprovechamiento de las fuentes renovables (3788,48 E+12).

Existió una tendencia similar a la del año anterior en relación con que los mayores aportes renovables se generaron en los servicios de la economía, pues estas contribuciones tienen una fracción renovable de 0,58. A este concepto también se debieron las mayores entradas no renovables, ya que las rutinas de trabajo realizadas por los ganaderos les exigieron 358,7 horas/ha/año.

Esta elevada cifra demuestra la intensificación de la producción agropecuaria, sustentada en la especialización productiva, en la simplificación del manejo del ganado y en una gran utilización de insumos externos (fundamentalmente medicamentos); lo cual, según Jacobo *et al.* (2016) constituye una de las principales causas de la pérdida de los servicios ecosistémicos de regulación y soporte.

Las entradas emergéticas al sistema durante el año 2023 excedieron a las de 2024 en 404,87 E+12 sel/ha/año. Como se aprecia en la figura 2, la diferencia estuvo marcada por la superioridad en cuanto a materiales de la economía empleados. En ambos periodos los servicios de la economía se correspondieron con las mayores cuantías emergéticas, mientras que los recursos renovables de origen natural no implicaron gastos superiores a 4000,00 E+12 sel/ha/año y las inversiones en infraestructura se mantuvieron por debajo de los 3,00 E+12 sel/ha/año.

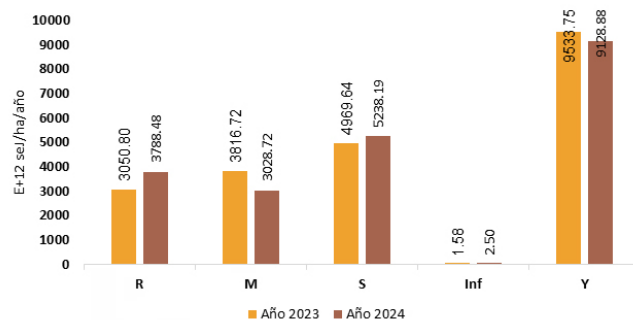


Fig. 2. Representatividad de las contribuciones utilizadas por el sistema. (Leyenda: R: recurso; M: materiales; S: servicios; Inf: infraestructura; Y: energía total)

Indicadores emergéticos

La transformidad solar (Tr) además de ser utilizada como factor de conversión (factor de intensidad emergética) de los flujos energéticos a emergía, brinda información sobre la calidad del sistema.

Durante el año 2023 (tabla 3) el sistema necesitó 2,10 E+06 sel para producir cada J de energía contenido en la leche. En 2024 este valor ascendió a 2,28 E+06 sel/J, lo cual indicó que se produjeron mayores cantidades de transformaciones energéticas que en el periodo precedente, o sea, se produjo mayor gasto energético, pues aunque la energía total utilizada fue inferior, la energía generada en el producto también se redujo, con una diferencia entre ambos años de 0,18 J.ha-1.año-1.

Tabla 3. Indicadores de desempeño emergético

Indicador	Expresión	Unidad	Valor	
			2023	2024
Tr	$Tr=Y/Ep$	sel/J	2,10E+06	2,28E+06
%R	$\%R=100(R/Y)$	%	3,10	3,21
%R*	$\%R=100((R+MR+SR)/Y)$	%	32	35
EYR	$EYR=Y/F$	adimensional	1,03	1,03
EYR*	$EYR*=Y/Fn$	adimensional	1,43	1,63
EIR	$EIR=F/I$	adimensional	31,30	30,16
EIR*	$EIR*=Fn/(I+Fr)$	adimensional	2,00	2,60
ELR*	$ELR*=(N+MN+SN)/(R+MR+SR)$	adimensional	2,00	2,65
ESI*	$ESI*=EYR*/ELR*$	adimensional	0,72	0,61
Y	$Y=I+F$	sel.ha-1.año-1	9,53 E+15	9,12 E+15
EP	$EP=Pa*VC/A$	J.ha-1.año-1	38,2E+06	44,3E+06

(Leyenda: Pa: producción anual, VC: valor calórico de la leche=2,5 MJ/kg; A: área)

La renovabilidad (%R) revela el porcentaje que representa la energía renovable de la naturaleza del total de energía utilizada por el sistema. Elevados valores indican mayores posibilidades de automantenerse en el tiempo, por lo que constituye un medidor de sostenibilidad. La renovabilidad modificada (%R*) comprende los recursos naturales renovables y la fracción renovable del resto de las entradas al sistema.

Los resultados (tabla 3) muestran que la capacidad del sistema de producción caprina para sostenerse a partir de los componentes naturales no superó el 3,10 % (2023) y el 3,21 % (2024) de la energía total utilizada. Cuando se incluyó en el análisis los elementos renovables utilizados por la economía (R*), se exhibió un aumento de 32 % y 35 % en 2023 y 2024, respectivamente; lo cual significa que el soporte renovable del sistema fue apenas de 31,3 y 30,16 % durante cada periodo.

Este comportamiento señala, además, el escaso aprovechamiento de las fuentes energéticas renovables de la naturaleza como el sol, las precipitaciones y el viento, ya que, incluso las renovabilidades parciales generadas por materiales y servicios fueron superiores a las ofrecidas por la naturaleza.

Evaluación económica

Los costos totales de producción fueron superiores durante el 2023 (Tabla 4), se destacaron los gastos en materias primas y materiales, fundamentalmente, los relacionados con artículos de consumo, lo cual, se corresponde con los resultados de desempeño emergético en que los mayores gastos energéticos fueron consecuencia del uso de medicamentos. En ambos años también resaltaron los gastos en salarios, representaron las mayores salidas de 2024, equivalentes a 720 CUP/ha.

El precio de la leche de cabra se define a partir de la calidad que arrojen los análisis de densidad y mastitis (se toma como referencia el precio de la leche de vaca), en caso de resultar un valor dentro de los parámetros deseados, el precio es de 38 CUP/L. Estos precios permitieron que, a pesar de los costos productivos y los bajos rendimientos alcanzados, se ingresara 20 805 CUP/ha/año en 2023 y 24 272,5 CUP/ha/año en 2024 (tabla 4).

Tabla 4. Indicadores económicos, años 2023 y 2024

Indicador	2023	2024
miles de CUP/ha/año		
Ingreso neto de la producción	20,8	24,2
Costos totales de producción (costos fijos + costos variables)	2,22	1,95
Materias primas y materiales	0,65	0,49
Combustibles	0,02	0,01
Energía	0,20	0,13
Salarios	0,63	0,72
Depreciación de activos fijos	0,17	0,12
Servicios profesionales	0,37	0,48
Beneficio bruto	23,02	26,15
Relación beneficio/costo	9,36	12,41

*1 CUC (peso convertible cubano) = 1 CUP (moneda nacional cubana).

La relación beneficio/costo reveló que el sistema fue rentable. Por cada CUP invertido en 2023 ingresaron 9,36 CUP, indicador que aumentó en 2024 en que se obtuvieron 12,41CUP/CUP invertido.

IV. Conclusiones

El análisis económico clásico valida la rentabilidad del agroecosistema, sin embargo, la evaluación de síntesis emergética demuestra que es insostenible en el tiempo.

La aplicación de la metodología de síntesis emergética evidencia que no solo los gastos y los ingresos por concepto monetario determinan la sostenibilidad de un agroecosistema.

Las contribuciones realizadas por la naturaleza, las actividades antropogénicas y los materiales económicos; así como los indicadores de desempeño emergético deben ser considerados en el diseño de agroecosistemas sobre bases sostenibles.

V. Referencias bibliográficas

- Acosta, A.; Betancourt, J.; Bu, A.; Fernández, P.; Mok, L.; Morales, C. *et al.* (2017) *Estudio sobre la competitividad de la producción lechera cubana*. La Habana, Cuba: FAO.
- Bassan, E. E.; Arcaro, I. & Ambrosio, L. A. (2015). *Sustainability of milk production system: Capital diagnosis and emergy synthesis*. Emergy synthesis 8. In Proceedings of the 8th Biennial Emergy Conference
- Bastianoni, S.; Campbell, D.; Susani, L. & Tiezzi, E. (2005). The solar transformity of oil and petroleum natural gas. *Ecological Modelling*, 186(2), 212-220. doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.01.015
- Carmenate Figueredo, O.; Pupo Feria, C. & Herrera Toscano, J. A. Propuesta de acciones para la reconversión agroecológica de una finca en el municipio Las Tunas. *Cooperativismo y Desarrollo*. 7(2): 264-274. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-340X2019000200264&lng=es&tlng=es
- Cavalett, O.; De Queiroz, J. F. & Ortega, E. (2006). Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. *Ecological Modelling*, 193(3-4), 205-224. https://www.academia.edu/download/40677888/Energy_assessment_of_integrated_production20151207-22792-11dfqrk.pdf
- Ortega, E.; Cavalett, O.; Pereira, C.; Agostinho, F. & Storfer, J. (2011). Are biofuels renewable energy sources? Laboratory of Ecological Engineering, Food Engineering School, UNICAMP, Campinas, 7 https://www.academia.edu/download/42506489/ARE_BIOFUELS_RENEWABLE_ENERGY_SOURCES20160209-26039-106ia78.pdf
- Coelho, O.; Ortega, E. & Comar, V. (2003). Balanço de Emergia do Brasil (*Dados de 1996, 1989 e 1981*). (Emergy balance of Brazil-Statistics of 1996, 1989 e 1981). Statistics.
- Funes Monzote, F.R. (2009). Agricultura con futuro. *La alternativa agroecológica para Cuba*. Estación Experimental "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas. 176p.
- Giampietro, M.; Bukkens, S. G. & Pimentel, D. (1994). Models of energy analysis to assess the performance of food systems. *Agricultural Systems*, 45(1), 19-41. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X9490278X>
- Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D. & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA. 93 p.
- Jacobo, E.; Rodríguez, A.; González, J. & Golluscio, R. (2016). Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agriscientia*, 33(1), 1-14. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2016000100001&lng=es&tlng=es
- Lomas, P.L.; Di Donato, M. & Ulgiatiet, S. (2007) La síntesis emergética: una valoración de los servicios de los ecosistemas con base termodinámica. *Revista Ecosistemas*. 16 (3): 37-45. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=497>
- López Bastida, E. J.; García Martínez, Y. & Valdés López, A. (2018). Evaluación de la sostenibilidad de la producción de azúcar crudo mediante el análisis emergético. *Centro Azúcar*, 45(2), 59-67. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612018000200006&script=sci_arttext
- Martínez Vasallo, A.; Ribot Enríquez, A.; Villoch Cambas, A.; Montes de Oca, N.; Remón Díaz, D. & Ponce-Ceballos, P. (2017). Calidad e inocuidad de la leche cruda en las condiciones actuales de Cuba. *Revista de Salud Animal*, 39(1), 51-61. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-570X2017000100007&script=sci_arttext
- Odum, H. T. (1996). *Environmental Accounting, Emergy and Environmental Decision Making*. United States of America: John Wiley & Sons
- Odum, H. T.; Brown, M. T. & Brandt-Williams, S. (2000). *Folio# 1: Introduction and global budget*. Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios. Center for Environmental Policy, Univ. of Florida, Gainesville.
- Oficina Nacional de Estadística e Información. (2020). Sector agropecuario indicadores seleccionados. Anuario estadístico de Cuba 2019. *En Anuario estadístico de Cuba 2019*. Edición 2020.
- Ortega, E., Anami, M. & Diniz, G. (2002, September). *Certification of food products using emergy analysis*. In Proceedings of III International Workshop Advances in Emergy Studies (pp. 227-237). https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Ortega-6/publication/228417169_Certification_of_food_products_using_emergy_analysis/links/odeec51f416c017e82000000/Certification-of-food-products-using-emergy-analysis.pdf

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflicto de intereses vinculados con la investigación presentada.

Contribución de los autores:

Conceptualización: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López
Curación de Datos: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López
Análisis Formal: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López
Investigación: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López
Metodología: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López, J. Alvarez Lima
Supervisión: Y. Morejón Mesa, Validación: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López
Redacción-borrador original: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López
Redacción-revisión y edición: Y. Morejón Mesa, Y. Pérez López

Recibido: 25 de junio de 2024

Aceptado: 15 de julio de 2024