

Funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos en Cuba

Functions of ecosystemic services in animal husbandry systems in Cuba

Milagros de la Caridad Milera-Rodríguez <https://orcid.org/0000-0001-8531-3425>

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. Correo electrónico: mmilera@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Analizar las funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos para la producción de alimentos de forma sostenible en Cuba.

Materiales y Métodos: Se analizó la situación actual de los servicios ecosistémicos como componentes de los sistemas ganaderos, con prioridad en los de aprovisionamiento, como son el suelo, la biodiversidad de especies, los recursos zoogenéticos, el agua y la energía.

Resultados: En cualquier sistema de producción de alimentos, el enfoque sistémico y la valoración acerca del cuidado de los servicios ecosistémicos es crucial, ya que constituyen la fuerza motriz para la protección del medio ambiente y el bienestar humano. Si bien todos los servicios ecosistémicos participan de manera importante, es esencial el cuidado del suelo, el agua y la biodiversidad porque ellos son la base de la pirámide que soporta todos los recursos ecosistémicos. Existen evidencias innovadoras en sistemas de producción agropecuarios sobre bases agroecológicas que avalan la necesidad de cambiar la manera de pensar, de habitar y transitar hacia una reconversión de los sistemas convencionales.

Conclusiones: Los servicios ecosistémicos se enfocan desde una visión integradora, y es el manejo agroecológico el que permite la comprensión de sus beneficios. La agroecología se fundamenta en el cuidado de los recursos naturales y considera la multidimensionalidad de los sistemas y las interacciones, al incluir el factor humano y el conocimiento local, elementos que hacen viable la seguridad alimentaria.

Palabras clave: agroecología, integración, manejo sostenible

Abstract

Objective: To analyze the functions of ecosystemic services in animal husbandry systems for sustainable food production in Cuba.

Materials and Methods: The current situation of ecosystemic services as components of animal husbandry systems was analyzed, with priority given to the provisioning ones, such as the soil, species biodiversity, animal genetic resources, water and energy.

Results: In any food production system, the systemic approach and appraisal about the protection of ecosystemic services is crucial, because they constitute the motor force for environment protection and human welfare. Although all the ecosystemic services participate in an important way, the conservation of soil, water and biodiversity is essential because they are the basis of the pyramid that supports all the ecosystemic resources. There is innovative evidence in agricultural production systems on agroecological bases that supports the need to change the way of thinking, inhabiting and moving towards reconversion of conventional systems.

Conclusions: Ecosystemic services are focused from an integrating vision, and it is agroecological management the one that allows the understanding of their benefits. Agroecology is based on the protection of natural resources and considers the multidimensionality of systems and interactions, including the human factor and local knowledge, elements that make food security viable.

Keywords: agroecology, integration, sustainable management

Introducción

La concepción del proceso de producción de alimentos desde un enfoque sistémico implica la existencia de determinados elementos, que determinan no solo el comportamiento del sistema, sino

sus posibilidades productivas. En la actualidad, Cuba atraviesa un momento de grandes afectaciones que atentan contra el desarrollo de la sociedad. Ante el enfrentamiento al cambio climático y a la pandemia de la COVID-19, no todos los enfoques

Recibido: 13 de enero de 2021

Aceptado: 16 de agosto de 2021

Como citar este artículo: Milera-Rodríguez Milagros de la Caridad. Funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 44:eE22, 2021.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

y soluciones que antes resultaron funcionales son aplicables al contexto actual.

En este sentido, la relación suelo-aire-agua-planta-animal-clima-energía no se puede manejar linealmente como hasta ahora (invertir-producir-consumir-botar). El cambio climático, el crecimiento de la población mundial, el deterioro del suelo y de la biodiversidad, entre otros, implican que se consideren otras condicionantes, que requieren de otros métodos de manejo del agroecosistema.

Los servicios ecosistémicos (SE) tienen una estrecha correspondencia con la relación suelo-aire-agua-planta-animal-clima-energía en los ecosistemas ganaderos. Comprenden la formación de suelos, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la regulación hídrica, la provisión de recursos fitogenéticos y zoogenéticos, la belleza paisajística, los descubrimientos científicos, entre otros. Estos constituyen la fuerza motriz para el cuidado del medio ambiente y el buen vivir (Carmacho-Valdez y Ruíz-Luna, 2012).

El agotamiento de los recursos naturales disponibles sobrepasa la capacidad de regeneración de los ecosistemas. Para revertir este proceso es necesario cambiar el paradigma de la economía, de modo que se prolongue la vida útil de dichos recursos en el sistema.

La economía circular es un modelo de producción y consumo, que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes para crear un valor añadido. En la práctica significa reducir los residuos al mínimo. El cambio para la energía sostenible conduce solamente a 55 % de la reducción en las emisiones, mientras que el 45 % restante resultará de la manera de hacer y usar los productos y de la forma de producir los alimentos y administrar la tierra. Es decir, de la economía circular que se implemente para el beneficio del planeta (Ingrassia, 2019).

El mejor sistema agrícola que podrá enfrentar los desafíos futuros es el que se basa en principios agroecológicos que exhiben altos niveles de diversidad y resiliencia, al tiempo que ofrece rendimientos razonables y servicios ecosistémicos. La agroecología propone restaurar los paisajes que rodean las fincas, lo que enriquece la matriz ecológica y sus servicios ecosistémicos, como el control natural de plagas y la conservación de agua y suelo, entre otros (Altieri y Nicolls, 2020).

Teniendo en cuenta la situación que atraviesa el mundo, relacionada con el enfrentamiento a la pandemia y al cambio climático, y ante la urgencia

de producir alimentos, conocer y utilizar adecuadamente los SE es una oportunidad que, a mediano y largo plazo, posibilita la construcción de sistemas más resilientes y sostenibles. El objetivo de este estudio es analizar las funciones de los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos para la producción de alimentos de forma sostenible en Cuba.

Materiales y Métodos

A partir de la revisión de más de 100 artículos científicos, publicados en bases de datos de prestigio internacional, se analizó la situación actual de los servicios ecosistémicos, como componentes de los sistemas ganaderos. Se priorizó los temas de aprovisionamiento, tales como el suelo, la biodiversidad de especies, los recursos zoogenéticos, el agua y la energía.

Resultados y Discusión

Servicios ecosistémicos. Los SE han sido definidos como servicios ambientales que las personas obtienen de la naturaleza. Se manifiestan en forma de valores o de bienes y servicios (Arenas, 2017). Aunque son cuatro, uno de ellos soporta los tres restantes, denominados servicios ecosistémicos de soporte:

1. *Servicios de soporte o apoyo.* Son necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos: dispersión y reciclaje de nutrientes y de semillas, producción primaria, hábitat, conservación de la diversidad.
2. *Servicios de aprovisionamiento o abastecimiento.* Se trata de productos obtenidos del ecosistema: alimentos, agua, materias primas bióticas, materiales de construcción, materiales geotécnicos, combustibles renovables, recursos genéticos, recursos ornamentales, recursos bioquímicos de distintos usos farmacológicos y medicinales.
3. *Servicios de regulación.* Comprende los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema y hacen posible la vida. Mejoran la calidad del aire, captura y almacenamiento de carbono, regulación del clima, regulación del ciclo del agua, control de la erosión, mantenimiento, fertilidad del suelo, reciclado de desechos y purificación de aguas residuales, control de plagas y enfermedades, polinización de cultivos, reducción de daños ante catástrofes naturales.
4. *Servicios culturales.* Son valores o beneficios no materiales, que se obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento personal o espiritual, el desarrollo cognitivo, el disfrute de la

naturaleza y los placeres estéticos que ofrecen los ecosistemas. Son inspiradores de la diversidad cultural, religiosa e intelectual. Los ecosistemas reflejan la educación formal e informal de una sociedad y constituyen una fuente de inspiración para el arte, el folklore, los símbolos nacionales y regionales; la arquitectura y la publicidad. El patrimonio natural es parte del patrimonio de muchas sociedades. Tanto es así que muchas personas pasan su tiempo libre con la naturaleza, por los servicios recreativos de ecoturismo que ella oferta, además de que en sí misma constituye el laboratorio para la experimentación y el incremento del conocimiento científico.

Los servicios ecosistémicos se podrían clasificar en varios grupos, según el prisma desde el que se miren. El agua dulce, por ejemplo, pudiera estar entre los cuatro tipos de servicios.

Al margen del concepto de SE, existe una amplia discusión acerca del concepto de pagos por servicios ecosistémicos (PSE) o ambientales, debate que ha trascendido las fronteras académicas y se ha convertido en un instrumento importante de la política pública, de gran influencia en varios países de América Latina y el Caribe.

Existen tres argumentos que critican el PSE:

1. Se trata de una definición antropocéntrica, en lugar de reconocer el valor intrínseco de la naturaleza.
2. Entiende la conservación como un medio para llegar a un fin, para producir ingresos que sirven al interés de los seres humanos, y no como un fin en sí mismo.
3. Se podría utilizar como un mecanismo basado en los derechos de propiedad, que podría dar lugar a una privatización general de los recursos de acceso abierto, como el agua y el aire.

A pesar de las objeciones teóricas antes referidas, se ha aplicado el pago en países desarrollados y en desarrollo que tratan de combatir el cambio climático (Eslava, 2017).

Todos los SE son importantes, pero los de aprovisionamiento tienen una función influyente en los productos que se pueden obtener de los ecosistemas y, en los que el suelo es la base de la pirámide. En momentos de emergencia climática es importante conocer sus funciones y cómo contribuir a su cuidado.

Suelo. El suelo es un recurso natural, finito y no renovable, que presta diversos servicios. Entre ellos se encuentra el que tiene que ver con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la

vida, que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. Según señala Burbano-Orjuela (2016), el suelo sirve de base a las actividades humanas y es un elemento del paisaje y del patrimonio cultural. Por los servicios ambientales que presta y promueve para el beneficio de las personas, adquiere la categoría de bien social.

El informe mundial sobre la situación del suelo señala que la erosión, la pérdida del carbono orgánico y el desequilibrio de sus nutrientes, constituyen, a escala global, las amenazas más significativas que afectan el desempeño de sus funciones. Todo indica que la situación se agravará, salvo que el sector privado, los gobiernos y las organizaciones internacionales tomen acciones concertadas y acertadas hacia una gestión sostenible del suelo (FAO, 2016).

En Cuba, 71,2 % de los suelos se distribuyen en las categorías de poca a muy poca productividad, y se hallan afectados por factores edáficos limitantes, que impiden alcanzar rendimientos potenciales (CITMA, 2020). Burbano-Orjuela (2016) clasifica las categorías agroproductivas de los suelos en:

1. Suelos que permiten a los cultivos expresar más de 70 % de su potencial.
2. Suelos que facilitan que los cultivos expresen entre 51 y 70 % de sus potencialidades.
3. Suelos que permiten que los cultivos expresen entre 30 y 50 % de su potencial.
4. Suelos que solo logran que el cultivo exprese su potencial hasta 30 %.

El suelo, como recurso, cumple las siguientes tareas:

- *Participa en la producción de alimentos y biomasa.* Del suelo resulta, en forma directa o indirecta, más del 95 % de la producción mundial de alimentos. No obstante, su degradación es un problema mayor que amenaza la producción de alimento en el planeta.
- *Almacena o fija el C.* Constituye el mayor proveedor de C en la naturaleza (el C almacenado en el primer metro de suelo es 1,5 veces superior al acumulado en la vegetación).
- *Almacena y filtra el agua.*
- *Es el soporte de las actividades humanas y fuente de materias primas.* Sobre el suelo se realizan actividades industriales, se habilitan zonas residenciales, se construyen carreteras y otras obras civiles.
- *Constituye una reserva de biodiversidad.* El enorme número de organismos que viven en él lo convierten en fuente de la biodiversidad.
- *Es un depósito del patrimonio geológico y arqueológico.*

- *Constituye el entorno físico y cultural de la humanidad.*

En el 2015, el Instituto de Suelos realizó estudios agroquímicos en las principales empresas ganaderas de Cuba, que representan 12 % del área dedicada a la ganadería, de las que se muestreó 25 %. A ellas corresponde la mayor producción de leche y carne del país, y poseen además, la más alta concentración de masa vacuna. El análisis indicó que 90,6 % del área agrícola utilizable en esas empresas estuvo afectada por uno o más factores limitantes: 45 % con baja fertilidad natural, 30 % con poca profundidad efectiva, que reduce el volumen de agua y nutrientes disponible para el sistema radicular; 20,5 % con baja capacidad de retención de humedad, entre los más importantes (Lok-Mejías, 2016).

No obstante a lo anterior, en una isla estrecha y larga, sin grandes riquezas naturales, se necesita acelerar la entrega de tierras que permanecen ociosas para producir alimentos. Según Figueredo-Reinaldo *et al.* (2019), en Cuba, en el año 2017, las áreas ociosas ocupaban 917 299 ha, con una tercera parte de ellas disponibles para entregar a productores para su cultivo, lo que implicaría priorizar el cuidado del suelo y el agua.

El manejo del suelo tiene una importancia significativa en las propiedades del sistema y en los componentes y procesos que sirven de base a los servicios que el suelo brinda. Entre las prácticas de manejo más utilizadas para mejorar las funciones del suelo están el laboreo mínimo, el desmalezado manual de arvenses, la aplicación de abonos orgánicos, minerales y abonos verdes; además del uso del compostaje y el humus de lombriz, la asociación de leñosas forrajeras multipropósito a gramíneas naturalizadas y mejoradas en los potreros (SSP), el manejo racional intensivo (PRV), entre otros. Todas estas prácticas pueden contribuir significativamente a promover cambios en los servicios suministrados al ecosistema.

Con el manejo del PRV (altas cargas y tiempos de reposo necesarios para la recuperación) se logra una alta deposición de heces y orina en las áreas de pastoreo, entre 29,2 y 56,9 t de excretas/ha/año (Huerta *et al.*, 2018; Domínguez-Escudero, 2020), lo que aumenta positivamente el reciclaje de nutrientes en el sistema. Desempeña aquí una función determinante la biota edáfica, al utilizar las bostas como microhábitat y contribuir al proceso de descomposición (Pinheiro-Machado, 2016). En estudios realizados en Cuba, con manejo intensivo y altas cargas instantáneas en monocultivo de gramíneas, se registró un déficit anual de nutrientes de

solo 2 y 9 kg/ha de N y P, con balance positivo de K (Crespo, 2018).

Domínguez-Escudero (2020), en un sistema de PRV en Panamá, encontró que el sistema recicló 256,0; 74,0 y 93,0 kg de N, P, K respectivamente, cifras superiores a las informadas con fertilizantes minerales en sistemas de secano en Cuba, correspondientes al último tercio del siglo XX.

Los organismos del suelo aportan, a su vez, servicios fundamentales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Constituyen el principal agente del ciclo de los nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, la retención del carbono y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI); además modifican la estructura material del suelo y los regímenes del agua y mejoran la cantidad y eficacia de la adquisición de nutrientes de la vegetación, así como la salud de las plantas.

El manejo del PRV, sin fertilizantes químicos y con una alta carga instantánea, promueve la biodiversidad de especies y una alta descarga de excreta, lo que favorece la aparición de los grupos que conforman la macrofauna (en especial, los oligoquetos) y que contribuyen al enterramiento de la materia orgánica, mejoran la estructura y porosidad del suelo y disminuyen en 35,5 % la cantidad de insectos (Sánchez *et al.*, 1997).

Martín-Martín *et al.* (2019) evaluaron varias fincas con diferentes usos del suelo y observaron diversas respuestas en los grupos funcionales de la biota edáfica (detritívoros, ingenieros, herbívoros, depredadores) en función del sistema. Los detritívoros se encontraron más abundantes, significativamente, en la finca que disponía de sistemas silvopastoriles, debido a la alta disponibilidad y calidad de la hojarasca de los árboles, la humedad y la menor perturbación.

Además de la aplicación de abonos orgánicos, compost, intercalamiento de leguminosas, abonos verdes, entre otros, una alternativa para la mejora de las funciones de los suelos destinados a la ganadería es la utilización de inoculantes diversos, producidos por diferentes instituciones científicas con excelentes resultados en áreas de producción de semilla y en las forrajeras.

Entre los inoculantes se destacan el Biofer® y la Fosforina®, producidos por el Instituto de Suelos, el Azofert-F® y el EcoMic®, del Instituto Nacional de Ciencias Agrarias; el Nitrofix®, del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar; el Dimargon®, del Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical Alejandro de

Humboldt; además del fertilizante Agromenas-G, del Centro de Investigaciones para la Industria Mínero-Metalúrgica y el IHPLUS® BF, de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.

Otra alternativa para mejorar las propiedades del suelo es el empleo de los biocarbonos, producidos a partir del reciclaje de los cortes y podas de arbóreas forrajeras destinadas a la alimentación animal y de plantas invasoras arvenses. Estos, cuando son enriquecidos con el IHPLUS® BF y los sustratos obtenidos de su mezcla con compost, permiten ampliar las posibilidades de restaurar el suelo y nutrir las plantas (Díaz-Solares *et al.*, 2020; Pentón-Fernández *et al.*, 2020).

Agua. Los ecosistemas de agua dulce y los bosques tropicales son los ambientes más biodiversos del mundo. Ellos contribuyen considerablemente al suministro de servicios ecosistémicos a través de procesos ecológicos. Sin embargo, la pérdida progresiva de la biodiversidad ocasiona que estos ecosistemas sean más vulnerables, afectando su capacidad de adaptación.

El vertiginoso crecimiento en el consumo de agua, a escala mundial, se debe a tres causas principales:

1. El desarrollo industrial.
2. *El crecimiento de la población.* Se estima que, hacia el año 2025, existirán 2.500 millones de personas más que hoy en día, a las que habrá que abastecer y alimentar.
3. *La expansión de la agricultura de regadío.* De unos 50 millones de ha, regadas a principios del siglo pasado, ha llegado a más de 250 millones hoy día.

Existe una estrecha relación entre agua-agricultura-energía. La agricultura es el mayor consumidor de agua, y representa 70 % de sus extracciones en todo el mundo. La industria y la energía juntas representan 20 % de su demanda. Los países más desarrollados tienen una proporción mucho mayor de extracciones de agua dulce para la industria que los países menos desarrollados, en los que predomina la agricultura (ONU-DAES, 2014).

En Cuba, los recursos hídricos aprovechables se evalúan, aproximadamente, en 24 000 millones de m³ anuales, y corresponden 75 % a las aguas superficiales y 25 % a las subterráneas. La mayoría de las provincias tiene valores de estrés hídrico por encima del 50 %, por lo que se debe prestar especial atención a la política del uso racional de los recursos hídricos, si se tiene en cuenta la influencia del cambio climático (González-Piedra y Domínguez-Pastrana, 2019).

Los recursos hidráulicos disponibles a partir de la infraestructura hidráulica ascienden a 13 904 millones de m³. El desarrollo de dicha infraestructura en Cuba permite poner 58 % de los recursos aprovechables a disposición de las demandas económicas, sociales y ambientales. La infraestructura actual cuenta con 242 embalses, los que almacenan algo más de 9 000 millones de m³. A ellos se unen 58 derivadoras, 729 micropresas, 810,95 km de canales magistrales, 16 grandes estaciones de bombeo y 1 400,1 km de diques. En la última década, el volumen de agua entregado anualmente para todos los usos osciló entre 6 000 y 8 000 millones de m³. Más de la mitad se utilizó en producciones agrícolas (CITMA, 2020), fundamentalmente en el cultivo del *Oryza sativa* L. (40 % de las necesidades). No obstante, en la ganadería, aproximadamente 0,7 millones de bovinos se trasladan a otros lugares cada año durante la época de sequía, en busca de fuentes de abasto de agua, mientras que miles de animales reciben el agua en pipas, por lo que el abasto de agua es un fuerte y significativo consumidor de energía eléctrica y combustible en este sector productivo, lo que la hace vulnerable en cuanto a las fluctuaciones de su disponibilidad y precio. En el año 2020 se aprobó la ley sobre abasto de agua a los animales, la cual regula las cantidades a suministrar por categoría en el ganado vacuno (Ministerio de Justicia, 2020).

Otro aspecto importante, al que tampoco se le ha prestado la debida atención, es la captación de agua de lluvia, que es fácil de obtener para el consumo humano y el uso agrícola. Como todo sistema, presenta ventajas y desventajas. Entre sus ventajas, se puede citar que no queda sujeta a interrupciones en la red de abasto, reduce el escurrimiento y la erosión y su disponibilidad es independiente de empresas de servicios públicos; además de disminuir los criaderos de mosquitos. El agua es pura y suave por naturaleza, gratis para quienes la recolectan, libre de cloro y de subproductos y pesticidas, entre otras de sus bondades. Como desventajas, se sabe que no es controlable durante la sequía, que se puede contaminar por los animales, materias orgánicas y contaminantes atmosféricos. Las cisternas aumentan los costos de construcción, lo que constituye una limitación para las familias de bajos recursos, y si no se protegen puede inducir la presencia de mosquitos (Torres-Hugues, 2019).

Diversidad de especies. El término biodiversidad hace referencia a la pluralidad de organismos vivos que habitan el planeta en todos los niveles. La

biodiversidad se clasifica en genética, de especies y de ecosistemas. El conjunto de esos agregados y complementos integran la biosfera (OCREZ, 2014). La diversidad biológica sostiene el funcionamiento de los ecosistemas y proporciona los servicios esenciales para el bienestar humano. Ella garantiza la seguridad alimentaria, la salud humana, el suministro de aire y el agua potable, por lo que contribuye a los medios de subsistencia y al desarrollo económico para lograr los objetivos de desarrollo sostenible.

Entre los desafíos más importantes que enfrenta el mundo se halla la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad. Según Sarandón (2009), la agricultura es la actividad principal en el cambio de uso de la tierra, que ha transformado los ecosistemas en agroecosistemas. En Cuba, la pérdida de la diversidad biológica se reconoce como uno de los problemas ambientales que afectan al país. Existen diferentes causas que impulsan la pérdida de la biodiversidad: la sobreexplotación de las áreas agropecuarias, la contaminación, la pérdida de hábitat, las especies exóticas invasoras y el cambio climático.

Con relación a la agrobiodiversidad, Nieto-Rodríguez (2017) reseña su clasificación y su relación con los servicios ecosistémicos. Clasifica así los componentes de la agrobiodiversidad: diversidad planeada, asociada y circundante.

La diversidad planeada se refiere a los cultivos sujetos a incorporación deliberada y manejo específico. Por diversidad asociada se entiende la flora y fauna silvestre sostenida por la finca, que coloniza los agroecosistemas después que han sido estructurados por el agricultor; incluye todas las especies silvestres relacionadas con especies domesticadas, que se pueden cruzar y contribuir con la reserva genética de sus cultivos, además de sobrevivir autónomamente y combatir plagas y enfermedades de los cultivos. La diversidad circundante comprende las especies silvestres que surgen de comunidades naturales y que, a vez, son parte de otro agroecosistema; benefician los ambientes agrícolas mediante la provisión, protección, sombra y regulación del agua subterránea.

En Cuba se han descrito varias formaciones vegetales. De manera general, se pueden agrupar en bosques, matorrales, vegetación herbácea, complejos de vegetación y vegetación secundaria, donde habitan aproximadamente 50 % de las plantas vasculares y 42 % de los vertebrados terrestres del mundo, concentrados en torno al 2,3 % de la superficie terrestre del planeta. Los insectos, seguidos de los

hongos y plantas (angiospermas y gimnospermas), representan 76 % de la biodiversidad terrestre cubana conocida (Mancina y Cruz, 2017).

Para la alimentación del ganado en Cuba existe una riqueza de especies endémicas de la familia de las leguminosas, que son de aceptable valor nutritivo. Sin embargo, entre las gramíneas, las especies de la flora endémica tienen poco valor forrajero o nutricional, lo que ha servido de fundamento para organizar el programa de investigaciones dirigido a la introducción, evaluación y utilización de especies forrajeras y pratenses, con el propósito de su utilización en el programa de desarrollo ganadero de la isla (Blanco-Godínez *et al.*, 2017). Más de 5 000 cultivares se han evaluado en este programa ejecutado por diferentes instituciones científicas del país.

El período 2000-2010 se caracterizó por un continuo decrecimiento y falta de áreas de pastos y forrajes cultivados, como resultado de la carencia de fertilizantes, del inadecuado acuartonamiento de las áreas, y de la escasez de combustible para fabricación de henos y ensilajes, lo que propició el sobrepastoreo continuo y el deterioro de dichas áreas, unido al pobre cumplimiento de las siembras nuevas y de la rehabilitación de los pastizales.

La limitación en las importaciones de insumos generó una mínima dependencia de ellos, y se logró mayor autosuficiencia con respecto a los períodos anteriores. En el 2008, solo aproximadamente 16 % de las áreas poseían pastos cultivados y 39 % estaba ocupado por marabú. En la agrotecnia de los pastos solo se priorizó la siembra de las áreas de forraje de gramíneas para corte, principalmente caña y kinggrass (Milera-Rodríguez, 2011).

En el período 2010-2020, se priorizaron las plantas proteínicas leñosas (*Morus alba* L., *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, *Moringa oleifera* Lam, principalmente), pero no la siembra de pastos y forrajes localmente adaptados, y continuó la invasión de marabú en más del 30 % de las áreas dedicadas al pastoreo. Esto demostró que en la ganadería el problema no se resuelve con campañas, sino con el cuidado del suelo y la disponibilidad de diversos recursos fitogenéticos, herbáceos y arbóreos, según la regionalización, que contribuyan a cubrir los requerimientos de los animales, y que sean resilientes al cambio climático. En la ganadería actual, la pérdida de la diversidad biológica se reconoce como uno de los problemas ambientales que afectan a todo el país. La mayor parte de las especies, de alta productividad y fragilidad, están sometidas a condiciones

climáticas adversas, a la posición geográfica y a las condiciones de insularidad y al alto grado de aislamiento geográfico.

Especies de plantas para la alimentación del ganado. Los centros científicos que se dedican al estudio de la alimentación y manejo del ganado en Cuba cuentan con colecciones de diferentes especies pratenses, como forrajeras, herbáceas y leñosas. Entre los pastos y forrajes, las más representativas son *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs, *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, *Urochloa* sp., *Cynodon* sp. y *Saccharum officinarum* L. Entre las leñosas sobresalen *L. leucocephala*, *M. alba*, *M. oleifera*, *T. diversifolia*, además de otras especies de leguminosas herbáceas nativas y de otros cultivares de diferentes especies, que no constituyen colecciones.

En la actualidad, Cuba cuenta con más de 30 especies certificadas. En total, más de 80 se pueden utilizar para diferentes fines en la alimentación del ganado y la recuperación de suelos ganaderos. No obstante, para fomentarlas es necesario rehabilitar o reponer las actuales, pues en el caso de las gramíneas mejoradas en pastoreo, se estima que no sobrepasan 16 %.

Se conoce que una pastura está degradada cuando ha experimentado una disminución considerable de su productividad potencial y del área cubierta en determinadas condiciones edafoclimáticas y bióticas. En este sentido, existen métodos para su recuperación, renovación, rehabilitación y mantenimiento.

La rehabilitación es la restitución de la capacidad productiva de una pastura hasta alcanzar niveles técnico-económicos aceptables, al tomar como base la población de especies deseables presentes en la pastura. Supone que aún existen una o más especies deseables en población suficiente (50-60 %) como para justificar que las mismas sean estimuladas, conservadas y complementadas. Existen diferentes labores, según el tipo de suelo y especie.

La renovación es la restitución total de la pastura mediante la eliminación de la vegetación existente y la siembra de una nueva. Supone que las especies deseables han desaparecido, o que su población es tan baja que no amerita su rehabilitación (menos del 40 %).

Las labores de mantenimiento se aplican periódicamente, con el objetivo de que el cultivo no tenga afectaciones en su población, producción y calidad. Se practican en los bancos forrajeros de corte e incluyen el aporque, la fertilización, labo-

res de chapea manual o mecanizada, resiembra de partes de las parcelas despobladas, entre otras (Mílera-Rodríguez, *et al.*, 2017).

La renovación de pastizales, así como el establecimiento de nuevas áreas, no es posible sin la producción de semilla especializada, como ocurre con otros cultivos.

En el caso de las gramíneas de reproducción por vía gámica, la producción de semilla exige que se cumplan un conjunto de requisitos para obtener un producto de calidad, practicar una buena preparación del suelo, así como cumplir las normas técnicas durante la siembra, la cosecha, el beneficio, el secado, el almacenamiento y el empaque. Las áreas de producción se fertilizan con abonos minerales o con orgánicos, según los requerimientos de la especie.

En el proceso de beneficio, conservación y almacenamiento existen métodos que no se deben violar. Cuando un campo de semilla de gramíneas reduce sus rendimientos de forma consistente, se debe someter a un proceso de rejuvenecimiento. Aunque existen tecnologías de producción de semilla en Cuba (Pérez-Vargas *et al.*, 2019) para la producción especializada y a gran escala, se necesita financiamiento para inversiones iniciales, además de mantener la producción de forma estable y sostenible. No obstante, es posible producir semillas en una pequeña escala, principalmente en forma de bancos de semillas específicos.

Recursos zoogenéticos. La casi totalidad de las especies de mamíferos y aves presentes en Cuba, que se utilizan para la alimentación y la agricultura, eran inexistentes cuando arribaron los colonizadores a la Isla. En sentido general, se conocen más de 16 500 especies. Se destacan entre ellas 42 especies de mamíferos, 350 de aves, 121 de reptiles, 46 de anfibios, 7 493 de insectos, 1 300 de arácnidos y 2 900 de moluscos (Hernández-González, 2015).

Los españoles introdujeron la mayoría de las especies que, transcurridos más de 500 años, se denominan especies localmente adaptadas o criollas, como es el caso del bovino Criollo, el ovino Peli-buey Criollo, la cabra Criolla, el cerdo Criollo y la gallina Criolla Cubalaya, entre otras.

El vacuno Criollo es una raza naturalizada, con más de 500 años de adaptación, descendiente de *Bos indicus*, y cuenta con tres variedades: Carirubio, Carinegro y Mezclado. Se utilizó como raza materna en la formación de genotipos cruzados, con vistas a elevar la producción de carne (genotipo Crimousin, proveniente del cruce con Limousine,

(3/4 Limousin x 3/4 Criolla), y también la producción de leche en los cruces con el Holstein, a partir de los que se obtuvo el Taíno de Cuba (5/8 Holstein x 3/8 Criolla).

En el período 1900-1959, se introdujeron algunas razas. En el caso de los bovinos, se incorporaron la Charoláis, Cebú y Santa Gertrudis; también algunas razas de cerdo y, entre las aves, las razas Leghorn y Rhode Island.

Desde 1964 hasta 1977, se importaron más de 46 mil animales de diferentes razas, después el programa continuó con toros nacidos en Cuba. El esquema de cruzamientos contempló, en una primera etapa, la absorción de la raza Holstein mediante la selección de animales mejor adaptados y en una segunda, la formación de nuevas razas, que conjugaron las madres especializadas y la rusticidad de la raza local. Los tipos fueron Siboney de Cuba (62,5 % Holstein y 37,5 % Cebú) y Mambí de Cuba (75 % Holstein y 25 % Cebú), destinados a la producción de leche. También se ha experimentado con otras líneas raciales para el ganado de leche (Suiza Parda, Ayrshire, Jersey) y para el de carne (Charolais Cubana, Santa Gertrudis y Criolla) (Aguilar *et al.*, 2004).

Estrategias similares se siguieron con los ovinos, cabras, conejos, équidos y cerdos y se introdujeron numerosas especies de aves, entre las que se incluyen gallinas de líneas altas productoras de huevo y carne. Se importaron, en diferentes períodos, 2 984 búfalos de las razas Pantano de Río. Todo ese genofondo introducido se mantiene en su casi totalidad y entre razas constituye un recurso zoológico (OCREZ, 2014).

Los rebaños con genotipo Holando, si bien tenían mayor nivel productivo, presentaban mayores costos de producción en alimentación, salud y otros. En las condiciones de crianza en las que se realizaron los estudios en Cuba, el genotipo con bajo nivel de mestizaje fue el que brindó mayor rentabilidad (Aguilar *et al.*, 2004). Estos análisis apuntan a la necesidad de una coherencia entre las transformaciones genéticas y las condiciones ambientales y productivas, pues en los cruces no solo es importante el rendimiento productivo, sino el efecto económico del comportamiento productivo y de otros caracteres adaptativos, sobre todo con los actuales cambios del clima.

La energía. El flujo de energía solar sobre la tierra es la llave que determina la producción de sustancias orgánicas, y la fotosíntesis es el proceso mediante el cual la energía fotoquímica se transforma en compuestos bioquímicos estables, y que solo se puede efectuar por las plantas verdes. La energía

almacenada por los vegetales permite el desarrollo de todos los demás organismos (consumidores y descomponedores) y sigue un flujo en la cadena alimentaria (García-Trujillo, 1996). Si se eliminaran las plantas u otros productores de un ecosistema, no habría manera en la que pudiera entrar la energía a la red trófica, y colapsaría la comunidad ecológica. Esto se debe a que la energía no se recicla, sino que se disipa como calor, al moverse a través del ecosistema, y se debe reponer constantemente.

Según Godio (2001), en los sistemas ganaderos, son de suma importancia los componentes y las relaciones nutricionales que afectan las pérdidas en el sistema, específicamente en el manejo de la alimentación. Estas relaciones son: carbohidrato estructural/carbohidrato no estructural (fibras-concentrado), proteína/energía, proteína degradable/proteína no degradable y balance de carbohidratos en los alimentos (valor biológico). Se debe potenciar el desarrollo de reservas de energía de alta calidad (granos, reservas forrajeras), emplear reservas energéticas de depósito (suplementos), reciclar materiales, organizar mecanismos de control que permitan la adaptación y la estabilidad y establecer intercambios con otros sistemas para abastecer el sistema (producción especializada, sistemas integrados).

La eficiencia en la utilización de la energía se constata cuando se organizan adecuadamente las actividades de la finca. No se debe regar con altas temperaturas, y en el caso del uso de la energía no renovable, se debe emplear maquinaria de bajo consumo. Es preciso instalar biodigestores en la fermentación anaerobia de las excretas, de modo que se puedan utilizar en la iluminación, conservación y cocción de alimentos. El empleo de paneles solares en cercas, electrobombas, electrodomésticos, y el uso de la energía eólica en molinos de viento figuran entre otros procedimientos que hoy se practican en las fincas campesinas en Cuba.

En el 2014, las energías renovables en Cuba representaban solo 4,3 % de la generación eléctrica del país. No obstante, para el 2030 se prevé sea 24 % de dicha generación (Martín-Martín *et al.*, 2020). En la crianza porcina, en fincas campesinas y en la producción estatal a gran escala, ya existen experiencias innovadoras que tienen que ver con la utilización de biodigestores de diferentes tamaños y volúmenes, que incluyen los de laguna tapada y gasificadores que generan energía al sistema (Suárez-Hernández *et al.*, 2018).

La conservación de los SE necesita financiamiento para proteger y gestionar los ecosistemas,

de los que depende el desarrollo sostenible; además, se demandan esfuerzos coordinados entre los gobiernos, las empresas y las instituciones internacionales para reforzar la gobernanza, de modo que se garantice su conservación.

Conclusiones

Los servicios ecosistémicos se enfocan desde una visión integradora, y es el manejo agroecológico el que permite la comprensión de sus beneficios. Esta ciencia se fundamenta en el cuidado de los recursos naturales, considera la multidimensionalidad de los sistemas y las interacciones que tienen lugar en ellos, incluyendo el factor humano y el conocimiento local, que hacen viable la seguridad alimentaria.

Las evidencias innovadoras en sistemas de producción agropecuaria disponibles en el país poseen los principios agroecológicos, no solo para el incremento de la producción, sino para la obtención de alimentos inocuos, que contribuyan a la salud humana y a la adaptación y mitigación del cambio climático de forma sostenible.

Ante la situación económica de Cuba, durante la pandemia y después de ella, será necesario en el ámbito público, privado y académico, plantear una única estrategia que permita la resiliencia de los sistemas alimentarios, y volver hacia prácticas agroecológicas de cierre de los ciclos de nutrientes a escala local y regional, como forma de librarnos del desastre del ecosistema mundo.

Agradecimientos

Se agradece a la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey por aportar el financiamiento necesario para la investigación.

Conflicto de intereses

-

Referencias bibliográficas

Aguilar, R.; Bu, A.; Dresdner, J.; Fernández, P.; González, A.; Polanco, Carmen *et al.* *La ganadería en Cuba: desempeño y desafíos*. Uruguay: Instituto Nacional de Investigaciones Económicas, 2004.

Altieri, M. A. & Nicholls, Clara, I. *La Agroecología en tiempos del COVID-19*. Medellín, Colombia: Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas. <https://www.clacso.org/la-agroecologia-en-tiempos-del-covid-19/>, 2020.

Arenas, J. M. Qué son los servicios ecosistémicos? <https://www.restauraciondeecosistemas.com/> [13/03/2019], 2017.

Blanco-Godínez, F.; Milera-Rodríguez, Milagros C.; Machado-Castro, R. L.; Hernández-Chavez, Marta B. & Alonso-Amaro, O., Eds. *Temas de investigación*

consolidados que sobrepasan el marco de la línea por su enfoque sistémico. Escalado e innovación tecnológica En: *Génesis y evolución. 55 años de Ciencia e Innovación*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 278-296, 2017.

Burbano-Orjuela, H. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33 (2):117-124, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

Camacho-Valdez, V. & Ruiz-Luna, A. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*. 1 (4):3-15. https://www.researchgate.net/publication/235985361_Marco_conceptual_y_clasificacion_de_los_servicios_ecosistemicos_2012.

CITMA. *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. E. O. Planos-Gutiérrez y T. L. Gutiérrez-Pérez, eds. La Habana: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>, 2020.

Crespo, G. J. Manejo integrado de nutrientes para la producción agrícola. *Memorias del VI Congreso de Producción Animal Tropical*. Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal. p. 284, 2018.

Díaz-Solares, Maykelis; Martín-Martín, G. J.; Miranda-Tortoló, Taymer; Fonte-Carballo, Leydi; Lamela-López, L.; Montejo-Sierra, I. L. *et al.* *Obtención y utilización de microorganismos nativos: el bioproducto IHPLUS®*. Milagros de la C. Milera Rodríguez, comp. Manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Usos del suelo con abonos y biochar; Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2020.

Domínguez-Escudero, J. M. A. *Manejo del Pastoreo Racional Voisin con novillos de engorde en el Trópico Húmedo de Panamá*. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2020.

Eslava, Graciela. *Pago por servicios ambientales: herramienta de conservación o mercantilización de la naturaleza?* Bogotá: Dejusticia. <https://www.dejusticia.org/column/pagos-por-servicios-ambientales-herramienta-de-conservacio-o-mercantilizacion-de-la-naturaleza/> [13/03/2019], 2017.

FAO. *Estado Mundial del Recurso Suelo. Resumen técnico*. Roma: FAO, Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo, 2016.

Figueredo-Reinaldo, O.; Carmona-Tamayo, E. & Izquierdo-Ferrer, Lissett. *Cuba en Datos: Agricultura, sector estratégico que precisa despuntar*. La Habana: Cubadebate. <http://www.cubadebate.cu/especiales/2019/05/17/cuba-en-datos-agricultura-sector-estrategico-que-precisa-despuntar-comentarios/pagina3/> [13/01/2020], 2019.

- García-Trujillo, R. *Los animales en los sistemas agroecológicos*. La Habana: Asociación Cubana de Agricultura Ecológica, Pan para el Mundo, 1996.
- Godio, L. *Flujo energético y de nutrientes en los sistemas de producción animal*. Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal. <http://www.produccion-animal.com.ar>. [13/03/2019], 2001.
- González-Piedra, J. I. & Domínguez-Pastrana, Hanne M. Distribución espacial de los recursos hídricos en Cuba. *Proyección*. XIII:136-156. <https://revistas.uncc.edu.ar/ojs3/index.php/proyeccion/article/view/2842/2033>, 2019.
- Hernández-González, J. R. *Plantas, flora y vegetación endémica de Cuba*. <https://www.monografias.com/trabajos104/>. [13/03/2019], 2015.
- Huerta, Carmen; Arellano, Lucrecia & Cruz, Magdalena. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae) and dung removal in Mexican livestock pastures. *Rev. Mex. Biodivers.* 89 (4):1280-1292, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2495>.
- Ingrassia, V. *Por qué la economía circular es clave para combatir el cambio climático*. Argentina: Infobae. <https://www.infobae.com/tendencias/> [12/09/2018], 2019.
- Lok-Mejias, Sandra. Soils dedicated to cattle rearing in Cuba: characteristics, management, opportunities and challenges. *Cuban J. Agric. Sci.* 50 (2):279-229. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-3480202016000200013, 2016.
- Mancina, C. A.; Fernández-de-Arcila, R.; Cruz-Flores, D. D.; Castañeira-Colomé, María A. & González-Rossell, Amnerys. Diversidad biológica terrestre de Cuba. En: C. Mancina y D. Cruz, eds. *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas*. La Habana: AMA. p. 8-25, 2017.
- Martín-Martín, G. J.; Milera-Rodríguez, Milagros de la C.; Suárez-Hernández, J.; Cepero-Casas, L. & Pentón-Fernández, Gertrudis. La utilización de fuentes renovables de energía. Importancia de las fincas agroenergéticas. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, comp. *Manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Usos del suelo con abonos y biochar*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2020.
- Martín-Martín, G. J.; Vázquez-Moreno, L. L.; Ramírez-Suárez, Wendy; Alonso-Amaro, O.; Casimiro-Rodríguez, Leidy & Milera-Rodríguez, Milagros de la C. Repercusión de la coinnovación agroecológica en la resiliencia ante el cambio climático en Cuba. *X Congreso Cubano de Meteorología. 1er Encuentro de Agroecología y Resiliencia al Cambio Climático*. La Habana, 2019.
- Milera-Rodríguez, Milagros de la C. Cambio climático, afectaciones y oportunidades para la ganadería en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 34 (2):127-144. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000200001, 2011.
- Milera-Rodríguez, Milagros de la C.; Machado-Castro, Rey L.; Simón-Guelmes† L. R.; García-Trujillo, R.; Mesa-Sardiñas, A. & González-Rosado,† Yolanda *et al.* Rehabilitación y mantenimiento de pastizales. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez y Tania Sánchez-Santana, eds. *Tecnologías, metodologías y resultados generados por la EEPFIH*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 52-73, 2017.
- Ministerio de Justicia. *De la mecanización, el riego, el drenaje agrícola y el abasto de agua los animales*. Resolución 498/2020 La Habana: Ministerio de Justicia. https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/go-2020_o_083_0_0_0.pdf, [15/09/2020], 2020.
- Nieto-Rodríguez, Gina P. *Agrobiodiversidad y servicios ecosistémicos: una revisión de los componentes y prácticas de manejo*. Magister en Conservación y uso de la biodiversidad. Bogotá: Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, 2017.
- OCREZ. *Conservación de los recursos zoogenéticos (RZG) en animales de granja de la República de Cuba. Informe de país*. La Habana: Oficina Cubana de Recursos Zootécnicos. <https://fao.org/3/i4787e/i4787s103b.pdf>. [13/03/2019], 2014.
- ONU-DAES. *Agua y desarrollo sostenible. Decenio internacional para la acción*. Nueva York: ONU. https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml. [13/03/2019], 2014.
- Pentón-Fernández, Gertrudis; Schmidt, H. P.; Milera-Rodríguez, Milagros de la C.; Martín-Martín, G. J.; Brea, Odelín & Brunet, J. Empleo de fertilizantes orgánicos basados en biochar, producidos a partir de residuos agropecuarios. En: Milagros de la C. Milera-Rodríguez, comp. *Manejo agroecológico de los sistemas agropecuarios. Usos del suelo con abonos y biochar*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 54-75, 2020.
- Pérez-Vargas, A.; Matías, C. & González-Rosado, Yolanda. *Tecnologías para la producción de semillas de pastos tropicales*. Milagros de la C. Milera-Rodríguez y Tania Sánchez-Santana, eds. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2019.
- Pinheiro-Machado, L. C. & Pinheiro-Machado Filho, L. C. *La dialéctica de la agroecología. Contribución para un mundo con alimentos "sin venenos"*. Montevideo: Hemisferio Sur, 2016.
- Sánchez, Saray; Milagros, Milera; Suárez, J. & Alonso, O. Evolución de la biota del suelo en un sistema rotacional racional intensivo para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 20 (2):171-177. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=ar>

ticle&op=view&path%5B%5D=1306&path%5B%5D=808, 1997.

Saradón, S. J. Biodiversidad, agrobiodiversidad y agricultura sustentable. Análisis del Convenio sobre Diversidad Biológica. En: M. A. Altieri, comp., ed. *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Bogotá: SOCLA. p. 95-116, 2009.

Suárez-Hernández, J.; Quevedo-Benki, J. R.; Hernández-Aguilera, M. R.; Peña-Alfonso, A. & González-Telles, G. Procesos de innovación en la

producción local de alimentos y energía en municipios cubanos. *Pastos y Forrajes*. 41 (4):279-284. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400001&Ing=pt&nrm=iso, 2018.

Torres-Hugues, R. La captación de agua de lluvia como solución en el pasado y en el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 40 (2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125&Ing=es&nrm=iso, 2019.