



DIRECTOR GENERAL

Dr. C. Luis Bérriz Pérez

EDITORES

M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez
Ing. Jorge Santamarina Guerra

CONSEJO EDITORIAL

M. Sc. Ramón Acosta Álvarez
Dr. C. Luis Bérriz Pérez
M. Sc. Ricardo Bérriz Valle
Dra. C. Leidy Casimiro Rodríguez
Ing. Otto Escalona Pérez
Dra. Cs. Dania González Couret
Ing. Miguel González Royo
Dr. C. José A. Guardado Chacón
Lic. Bruno Henríquez Pérez
Ing. Nilo Ledón Díaz
M. Sc. Martha Mazorra Mestre
Dr. C. Conrado Moreno Figueredo
Dr. C. Rafael Parúas Cuza
Dr. C. Joel Morales Salas
Dr. C. Daniel Stolik Novygrad
M. Sc. Madelaine Vázquez Gálvez

DISEÑO Y COMPOSICIÓN

Alejandro F. Romero Ávila

WEB MASTER

Omar Dieppa Castellanos

Eco Solar, no. 83 / 2023
Revista científica de las
fuentes renovables de energía
enero-diciembre, 2023
ISSN-1028-6004
RNPS-2220



PATROCINADORES

CETER



DIRECCIÓN

Calle 20, No. 4113,
entre calles 18A y 47,
Playa, La Habana, Cuba
TELÉFS.: (53) 72040010; 72062061

madelaine@cubasolar.cu
HTTP://www.cubasolar.cu



CONTENIDO

ECONOMÍA CIRCULAR Y AGROECOLOGÍA, PILARES HACIA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA Y EDUCACIÓN NUTRICIONAL EN CUBA.....	3
Mónica Mohedano Rivas, Leidy Casimiro Rodríguez, Ivania García Viamonte	
POTENCIALIDADES DE LA CÁSCARA DE SEMILLA DE MORINGA COMO POSIBLE MATERIAL ABSORBENTE.....	10
Dayrel Bravo Elers, Martha Mazorra Mestre, Manuel Pla Duporte y Cándida Ferrer Serrano	
TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA EN CUATRO FINCAS DE LA CCS ROLANDO REINA RAMOS, BENEFICIARIAS DEL PROYECTO CLIM@S.....	16
Leidy Casimiro Rodríguez, Jesús Martín Martín, Disney Prado Jiménez, Alexander Calero Hurtado y Yaimé García Herrera	

ECONOMÍA CIRCULAR Y AGROECOLOGÍA, PILARES HACIA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA Y EDUCACIÓN NUTRICIONAL EN CUBA

Por M. Sc. **Mónica Mohedano Rivas***, PhD. **Leidy Casimiro Rodríguez**** e M. Sc. **Ivania García Viamonte *****

* Directora de Investigación y Desarrollo. Lic. Ciencias Farmacéuticas. Especialista en Innovación y Desarrollo de Productos Naturales. Empresa Labiofam, Sancti Spíritus. Maestrante en Gestión para el Desarrollo Local, 3ra edición. Universidad José Martí Sancti Spíritus.

<https://orcid.org/0000-0002-8834-4339>, Teléf.: 41 32 5125, 41 32 5702, +53 52116800, + 53 55126646.

E-mail: esp.desarrollo@ssp.labiofam.cu, mohedanorivasm@gmail.com

** PhD Agroecología. Universidad de Sancti Spíritus. Profesora Titular, Centro Universitario Municipal Taguasco.

<https://orcid.org/0000-0002-0530-3786> , Teléf.: +53 52408610.

E-mail: leidy7580@gmail.com

*** Profesora Auxiliar. Máster en Ciencias de la Educación Superior. Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, CUM Simón Bolívar de Yaguajay.

<https://orcid.org/0000-0002-5506-3645> , Teléf.: 52265560.

E-mail: ivaniayag2018@gmail.com

Resumen

Resumen

En medio de una crisis alimentaria y sanitaria global (pandemia Covid -19 y sus efectos) acrecentada por las guerras en Ucrania y Rusia, y ante retos inminentes como el crecimiento de la población mundial, más grandes niveles de consumo de recursos naturales y energía, con un consumo de alimentos desigual y altos índices de desechos agroindustriales inaprovechables, se impone un cambio de paradigma, el tránsito necesario y urgente desde un modelo lineal de producción hacia la Economía Circular, enfoque que, en sinergia con la Agroecología, se identifican a criterio de las autoras como pilares para alcanzar la soberanía alimentaria en Cuba. Al mismo tiempo se propone la transición de una agricultura convencional hacia una agricultura sostenible, amigable y responsable con el medioambiente. Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo es enunciar conceptos claves para una mejor comprensión del tema en cuestión, tales como: economía circular, agroecología, desarrollo local, soberanía y seguridad alimentaria, sistemas alimentarios locales soberanos y sostenibles.

Palabras clave: agroecología, desarrollo sostenible, desarrollo local, economía circular; soberanía alimentaria y nutricional.

CIRCULAR ECONOMY AND AGROECOLOGY PILLARS TO FOOD SOVEREIGNTY AND FOOD EDUCATION IN CUBA

Abstract

In the midst of a global food and health crisis (Covid-19 pandemic and its effects) aggravated by the wars in Ukraine and Russia, and facing imminent challenges such as the growth of the world population, higher levels of consumption of natural resources and energy, with unequal food consumption and high rates of unusable agro-industrial waste, a paradigm shift is needed, the necessary and urgent transition from a linear production model to a Circular Economy, a paradigm shift is needed, the necessary and urgent transition from a linear production model to the circular economy, an approach that in synergy with Agroecology are identified, according to the authors, as pillars to achieve food sovereignty in Cuba. At the same time, the transition from conventional agriculture to a sustainable, friendly and environmentally responsible agriculture

is proposed. Therefore, the objective of the present work was to enunciate and/or define key concepts for a better understanding of the subject in question, such as: circular economy, agroecology, local development, food sovereignty and security, sovereign and sustainable local food systems.

Key Words: *agroecology, sustainable development; local development; circular economy; food and nutritional sovereignty.*

I. Introducción

El escenario actual se complejiza en medio de una crisis alimentaria agravada por la pandemia Covid-19 y las guerras en Rusia y Ucrania. A más de cinco años de la implementación del documento rector de la Agenda 2030, el hambre y la malnutrición continúan afectando a millones de niños; la pérdida de biodiversidad aumenta de una manera alarmante, con aproximadamente un millón de especies en extinción; y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) sigue incrementándose exponencialmente (Márquez, 2019; Agenda 2030..., 2015).

En medio del contexto generado por la pandemia y la difícil situación económica agravada por el bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por el gobierno estadounidense, Cuba aprobó la Estrategia Económico-Social para el impulso a la economía y el enfrentamiento a la crisis mundial provocada por la Covid-19, que constituye la hoja de ruta para potenciar la economía y la búsqueda de alternativas que respondan a los disímiles desafíos, como complemento al Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES) 2030.

La estrategia se enfoca en 16 áreas claves donde se concentran los esfuerzos principales, que coinciden con los sectores estratégicos y áreas de la infraestructura definidas en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030. De igual forma, se alinean al Plan de Soberanía Alimentaria y de Educación Nutricional (2020) y a la Política para impulsar el Desarrollo Territorial.

En Cuba los gobiernos territoriales trabajan en la implementación de la Agenda 2030 y el PNDES 2030, de conjunto con el resto de los actores de la comunidad, con el gran desafío que significa actuar desde una visión integrada, multidimensional, interinstitucional e interdisciplinaria del desarrollo local, con un enfoque de desarrollo sostenible, teniendo en consideración la economía circular y la agroecología como camino más seguro y cercano hacia la soberanía alimentaria.

Radica en estos conceptos tan medulares la importancia de este trabajo, depende de su comprensión a todos los niveles de la aplicación de los mismos en diferentes escenarios, y fundamentalmente en el medio local.

Citando a Reese (2003): «Cuando hablamos de desarrollo local nos referimos a un proceso de desarrollo integral en el que las condiciones de vida de todos los miembros de la sociedad local mejoran de manera sostenida tanto en lo material como en lo social, lo cultural y lo político. Desde esta perspectiva, poner en marcha un proceso de desarrollo local significa la elaboración de diferentes estrategias de desarrollo endógeno, que comiencen desde “abajo” a reconstituir el tejido social, la participación de las organizaciones sociales y la base económica de las regiones, promoviendo y apoyando las estructuras productivas paralizadas y estimulando nuevas iniciativas de trabajo productivo de familias, barrios, comunidades urbanas y rurales y municipios».

De acuerdo con Pomares y Guzón (2007) el desarrollo local (DL) en Cuba está necesitando de una mayor correspondencia entre la capacidad científica y técnica de que se dispone y los resultados traducidos en transformaciones sociales o económicas.

Diversos son los conceptos que se vinculan con estas temáticas, de autores con diferentes pensamientos y posiciones, cuya trascendencia radica no solo en comprender los conceptos sino en aplicarlos en la práctica de cada municipio mediante las Estrategias de Desarrollo Territorial, donde sin lugar a dudas tienen dentro de sus prioridades la producción de alimentos con un enfoque de desarrollo sostenible, considerando la economía circular y la agroecología como el camino más corto y cercano hacia la soberanía alimentaria.

Todo ello conduce a que en este trabajo se realice una revisión bibliográfica de estos conceptos para lo cual se propone el siguiente objetivo: enunciar conceptos claves para una mejor comprensión del tema en cuestión, tales como: economía circular, agroecología, desarrollo local, soberanía y seguridad alimentaria, sistemas alimentarios locales soberanos y sostenibles.

II. Desarrollo

Para hablar de soberanía alimentaria hay que remitirse brevemente a algunos conceptos como el de desarrollo sostenible dado en la Cumbre de Río (1992), en la que se dio a conocer como la vía para mejorar la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan, poniendo el énfasis en la solidaridad intergeneracional.

Más adelante, en el Informe sobre Desarrollo Humano publicado para el PNDES (2003), enuncia el concepto de desarrollo humano colocando al ser humano en el centro de la atención, de forma tal que pueda crear y ampliar sus oportunidades, entre las cuales, las más esenciales son disfrutar de una vida prolongada y saludable; adquirir conocimientos y tener acceso a los recursos necesarios para lograr una vida decorosa.

Ambos conceptos conducirán el análisis de este trabajo ubicado en Cuba, país tropical, con condiciones geográficas y climatológicas muy favorables para el desarrollo de la actividad agrícola. Sin embargo, el modelo de agricultura que ha predominado en los últimos 50 años ha estado basado en los paquetes tecnológicos de la agricultura convencional y el uso intensivo de los recursos, lo que ha provocado alta degradación en más del 70 % de los suelos agrícolas (García *et al.*, 2014).

Estos procesos han estado ocurriendo en paralelo con intensas olas migratorias del campo a la ciudad, lo que ha

provocado además degradación en la cultura e identidad campesina, pérdida de oficios y servicios rurales, además de sobrecargar las ciudades cada vez con más consumidores en contraste con menor población rural y familias campesinas (Casimiro, 2018 y 2019).

Lo anterior es muy relevante, dado que cerca del 80 % de la población cubana vive en contextos urbanos donde la demanda de alimentos es creciente para una población rural en decrecimiento, ocurriendo a la vez una excesiva pérdida de residuos que pueden convertirse en fuentes de materias orgánicas, lo que incide en una mejora sustancial de los rendimientos agrícolas, en los huertos o patios familiares.

La agricultura cubana también es afectada por malas prácticas en este sector, provocando la desactivación de espacios agrícolas (alrededor de medio millón de tierras estatales declaradas ociosas), la degradación de más de 76 % de las tierras, una alta dependencia de insumos externos y una producción que apenas sufre 40 % del consumo nacional (Casimiro, 2022; Martín, 2019; MINAG, 2019; MINAG, 2020).

En consonancia con estas ideas anteriormente expuestas, es necesario resaltar como pilares esenciales la agroecología y la economía circular, en pos de garantizar la sostenibilidad alimentaria y nutricional en el país.

La economía circular un camino hacia el desarrollo sostenible

El incremento constante de la población mundial, acompañado por una creciente escasez de recursos naturales, hace necesario que los gobiernos impulsen medidas urgentes y efectivas que contribuyan a un cambio de paradigma en cuanto a la utilización de los recursos naturales.

Entra a jugar un papel fundamental la economía circular, concepto que se lleva trabajando desde la década de 1970 por diferentes autores y escuelas de pensamiento.

Durante la primera década del siglo actual se recuperó el concepto de EC y se convirtió en una estrategia con amplia aceptación en países de la Unión Europea, China, Japón y Estados Unidos; lo más relevante de la propuesta fue reafirmar el rompimiento con el paradigma de la producción lineal (extraer, procesar, transformar, utilizar y desechar), por otros principios fundamentales como reducir, reutilizar y reciclar (IICA, 2019).

La Fundación Ellen MacArthur ha sido una importante promotora del reciclaje, y define a la economía circular como «un sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y por diseño. Sustituye el concepto de “caducidad” por el de “restauración”, se desplaza hacia el uso de energías renovables, eliminando el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y el retorno a la biosfera» (Fundación Ellen MacArthur, 2014, p. 3).

Se trata de sustituir el modelo lineal de producción (producir, usar, tirar) por un sistema sostenible y competitivo en el que se haga un uso eficiente de los recursos. De manera que crear un nuevo modelo permita cerrar el ciclo productivo, rescatando los residuos y convirtiéndolos en productos de valor, es decir, permitirá lograr un modelo económico más sostenible y respetuoso con el medioambiente: la Economía Circular (Fig. 1).

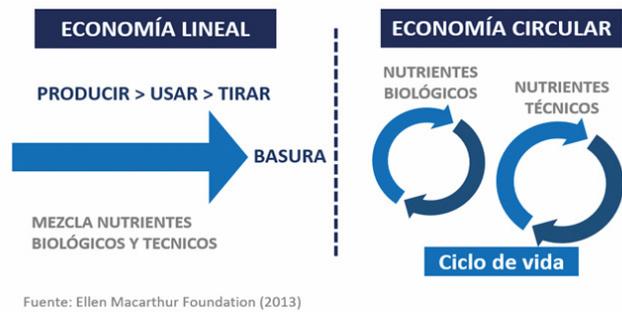


Fig. 1. Representación gráfica de la Economía Circular.
Nota: Tomado de Ellen MacArthur Foundation (2013).

En oposición al modelo convencional de la producción y el consumo caracterizado por la sucesión: producir-consumir-tirar, la economía circular ofrece una alternativa capaz de resolver problemas ambientales y a la vez, abrir oportunidades de negocio y crecimiento económico (Burgo *et al.*, 2019).

El concepto se apoya en el modelo mariposa de Braungart, McDonough y Bollinger (2007), difundido a través de la Ellen McArthur Foundation. La propuesta del modelo mariposa divide los flujos de materiales en técnicos y biológicos, analizando cómo se interrelacionan a lo largo de los procesos económicos. El flujo de materiales implica un cambio de perspectiva al pasar de considerarlos residuos a valorarlos como subproductos o materias primas secundarias para un nuevo producto. En estos flujos se involucra el uso de energía que se invierte en la recuperación y el impacto positivo para la regeneración de los ecosistemas (Fig. 2) (Burgo *et al.*, 2019).

La economía circular es un concepto económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo «... que el valor de los productos, materiales y recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible y que se reduzca al mínimo la generación de residuos no aprovechables. Se actúa así a favor de la durabilidad y aumento de la vida útil de los materiales y productos, de la reparación, reutilización y del reciclado de los residuos» (Red Vasca de Municipios Sostenibles, 2019: 7).

Según Ecolec Fundación (2021), adoptar los principios de la economía circular entraña un cambio de paradigma en la organización social y productiva de los territorios, de ahí la trascendencia de ubicar los segmentos productivos con mayores posibilidades para desencadenar y propagar dicha transformación.

La economía circular es, por tanto, un enfoque que busca minimizar la extracción de recursos naturales y reducir los desechos. A diferencia del modelo lineal tradicional de usar y desechar, que requiere de grandes cantidad de materiales y energía baratos y de fácil acceso, aquel propone un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido, y de esta manera el ciclo de vida de los productos se extiende (Economía, 2023).

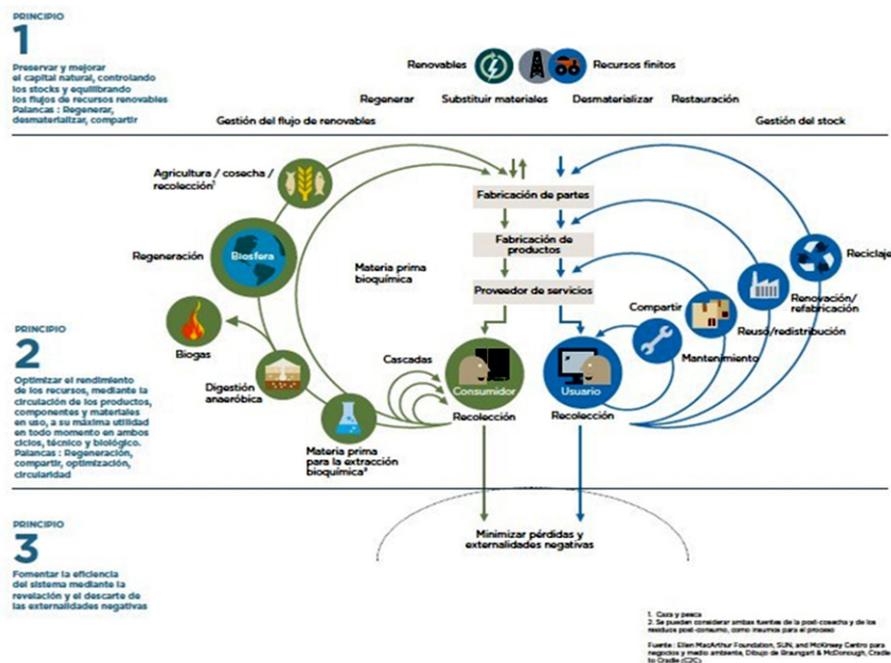


Fig. 2. Economía circular. Modelo mariposa. Fuente: Fundación Ellen MacArthur (2007).

Se basa en un enfoque de desarrollo económico a nivel de sistemas, brinda la oportunidad de repensar la relación con los recursos y los desechos e invita a accionar y tomar medidas que conduzcan a crear un futuro próspero y sostenible. Desde casa también se pueden ser agentes transformadores de ese nuevo escenario que conduzca al desarrollo sostenible tan deseado por todos, al adoptar prácticas de reciclaje y reutilización. Cada pequeña acción cuenta y propicia un acercamiento a un mundo en el que el desperdicio se convierte en un recurso.

Desde el sector agrícola se hace necesario y urgente profundizar en el enfoque de economía circular, por lo que la bioproducción pasa por producir bienes de consumo eficientes económicamente, acompañada de una gestión racional y sostenida de los recursos que implique un menor impacto ambiental.

Transformación de la agricultura convencional hacia una agricultura sostenible, amigable y responsable con el medioambiente, teniendo en cuenta el enfoque agroecológico y la economía circular

Márquez (2019) sostiene: «La agricultura convencional proporciona el 70 % de las materias primas para la industria de la alimentación y las bebidas, pero en el proceso agrícola se generan contaminantes como gases, se utilizan productos químicos de síntesis y se produce una degradación del suelo que puede llegar al 85 %».

Entre la agricultura y el medioambiente se tiene que establecer un equilibrio, de forma que la emisión de efluentes se minimice, y parte de ellos se convierta en fuentes de recursos para su aprovechamiento en una economía circular; el objetivo final es el de minimizar los riesgos ecológicos, sin que esto signifique una reducción de la eficiencia económica en la actividad productiva.

Desde la posición de (Burgo *et al.*, 2019) la economía circular es una alternativa sustentable para el desarrollo de la agricultura.

De acuerdo con Casimiro y Martín (2023), la principal transformación debe considerarse como la adecuación del modelo productivo y de gestión, de una agricultura que utiliza insumos importados (químicos y energéticos) que transite hacia una agricultura de insumos locales y nacionales, en otras palabras endógenos (con enfoque agroecológico y sostenible).

Empleando las palabras de Casimiro y Martín (2023) se trata de:

- Perfeccionar el modelo de gestión agropecuaria para disponer de un sistema agroalimentario sostenible, que produzca alimentos sanos y nutritivos que permita satisfacer las necesidades de la sociedad, a la vez que genere parte o toda la energía que este necesita. De esta manera se crearía una economía circular a escala local que propiciaría modos de vida placenteros y sostenibles, contribuyendo a la resiliencia socioecológica de las diferentes comunidades y localidades rurales
- Definir competencias municipales que permitan gestionar una economía local circular con más autonomía, en la que se aprovechen todas las potencialidades existentes y se puedan cerrar los ciclos de energías y nutrientes como base para la producción agropecuaria y la protección del medioambiente.

En síntesis, transformar la economía lineal agropecuaria de municipios rurales y de las empresas y cooperativas en una economía circular que propicie la soberanía alimentaria y la seguridad energética (Casimiro y Martín, 2023).

Por consiguiente, para poder establecer esta relación agroecología, economía circular, protección de recursos

naturales, sostenibilidad ambiental y responsable, soberanía alimentaria y nutricional, se hace necesario, primero, entender y enunciar el concepto de agroecología que a pesar de que es abordado por muchos autores de igual modo, a juicio de (Casimiro y Martín, 2023) expresan:

«La agroecología es una ciencia holística y transdisciplinaria, que estudia el funcionamiento de los agroecosistemas desde el punto de vista de sus interrelaciones ecológicas y culturales, que provee principios para el diseño de sistemas alimentarios locales sostenibles, resilientes y soberanos. Desde la práctica propone tecnologías y estrategias para la reconversión agroecológica, considerando la eficiencia productiva, económica, energética, ambiental y sociopolítica para el logro de la Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional».

¿Cómo se articula entonces la agroecología con la economía circular, de forma tal que se contribuya a la soberanía alimentaria y nutricional?

Para entender la relación de la agroecología con la economía circular tal vez sea preciso acudir al concepto de bioeconomía dado por la (GBS ,2018), en el que expresan qué es la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluyendo los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados, para proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el propósito de avanzar hacia una economía sostenible.

Su finalidad es la producción y comercialización de bioproductos, bioenergía, alimentos o productos forestales, entre otros, que sean resultado del proceso de transformación física, química, bioquímica o biológica de materiales orgánicos que se consideren en principio no aptos para el consumo animal o humano, mediante procesos que sean respetuosos con el medioambiente y el desarrollo de los entornos rurales.

Promover a la bioeconomía significa revitalizar el medio rural y las poblaciones que en él viven. Sin dejar de mencionar que se aplica además al entorno urbano donde los residuos de cocina, restaurantes y placitas de mercados pueden convertirse en materias primas para el compostaje y vermicompostaje para la producción de bioproductos que luego pueden incorporarse a la producción agrícola en patios, parcelas, huertos agrícolas.

Por tanto, la bioeconomía ofrece grandes oportunidades para la economía circular y el cierre de los ciclos biológicos. Es necesaria para poder prosperar hacia una sociedad que sea menos dependiente de los recursos no renovables, cuyo incesante consumo acelera el proceso de cambio climático y condiciona el futuro de la Tierra.

En definitiva, queda claro que bioeconomía y economía circular caminan de la mano para lograr un mundo más sostenible y eficiente en el uso de recursos y reducir la huella de carbono en el Planeta.

El camino futuro por el cual hay que apostar es el del uso racional de los recursos y el suelo, junto con el objetivo de minimizar las emisiones nocivas y optimizar la producción de alimentos. Para hacer frente al desafío que implica el cambio climático, es indispensable avanzar en investigación,

innovación, uso de nuevas tecnologías y transferencia de conocimientos para adaptar la producción a las nuevas condiciones climatológicas y conducir todos los esfuerzos hacia el camino de la sostenibilidad del sector agroalimentario.

Para asegurar un crecimiento inteligente y ecológico que encamine a una económica más verde, circular y sostenible, son necesarios esfuerzos adicionales que logren desvincular el crecimiento económico del uso de los recursos y que eviten los efectos negativos sobre el entorno natural. La industria agroalimentaria se enfrenta al desafío de satisfacer la demanda de los consumidores, sin poner en peligro la seguridad y calidad alimentaria y la nutrición y salud de las personas.

Agroecología y economía circular. Seguridad y Soberanía alimentaria

La agroecología es por lo tanto un caso paradigmático de economía circular y una oportunidad de abordar retos de conservación ambiental y patrimonial, explorar otro modelo de producir y consumir alimentos reactivando los mercados locales, generar oportunidades de empleos con equidad social o renovar los instrumentos de programación y de ejecución del Desarrollo Rural. (Llobera y Redondo ,2015).

Teniendo en cuenta a Llobera y Redondo (2015): La agroecología está demostrando que es una estrategia de alta sinergia, que aprovecha los biorresiduos, reduce costos de gestión, reduce el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, fija carbono fertilizando el suelo, y articula en proximidad a productores y a consumidores.

Pérez y Caballero (2021) sostienen: La agroecología es el pilar del desarrollo sostenible y resiliente de Cuba, una nación reconocida mundialmente por sus diversas prácticas en este campo. Es el camino para mantener e incrementar la producción nacional y a la vez reducir drásticamente el uso de insumos externos. Asimismo, ofrece soluciones cubanas a muchos de los problemas tecnológicos que actualmente enfrentan los esfuerzos nacionales para incrementar la producción alimentaria.

En Cuba, para apoyar todo lo relativo a estos temas se creó la Ley 148/2022 de «Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional», conocida como Ley SSAN, la cual aborda con claridad lo que es para un país la seguridad y soberanía alimentaria, conceptos y dimensiones, así como Sistema Local Alimentario para poder entender ¿Qué es Soberanía Alimentaria y cuáles pueden ser los aportes que desde la agroecología pueden contribuir al desarrollo y cumplimiento de la Ley SSAN?

La seguridad alimentaria a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objetivo de llevar una vida activa y sana.

Seguridad alimentaria y nutricional: comprende el acceso físico y económico que posee cada persona, en todo momento, a alimentos suficientes, equilibrados, inocuos y nutritivos, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias respecto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana. (Art.2, 1 inciso 3, p.2098 - Ley 148/2022

de Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional)

La seguridad alimentaria abarca cuatro dimensiones:

- La disponibilidad física de alimentos
- El acceso económico y físico a los alimentos
- La utilización de los alimentos
- Lae en disponibilidad, acceso y utilización

Se enuncia de igual modo que soberanía alimentaria es la capacidad de la nación para producir alimentos de forma sostenible y dar acceso a toda la población a una alimentación suficiente, diversa, balanceada, nutritiva, inocua y saludable, reduciendo la dependencia de medios e insumos externos con respeto a la diversidad cultural y responsabilidad ambiental. (Art.2.1 inciso 2, p.2098 - Ley 148/2022 de Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional).

De esta manera un sistema alimentario local se define como los actores, procesos y recursos vinculados con la producción, transformación, comercialización y el consumo de alimentos en el municipio y sus interrelaciones, en correspondencia con las dimensiones sociales, políticas, económicas, tecnológicas y medio ambientales, para alcanzar la soberanía alimentaria, fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional y garantizar el derecho a la alimentación de las personas. (Art. 44.1, p.2113 - Ley 148/2022 de Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional).

A su vez, estos se clasifican en sistema alimentario local soberano: cuando sus actores participan en las estrategias, planes y demás decisiones municipales sobre la producción, transformación, comercialización, distribución y consumo de alimentos y utilizan, de forma prioritaria, recursos e insumos propios del municipio, con el fin de disminuir las importaciones para garantizar una alimentación sana y adecuada a la población. (Art. 44.2, p.2113 -Ley 148/2022 de Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional).

Sistema alimentario local sostenible: cuando toda su gestión está encaminada a perdurar en el tiempo y a adaptarse, de forma resiliente, a los cambios económicos, sociales, políticos, tecnológicos, culturales y ambientales, sin comprometer la seguridad alimentaria y nutricional de las generaciones futuras. Art. 44.3. (Asamblea Nacional del Poder Popular, 2022, p. 2113).

Estos pueden complementarse y dar lugar a un *Sistema Alimentario Local Soberano y Sostenible (composición)*: Los sistemas alimentarios locales soberanos y sostenibles están integrados por los actores vinculados tanto a la producción, transformación y comercialización de alimentos, como a las actividades de salud, prevención, orden interior, comunicación, atención social, ciencia, protección del medioambiente, educación, cultura, recreo, deporte y servicios relacionados con la alimentación, que participan en los diferentes procesos en las cadenas alimentarias. (Art. 45.1, p.2113- (Ley 148/2022 de Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional).

Por consiguiente y de acuerdo con Casimiro y Martín (2023), la agroecología que provee principios para el diseño de sistemas alimentarios locales sostenibles, resilientes y soberanos y que desde la práctica propone tecnologías y es-

trategias para la reconversión agroecológica, considerando la eficiencia productiva, económica, energética, ambiental y sociopolítica para el logro de la Soberanía Alimentaria y la Educación Nutricional.

III. Conclusiones

Se expusieron conceptos claves para una mejor comprensión del tema a partir de determinado análisis que se haga, tales como economía circular, agroecología, desarrollo local, soberanía y seguridad alimentaria, sistemas alimentarios locales soberanos y sostenibles.

La transición hacia la economía circular augura una transformación sustancial de la sociedad en todas sus dimensiones, ya que todo está conectado y no basta con una transformación aislada para llevar a cabo el cambio de modelo.

La única forma de que la economía circular pueda imponerse es encontrando nuevas herramientas productivas y de consumo que, unidas a una cultura del respeto hacia el entorno y la sociedad, lideren una transformación real para todos, y no solo para los países desarrollados.

La economía circular y la agroecología constituyen pilares hacia la soberanía alimentaria y la educación nutricional en el país. De ahí la necesidad imperiosa del desarrollo e implementación de proyectos de desarrollo local que sustenten sus bases metodológicas en el uso de la economía circular y la agroecología como herramientas fundamentales hacia la soberanía alimentaria y sostenible en Cuba.

Referencias bibliográficas

- Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015). En <http://www.un.org>
- Burgo Bencomo *et al.* (2019). La Economía circular una alternativa sostenible para el desarrollo de la agricultura. *Revista Espacios*.Vol.40 (Nº 13) Año 2019. Pág.2.
- Casimiro Rodríguez, L. and Casimiro González, J.A. (2018). How to make prosperous and sustainable family farming in Cuba a reality. *Elem Sci Anth*, 6(1), p.77. DOI: <http://doi.org/10.1525/elementa.324>.
- Casimiro, L. (2019). Estudio de la resiliencia en la agricultura familiar de montaña en el macizo Guamuaya, Cuba. En *Revista Eco Solar*. No.67 (enero-marzo). Disponible en <https://ecosolar.cubaenergia.cu>.
- (2022). Turismo agroecológico en Cuba para el fortalecimiento de sistemas alimentarios locales y sostenibles. En revista *Eco Solar* No. 80. ISSN-1028-6004. Disponible en <https://ecosolar.cubaenergia.cu>
- Casimiro, L. y Martín, G. (2023). Conferencia: Necesidad de una transición agroecológica en la agricultura cubana. En (UNISS) 2023.
- Ecolec Fundación (2021). Economía Circular: claves para entender el modelo que está
Revolucionando la sostenibilidad <https://www.ecolec.es/informacion-yrecursos/economia-circular/> [12 de mayo 2021].
- Economía (2023). Economía circular: definición, importancia y beneficios. Disponible en <https://www.europarl.europa.eu>
- Fundación Ellen MacArthur (2014) ¿Qué es la Economía Circular?, p. 3.

- GBS. (2018). Evento global organizado por el Consejo Alemán de Bioeconomía. Disponible en <https://www.minambiente.gov.co>
- García A., Nova A. y Cruz B. A. (2014). Despegue del sector agropecuario: condición necesaria para el desarrollo de la economía cubana. En: CEES, ed. Economía Cubana: transformaciones y desafíos. La Habana: Ciencias Sociales, pp. 197-260.
- Informe anual de 2019 del IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), marzo 2020.
- Ley 148/2022 de «Ley de Soberanía Alimentaria y Seguridad Alimentaria y Nutricional» Gaceta Oficial de la República de Cuba. Sitio Web: <http://www.gacetaoficial.gob.cu/>
- Llobera Serra, F. y Redondo Arandilla M. (2015). Economía Circular y Agroecología. Integrando Alimentos Km 0 y Gestión de Biorresiduos. Enero 2015.
- Márquez, I. (2019). La economía circular en la agricultura. Disponible en <https://feriavalladolid.com>
- OpenMind. Comunidad del conocimiento de BBVA (2021). Cuatro conceptos para comprender la economía circular. Disponible en <https://www.bbvaopenmind.com>
- Pérez Consuegra, N. y Caballero Grande, R. (coord.). 2021. Agroecología en Cuba - Iniciativas y evidencias innovadoras escalables. La Habana, FAO, MINAG y ACTAF.
- Plan de Soberanía Alimentaria y Educación Nutricional en Cuba (2020). Ministerio de la Agricultura. La Habana. En <https://www.fao.org>
- Pomares, H. y Guzón, A. (2007). Catálogo de Tecnologías para el Desarrollo Local. Cedel-Citma. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Red Vasca de Municipios Sostenibles (2019). Contribución de la Red Vasca de Municipios hacia la Sostenibilidad a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Bilbao, Ithobe Sociedad Pública de Gestión Ambiental https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/contribucion_municipios_ods/es_de_f/adjuntos/US21_ODS_CAST.pdf
- Reese E. (2003). La Construcción de Estrategias de Desarrollo Local en las ciudades argentinas. Curso de Postgrado Desarrollo Local en Áreas Metropolitanas. Repositorio Cepal.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Conceptualización y curación de datos: Mónica Mohedano Rivas y Leidy Casimiro Rodríguez; Análisis formal, Investigación y Metodología: Mónica Mohedano Rivas, Leidy Casimiro Rodríguez e Ivania García Viamonte; Supervisión: Leidy Casimiro Rodríguez; Redacción-borrador original: Mónica Mohedano Rivas e Ivania García Viamonte; Redacción-revisión y edición: Mónica Mohedano Rivas y Leidy Casimiro Rodríguez.

Recibido: 2 de septiembre de 2023

Aceptado: 20 de septiembre de 2023

POTENCIALIDADES DE LA CÁSCARA DE SEMILLA DE MORINGA COMO POSIBLE MATERIAL ABSORBENTE

Ing. Dayrel Bravo Elers*, M. Sc. Martha Mazorra Mestre**,
M. Sc. Manuel Pla Duporte*** y M. Sc. Cándida Ferrer Serrano****

, *, **** Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter). La Habana, Cuba.

* Estudiante graduado en defensa de tesis de pregrado de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría. Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter). La Habana, Cuba.

E-mail: bravodayrel@gmail.com

** <https://orcid.org/0000-0002-9003-0988>

E-mail: marta@mecanica.cujae.edu.cu

*** <https://orcid.org/0009-0007-6696-6368>

E-mail: mpla@mecanica.cujae.edu.cu

**** <https://orcid.org/0000-0003-1616-7932>

E-mail: pllerena@infomed.sld.cu

Resumen

En Cuba una de las principales fuentes de energía renovable es la biomasa y el mayor potencial energético lo tiene la biomasa cañera, pero existen otras fuentes que tienen importancia en el orden local o que su aprovechamiento resulta conveniente desde el punto de vista medioambiental, no solo como recurso energético. La semilla de *Moringa oleífera* que se emplea para la producción de aceites produce un volumen importante de cáscara que constituye biomasa en este cultivo; sin embargo en Cuba no se utiliza este residuo y tampoco se ha estudiado en la aplicación del carbón activado. En el presente trabajo se propone investigar sobre el potencial de la cáscara de semilla de *Moringa oleífera*, con el propósito de emplearla, lo que constituye un aspecto positivo en la actualidad cubana. El objetivo del proyecto está dirigido a identificar el tipo de pirólisis y las condiciones de ensayo más convenientes para el tratamiento de la cáscara de semilla de *Moringa* como posible carbón activado. Se realiza análisis documental mediante artículos originales y de revisión, se consideran biomásas procedentes del arroz, almendra, pino, coco y café fundamentalmente. En actividad práctica las biomásas han sido evaluadas, lo que permite concluir que la cáscara de semilla de *Moringa oleífera*, puede ser una alternativa para obtener carbón activado. Se propone iniciar estudios al caracterizar la cáscara de semilla de *Moringa oleífera*, proponer su carbonización por medio de proceso termoquímico como la pirólisis lenta. Se plantean los parámetros como temperatura, presión, cenizas, humedad, carbono y poder calórico para la realización del proceso de pirólisis.

Palabras clave: cáscara de semilla de *Moringa*, biomásas, pirólisis, carbón activado.

POTENTIAL OF MORINGA SEED HUSK AS A POSSIBLE ABSORBENT

Abstract

In Cuba, the main source of renewable energy is biomass, and the greatest energy potential is sugarcane biomass, but there are other sources that are important in the local order or that their use is convenient from the environmental point of view, not only as energy resource. The *Moringa oleífera* seed that is used for the production of oils produces a significant volume of shell that constitutes biomass in this crop, in Cuba this residue is not used and it has not been studied in the application of activated carbon. In the present work, it is proposed to investigate the potential of the *Moringa oleífera* seed husk, so the purpose of using it is a positive aspect in Cuba today. The objective of the project is aimed at exploring the potential of this biomass

for its possible transformation into activated carbon. Documentary analysis is carried out, through original and review articles, biomasses from rice and coconut were considered, fundamentally, in practical activity these biomasses have been evaluated for these purposes, which allows us to conclude that the seed husk of *Moringa oleífera* can be an alternative to obtain coal. It is proposed to start studies characterizing the seed shell of *Moringa oleífera*, carry out its carbonization by means of a thermochemical process such as pyrolysis.

Keywords: *moringa seed husk, biomass, pyrolysis, activated carbon.*

Introducción

En Cuba una de las principales fuentes de energía renovables es la biomasa, ya que no existen grandes ríos, ni muchas zonas con altas velocidades del viento. Si bien el mayor potencial energético lo tiene la biomasa cañera, existen otras fuentes que tienen importancia en el orden local, o que su aprovechamiento resulta conveniente desde el punto de vista medioambiental.

La biomasa cubre un amplio espectro de materiales orgánicos, y por tal motivo es considerada una mezcla compleja de polímeros, de carbohidratos conocidos como celulosa, hemicelulosa, lignina y pequeñas cantidades de otras sustancias contenidas en la pared celular de las plantas. Dentro de las fuentes renovables de energía existentes, la biomasa se diferencia por permitir la obtención de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos a través de procesos bioquímicos, termoquímicos y fisicoquímicos.

En el país se obtiene energía a partir de la biomasa generada por productos vegetales como la caña y el marabú, entre otros. Sin embargo, existen otros productos vegetales reconocidos como biomásas, tal es el caso de la *Moringa oleífera* que se procesa para la obtención de fertilizantes, agentes de limpieza, clarificador de miel, pesticidas y aceites de las semillas.

En Cuba el desarrollo de la *Moringa oleífera* ha tomado mucho auge en los últimos años utilizándose en diversas aplicaciones. Las semillas de *Moringa oleífera* tienen alto contenido de aceite, para cuya extracción es necesario realizar un proceso previo de descascamiento, lo que genera un volumen considerable de biomasa que actualmente no cuenta con una disposición adecuada o de reciclaje hacia otras producciones. La generación de esta biomasa vegetal requiere de alternativas para su uso o transformación, donde se promueva la protección del medio ambiente y el reuso de materias residuales. La utilización de la cáscara de semilla de moringa como posible material absorbente debe responder a ciertos procesos de preparación cuya efectividad debe ser alcanzada a partir de estudios teóricos que ofrezcan diferentes biomásas reportadas en la literatura especializada. Los procedimientos que se apliquen previamente deben estar precedidos por una adecuada preparación de dicha biomasa que permita el nivel de humedad recomendado para la aplicación de un proceso termoquímico como la pirólisis.

En tal sentido se establece como *problema de investigación* ¿Cuál es el tipo de pirólisis más conveniente para procesar la cáscara de semilla de moringa con el fin de obtener carbón

activado? Se identifica como *objeto de estudio* los procesos termoquímicos para tratar la cáscara de semilla de moringa y como *campo de acción* el proceso de pirólisis para la obtención de un producto con potencialidad como absorbente. Se establece como *objetivo general* identificar el tipo de pirólisis y las condiciones de ensayo más convenientes para el tratamiento de la cáscara de semilla de moringa como posible carbón activado a través de la revisión del estado del arte.

II. Métodos

Método de análisis y síntesis:

A partir de la búsqueda bibliográfica se identifican los elementos a tener en cuenta para la selección del proceso de secado y determinar el tipo de pirólisis más conveniente para procesar la cáscara de semilla de moringa con el fin de conocer sus potencialidades como posible carbón activado.

Método lógico-histórico:

Permite indagar y conocer los indicadores de desarrollo de la actividad y su devenir histórico.

Deductivo:

A través de la propia investigación y de las evidencias que ofrece, se deduce el tipo de secado y de pirólisis a aplicar a la cáscara de semilla de *Moringa oleífera* para la obtención de carbón activado.

Observación:

Mediante la revisión del estado del arte se plantean las principales características de la pirólisis como forma de obtención de carbón procedente de cáscara de semilla de Moringa.

III. Desarrollo

En Cuba se han utilizado hasta el 2019, 2000 hectáreas de tierra para la siembra de Moringa. De ellas más del 50 % se emplea en forraje y la otra parte para la producción de semillas. El Ministerio de la Agricultura en el país, se compone entre otras, de 11 organizaciones superiores de dirección empresarial, de las cuales siete son ganaderas.

En un estudio exploratorio se constata que el grupo empresarial ganadero (Gegan) cuenta con 146 hectáreas dedicadas a la producción de semillas, mientras que el grupo empresarial Azcuba, dedica 429,8 hectáreas y otros grupos tienen una participación menor. Por otra parte, se precisa que el plan para el 2020 fue de 746 hectáreas.

Otros resultados de este estudio propiciaron conocer que las características de la semilla de *Moringa oleifera*, precisan de los cuidados descritos para su siembra. Sin embargo, un número de ellas no alcanzan los requisitos para su siembra y no son aprovechables en ese sentido. En consecuencia, se destinan a la producción de aceites comestibles. Este proceso en particular, produce un volumen de cáscara que constituye una forma de biomasa. La información referente a estos estudios sobre moringa se conoce en entrevista realizada a la directora del Instituto de Pastos y Forrajes de La Habana en diciembre de 2020.

La biomasa como fuente de energía renovable es todo tipo de materia orgánica que tiene origen en un proceso biológico (Singh, 2020). En las plantas, durante la fotosíntesis (proceso de oxidación-reducción) se absorbe la energía solar en la clorofila y se transforma el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos que almacenan energía química, mediante el proceso de conversión fotoelectroquímica de la fotosíntesis (Bustamante, 2016).

El uso de la biomasa como combustible presenta desventajas por su heterogeneidad en la estructura anatómica, física y química. Desde el punto de vista físico se caracteriza por tener alto contenido de humedad, baja densidad, gran volumen, amplia higroscopicidad, dificultad de almacenamiento y alta tenacidad (Zheng, 2013). La composición química incluye mayores fracciones de hidrógeno, oxígeno y volátiles, así como menores cantidades de carbono y poder calorífico, en comparación con los combustibles fósiles. Los inconvenientes de la biomasa como fuente de energía se pueden mejorar con pretratamientos termoquímicos (Arteaga, 2015; Basterra, 2020).

Dentro de las fuentes renovables de energía existentes, la biomasa se diferencia por permitir la obtención de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos a través de procesos bioquímicos, termoquímicos y fisicoquímicos. La naturaleza y la composición de los productos obtenidos en estos procesos dependen de la composición química del tipo de biomasa tratada y de las condiciones de operación.

El proceso de formación de esta clase de biocombustible puede ser espontáneo o provocado. Para obtener la energía a partir de biomasa se pueden usar dos clases de procesos:

Térmicos: que incluyen la combustión, gasificación y pirólisis.

Bioquímicos: abarcan la digestión anaerobia y la fermentación alcohólica.

La cáscara de semilla de *Moringa oleifera* puede ser empleada con fines energéticos, en este proyecto se enfatiza en la carbonización de la misma como proceso para su transformación en carbón y la posterior activación para convertirla en carbón activado. La pirólisis constituye el procedimiento termoquímico idóneo para lograr la carbonización de esta biomasa.

La generación de biomasa en el manejo de la moringa puede tener origen a partir de separar las semillas de las vainas y al descascarar estas semillas. En esta investigación se aborda lo relacionado con la cáscara de las semillas; sin embargo, es destacable el hecho que esta biomasa puede ser procesada por diferentes vías, lo que depende del fin que con ella se pretenda. El principal objetivo de este

estudio es revisar el estado del arte para caracterizar los procedimientos afines al manejo de la cáscara de semilla de *Moringa oleifera* con el interés de transformarla en carbón y de este modo luego de un proceso de activación, obtener carbón activado. Las condiciones para la carbonización de la biomasa deben efectuarse por medio de un proceso de pirólisis, cuyas condiciones garantizan la obtención del referido carbón para su posterior activación. Producto final que cambia de manera sustancial las características del material de origen, al desarrollar propiedades que dejan de ser energéticas, pero sí necesarias para otras aplicaciones (Basterra, 2020).

La combustión es un proceso térmico oxidativo en donde se origina calor derivado de la combustión total de la biomasa en presencia de oxígeno. Es lo que tradicionalmente se conoce como quemar algún producto. En esta reacción se libera dióxido de carbono, cenizas, vapor de agua y calor. La biomasa con forma de pellets, astillas o productos compactados son quemados en calderas, obteniendo así energía calórica.

La pirólisis convencional tiene lugar con una velocidad de calentamiento lenta, que alcanza una temperatura máxima entre 500-600 °C. En estas condiciones se obtienen tres productos: sólidos, líquidos y gases, en proporciones significativas.

Dado que en el proceso pirolítico se produce un conjunto de reacciones químicas cuando se lleva a cabo la descomposición térmica de la biomasa, el tema siempre se ha abordado desde los diferentes componentes que constituyen material para el proceso de pirólisis. El material que generalmente se ha estudiado es la madera, por lo que se procederá al análisis de sus distintos componentes (celulosa, hemicelulosa y lignina). Es necesario plantear que se pueden distinguir varias etapas en la pirólisis de la celulosa (Klug, 2012):

1. Tiene lugar a temperaturas inferiores a 300 °C, de forma que se llevan a cabo reacciones de despolimerización, oxidación, deshidratación y descarboxilación. Únicamente la celulosa que es atacada es la amorfa, por lo que solo se generaría monóxido de carbono y agua.
2. La segunda se lleva a cabo cuando se tienen temperaturas superiores a los 300 °C, cuando se produce el carbón, el alquitrán (cuyo principal componente es el levoglucosano) y los productos gaseosos.

De acuerdo a varios estudios, las variables que determinan en la pirólisis, la cinética de las reacciones y la generación de los diferentes productos son:

- La temperatura del reactor. La pirólisis es un tratamiento térmico y la temperatura es el factor más importante. La función básica de la temperatura es proporcionar el calor necesario de descomposición para fragmentar los enlaces de biomasa, afecta la condensación aromática y la aromaticidad del biocarbón. La pirólisis producida a un nivel relativamente bajo de temperatura genera biocarbón con una alta acidez, bajo contenido aromático e hidrofobicidad. Varios estudios han encontrado que el contenido de la es-

estructura de los anillos aromáticos fundidos en el biocarbón aumenta con el incremento de la temperatura de pirólisis; mientras que el contenido de los anillos no aromáticos disminuye tanto en tamaño como en cantidad; además, el incremento de temperatura de la pirólisis conduce a la formación de pequeñas láminas «defectuosas» de policondensación aromática, el contenido de hemicelulosa, celulosa, lignina, proteína, polisacárido y otras macromoléculas en el residuo sólido disminuyen debido a la ruptura de enlaces, al igual que la polaridad del biocarbón; por lo tanto, la hidrofobicidad de la superficie del biocarbón aumenta y comienzan a formarse anillos aromáticos separados. La conversión a granel de la biomasa a sus fragmentos (celulosa, hemicelulosa y lignina), suele ocurrir en el rango de temperatura de 300-400 °C, lo que representa del 80-90 % de la conversión total a biocarbón durante su degradación en la pirólisis; sin embargo, a diferencia de la celulosa y las hemicelulosas la lignina se descompone en un mayor rango de temperaturas. Independientemente del tipo de materia prima utilizada, el aumento de temperatura de pirólisis promueve el desarrollo de una microestructura de biocarbón y el aumento de microporos en su superficie. En general, la temperatura de pirólisis afecta el área de la superficie, el pH, el contenido de carbono, la carga superficial, la estabilidad, la fracción volátil y otras propiedades fisicoquímicas. Una alta temperatura mejora el contenido de carbono de los compuestos de bioaceites y reduce la concentración de oxigenados, debido a las reacciones de descarboxilación y deshidratación. Aunque la cantidad de carbono total en el biocarbón generalmente aumenta con la temperatura de pirólisis, la cantidad de carbono mineralizable (C_{min}) disminuye, debido a la reducción de moléculas orgánicas en anillos aromáticos y la pérdida de grupos funcionales COOH, ROH y C=N, (Zheng, 2013).

- La tasa de calentamiento. A una velocidad de calentamiento relativamente baja, la degradación de la biomasa se minimiza y aumenta el rendimiento del biocarbón, lo que favorece la formación de estructuras aromáticas en el biocarbón. Por el contrario, la pirólisis de biomasa a una alta velocidad de calentamiento puede producir grandes cantidades de productos líquidos y minimizar la producción de biocarbón, (Zheng, 2013).
- El tiempo del proceso. Un tiempo de residencia prolongado y una temperatura relativamente baja son condiciones ideales para obtener un alto rendimiento de biocarbón; cuanto mayor sea el tiempo de residencia de la pirólisis, mayor será el tiempo de residencia de los volátiles y mayor será la biomasa después de la reacción de polimerización. Aumentar el tiempo de residencia conduce a una disminución en la producción total de carbono, pero a un aumento en el contenido de carbono fijo. Generalmente se aceptan como adecuados los tiempos de residencia cortos de segundos a minutos, si lo que se busca es la producción de líquidos por pirólisis. Sin embargo, en tiempos de residencia muy cortos es dudoso concebir una

conversión completa de biomasa debido a las dificultades de transferencia de calor en la superficie de las partículas.

- Tipo de biomasa. La biomasa verde (biomasa sin reducir su humedad) regularmente contiene alrededor de 50-60 % m/m de contenido de humedad. Por lo tanto, es necesario secar la biomasa previamente a menos del 30 % m/m de humedad inicial en el sistema de pirólisis. El secado solar con aire ambiental puede reducir el contenido de humedad en un rango de 3-12 % m/m. Alternativamente, también son útiles el secado por calor residual proveniente de otros procesos como evaporación o combustión en calderas y los secadores mecánicos. Los contenidos de humedad muy altos en la biomasa ralentizan la velocidad de su calentamiento.
- La tecnología empleada y los parámetros de trabajo. La pirólisis generalmente se realiza en condiciones atmosféricas o de baja presión, y solo unos pocos investigadores han estudiado los efectos de la presión de pirólisis sobre las propiedades del biocarbón. La alta presión prolonga el tiempo de retención del vapor de pirólisis y aumenta la velocidad de descomposición. El aumento de la presión de pirólisis a 5, 10 y 20 bar bajo presión normal, conducirá al aumento de las partículas de biocarbón y a la disminución de su actividad (Basile, 2014).

Se seleccionan la cascarilla de arroz, la cascarilla de café, la cáscara de almendra y el pino como biomásas para ser utilizadas en la comparación, dado que presentan similitudes en varias características con la biomasa en análisis. La cáscara de almendra y los residuos de pino presentan un porcentaje de humedad inferior a 10, el contenido de cenizas en el rango del 2-10 % y valores muy cercanos en cuanto a los componentes: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno. Todas estas biomásas han sido utilizadas para la obtención de biocarbonos y para establecer la comparación se tuvieron en cuenta:

Humedad

Es la cantidad de agua presente en los poros de la biomasa, que tiene la capacidad de absorber, su presencia incrementa el peso del producto, dificulta y genera humos durante la transformación de la materia prima (Goche, 2023).

Cenizas

Hace referencia a los residuos sólidos de la combustión producidos en altas temperaturas de los silicatos, carbonatos, sulfatos y otros minerales; afecta la manipulación y los costos globales del proceso y en gran cantidad se consideran un contaminante ambiental (Sánchez, 2019).

Poder calórico

Es la cantidad de energía máxima en forma de calor que se puede liberar por unidad de masa de un combustible, al ser sometido a una reacción química de oxidación, mejor conocido como combustión, (Hernández, 2018).

Volátiles

Son los gases que posteriormente se pueden condensar formando residuos líquidos, alquitranes y ácidos piroleñosos que permanecen después del proceso de la torrefacción.

Análisis elemental, CHON

Es una técnica que permite determinar el contenido total de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno presentes en un amplio rango de muestras de naturaleza orgánica e inorgánica, tanto sólidas como líquidas; se basa en la completa e instantánea oxidación mediante una combustión con oxígeno puro, en el cual el carbono e hidrógeno se oxidan exotérmicamente formando CO₂ y H₂O (Medina, 2020). Las principales áreas de aplicación son: análisis de fármacos, suelos y sedimentos, polímeros, industria alimenticia, control ambiental, materiales agrícolas, productos naturales, aceites, biomasa forestal y carbón, entre otras.

En la Tabla 1 se presenta una caracterización de biomásas como cascarilla de arroz, CA; cascarilla de café, CC; cáscara de almendra, CL; restos de pino, RP y cáscara de semilla de Moringa, CSM, esta última en análisis. Los resultados arrojan que la cáscara de semilla de Moringa pudiera ser ensayada bajo condiciones similares en que se procesan, mediante pirólisis, las biomásas seleccionadas para tomar de referencia.

Tabla 1. Caracterización de biomásas seleccionadas y biomasa en análisis

B	H %	CEN %	V %	PC cal/g	Análisis Elemental			
					C	H	O	N
CA	13,59	9,53	67	3957	37,5	5,0	31,2	0,21
CC	10,1	3,7	82	7218	50,3	5,3	43,8	0,75
CL	6,5	2,7	90	4750	48,2	5,8	45,6	2,4
RP	5,8	3,3	70,7	-	47,9	7,0	41,4	0,1
CSM	4,75	5,47	-	-	-	-	-	-

Donde:

- B: Biomásas
- H: Contenido de humedad..... %
- CEN: Contenido de cenizas..... %
- V: Contenido de Volátiles..... %
- PC: Poder calórico..... (cal/g)
- C: Contenido de Carbono.....%
- H: Contenido de Hidrógeno..... %
- O: Contenido de Oxígeno..... %
- N: Contenido de Nitrógeno.....%

En la Tabla 2 se presentan resultados del proceso de pirólisis aplicado a materias primas como Residuos de Pino y Cascarilla de Almendra a temperatura 350 y 500 °C; primero a 0 bar de presión y luego a 40 bares con el fin de determinar el mayor rendimiento para productos sólidos. Según los experimentos de pirólisis en otras biomásas con similares características consultados, los máximos rendimientos obtenidos de biocarbón se corresponden con las condiciones anteriormente expuestas. Esto permite que de los productos finales entre un 40-50 % sea biocarbón y se espera que tenga un contenido de humedad <5 %, el contenido de carbono >75 %, cenizas <8 % y los porcentajes de hidrógeno y nitrógeno sean inferiores a un 4 %. También se espera que alcance un Poder Calórico en el rango de 15-18*(10³) kJ/kg.

En la Tabla 3 se plantea la propuesta de ensayos para aplicar proceso de pirólisis lenta a cáscara de semilla de moringa considerando la literatura consultada; según la bibliografía los biocarbones utilizados para obtener carbón activado pueden presentar características similares a las propuestas anteriores (Basile, 2014).

Tabla 2. Condiciones del proceso de pirólisis y productos obtenidos

Nº de Ensayos	B	T °C	P bar	Bioa (g)	FO (g)	Bioc (g)	Bioa (%)	FO (%)	Bioc (%)	Py-gas (%)
1	Residuo de pino	500	0	31,4	16,30	20,0	52,33	27,17	33,33	14,33
2		500	40	24,3	6,73	22,1	40,50	11,22	36,83	22,67
3		350	0	23,7	13,20	29,1	39,50	22,00	48,50	12,00
4		350	40	22,7	4,57	26,1	37,83	7,62	43,50	18,67
5		350	80	22,1	3,77	27,6	36,83	6,28	46,00	17,17
6	C. Almendra	500	0	27,5	13,60	23,1	45,83	22,67	38,50	15,67
7		500	40	26,6	11,83	20,1	44,33	19,71	33,50	22,17
8		350	0	28,5	15,57	22,4	47,50	25,95	37,33	15,17
9		350	40	27,2	13,01	27,2	45,33	21,68	45,33	9,33
10		350	80	17,9	7,30	30,8	29,83	12,17	51,33	18,83

Donde:

- T: Temperatura del proceso de pirólisis lenta.....°C
- P: Presión del proceso de pirólisis lenta.....bar
- Bioa: Contenido másico de Bioaceite.....g
- FO: Contenido másico de la Fracción oleosa.....g
- Bioc: Contenido másico del Biocarbón.....g
- Py-gas: Contenido de líquido muy inestable.....,..... %

Tabla 3. Condiciones propuestas para la pirólisis lenta con cáscara de semilla de Moringa

Ensayo	T °C	P bar	Bioc %	Hc %	Cen% %	C> %	PC>*10 ^{^3} KJ/Kg
1	350	1	40-50	5	8	75	15
2	350	40	40-50	5	8	75	15
3	500	1	40-50	5	8	75	15
4	500	40	40-50	5	8	75	15

Donde:

T: Temperatura..... °C
 P: Presión..... Bar
 Bioc.: Biocarbón.....%
 H: Humedad.....%
 Cen.: Cenizas.....%
 C: Carbono.....%
 PC: Poder Calórico.....KJ/Kg

IV. Conclusiones

Las cáscaras de frutos y semillas citadas en esta investigación poseen la capacidad para la obtención de carbón activado.

Se puede inferir que la cáscara de semilla de Moringa puede ser potencialmente analizada para la obtención de materiales absorbentes.

Tras la revisión de literatura especializada se propone aplicar a la cáscara de semilla de Moringa un proceso de pirólisis lenta.

Se propone para las condiciones del proceso de pirólisis trabajar con los siguientes parámetros: temperatura a 350-500 °C; presión a 1 y 40 bar; humedad y cenizas menor de 5 y 8 % respectivamente, mientras que carbono > 75 % y el poder calórico entre 15-18*10^{^3} KJ/kg.

V. Recomendaciones

Se recomienda realizar los experimentos necesarios para obtener resultados reales en un proceso de pirólisis lenta aplicado a la cáscara de semilla de moringa.

Evaluar condiciones para la activación del carbón.

Determinar las características del carbón como material absorbente.

VI. Referencias Bibliográficas

- Arteaga, L.E., *et al.* (2015). Gasificación de biomasa para la producción sostenible de energía. Revisión de las tecnologías y barreras para su aplicación. *Afinidad*, Vol. 72 No. 570, ISSN 0001-9704, pp. 138-145.
- Basile, L. *et al.*, (2014) Influence of pressure on the heat of biomass pyrolysis. *Fuel*, 137: pp. 277-284.
- Basterra, L.E. *et al.* (2020). Actualización del balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina. http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/19-Actualizacion-balance-biomasa.pdf.
- Biswas, B. *et al.*, (2018). Pyrolysis of agricultural biomass residues: Comparative study of corn cob, wheat straw, rice straw and rice husk. *Bioresource technology*, 237: pp. 57-63.

- Bustamante García, V. *et al.* (2016). Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 38 (7), pp. 5-23.
- Goche, J.R. *et al.* (2023). Propiedades físicas y biomasa fustal de *Pinus engelmannii* proveniente de una plantación en Durango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(10). <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3004>
- Gómez, N. *et al.*, (2018). Slow pyrolysis of relevant biomasses in the Mediterranean basin. Part 1. Effect of temperature on process performance on a pilot scale. *Journal of cleaner production*, 120: pp. 181-190.
- Herrera, J.A.L.C., (2020). Energía de la biomasa y el agua, Editorial Elearning, SL.
- Isahak, W.N.R.W. *et al.*, (2012). A review on bio-oil production from biomass by using pyrolysis method. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(8): pp. 5910-5923.
- Klug, M. (2012). Pirólisis, un proceso para derretir la biomasa. *Revista de Química*, 26 (1-2), pp. 37-40. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/download/5547/5543/>
- Medina Pinos, J.G. (2020). Caracterización de biomasa residual de la poda de árboles del cantón Cuenca mediante el análisis TGA, elemental y poder calórico para la producción de Biochar. Universidad Católica de Cuenca. En: <https://dspace.ucacue.edu.ec/>. Consultado en julio de 2023.
- Sánchez, Y. *et al.* (2019). Evaluación de las condiciones experimentales básicas para la producción de biomasa a partir de la microalga *Chlorella vulgaris*. *Afinidad*, 76 (585).
- Serrano, C.F. (2018). Caracterización físico-química del aceite de semillas de Moringa *oleifera* para su uso con fines energéticos, Centros de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables, Ceter, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.
- Singh, A.K. *et al.* (2020). Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop Moringa *oleifera* Lam: An overview. *South African Journal of Botany*, 129: pp. 209-220.
- Tumuluru, J.S. *et al.* (2012). Formulation, pretreatment, and densification options to improve biomass specifications for co-firing high percentages with coal. *Industrial Biotechnology*, 8 (3), pp. 113-132.
- Villalba Vidales, J.A. y Arzola de la Peña, N. (2015). Modelos matemáticos y experimentales sobre el secado de biomasa. *Ingeniería Desarrollo* 33(2): pp. 301-330.
- Zheng, H. *et al.* (2013). Sorption of antibiotic sulfamethoxazole varies with biochars produced at different temperatures. *Environmental Pollution*, 181, págs. 60-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.05.056>

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Dayrel Bravo Elers: investigación, redacción borrador original.

Martha Mazorra Mestre: metodología, redacción borrador original, revisión.

Manuel Pla Duporté: redacción borrador original.

Cándida Ferrer Serrano: revisión.

Recibido: 2 de octubre de 2023

Aceptado: 20 de octubre de 2023

TRANSICIÓN AGROECOLÓGICA EN CUATRO FINCAS DE LA CCS ROLANDO REINA RAMOS, BENEFICIARIAS DEL PROYECTO CLIM@S

Por PhD Leidy Casimiro Rodríguez*, PhD Giraldo Jesús Martín Martín**,
M. Sc. Disney Prado Jiménez***, , PhD Alexander Calero Hurtado**** y Lic. Yaimé García Herrera*****

- * PhD Agroecología. Universidad de Sancti Spíritus. Profesora Titular, Centro Universitario Municipal Taguasco.
<https://orcid.org/0000-0002-0530-3786>, Teléf.: +53 52408610.
E-mail: leidy7580@gmail.com
- ** Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas.
<https://orcid.org/0000-0002-8823-1641>, Teléf.: +53 53990917.
E-mail: giraldo.ihatuey@gmail.com
- *** M. Sc. Ciencias de la Educación. Universidad de Sancti Spíritus. Profesora Auxiliar, Centro Universitario Municipal Taguasco.
<https://orcid.org/0000-0003-2932-3308>, Teléf.: 52729696, 54595589.
E-mail: disneypradojimenez75@gmail.com
- **** PhD Ciencias Agrícolas. Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez. Profesor Auxiliar, Centro Universitario Municipal Taguasco.
<https://orcid.org/0000-0001-6536-2908>, Teléf.: 55546763.
E-mail: alexcalero34@gmail.com
- ***** Gobierno Municipal de Taguasco.
https://0009_0003_1352_7549, Teléf.: +53 52408610.
E-mail: yaimegarcia6@gmail.com

Resumen

En la actualidad la agroecología emerge como una alternativa para producir de manera más limpia, sostenible y justa, en la búsqueda de la soberanía alimentaria y la dinamización de las economías rurales y locales. La investigación se realizó en cuatro fincas del municipio de Taguasco, Sancti Spíritus, beneficiadas por el Proyecto «Creación de capacidades para la resiliencia climática y la agroenergía desde el liderazgo de las mujeres en el municipio Taguasco (CLIM@S)», durante el segundo semestre del 2023. Tuvo como objetivo evaluar la transición agroecológica en estas fincas y co-generar propuestas para la transformación agroecológica de una manera más efectiva según los recursos locales y el diálogo de saberes. Para dar cumplimiento a este objetivo se usaron las metodologías de Evaluación de Resiliencia Socioecológica de Casimiro (2016a) y Metodología de Diagnóstico para Iniciar la Transformación Agroecológica de Venegas *et al.* (2018), a partir de recorridos de campo y diálogos con las familias involucradas. Se estableció la línea base del proyecto con el diagnóstico realizado, que arrojó una resiliencia socioecológica de mediana a baja en las cuatro fincas. Se evidenciaron líneas estratégicas para la transición agroecológica a niveles superiores, con la participación de las familias campesinas y otros actores del sistema alimentario en Taguasco.

Palabras clave: agroecología, participación, diagnóstico, estrategias.

AGROECOLOGICAL TRANSITION IN FOUR FARMS OF THE CCS ROLANDO REINA RAMOS, BENEFICIARIES OF THE CLIM@S PROJECT

Abstract

Agroecology is currently emerging as an alternative to produce in a cleaner, more sustainable and fairer way, in the search for food sovereignty and the revitalisation of rural and local economies. The following research was carried out on four farms in the municipality of Taguasco, Sancti Spíritus, which benefited from the project

"Capacity building for climate resilience and agro-energy from the leadership of women in the municipality of Taguasco (CLIM@S)", during the second half of 2023. It aimed to assess the agroecological transition on these farms and co-generate proposals for agroecological transformation in a more effective way according to local resources and knowledge dialogue. To meet this objective, the methodologies of the Socioecological Resilience Assessment by Casimiro (2016a) and the Diagnostic Methodology for Initiating Agroecological Transformation by Venegas et al. (2018) were used, based on field visits and dialogues with the families involved. The baseline of the project was established with the diagnosis carried out, which showed a medium to low socio-ecological resilience in the four farms. Strategic lines for the agroecological transition to higher levels were identified, with the participation of farming families and other actors in the food system in Taguasco.

Keywords: agroecology, participation, diagnosis, strategies.

I. Introducción

El modelo productivo en el sector agropecuario cubano transita, inevitablemente, de una agricultura convencional a otra sostenible de bajos insumos químicos y energéticos, en armonía con el medio ambiente, debido a las consecuencias ecológicas, económicas y sociales de las prácticas convencionales de la agricultura industrial (Rodríguez, 2009).

La agricultura cubana, desde sus inicios, se caracterizó por el monocultivo, la dependencia de mercados de exportación y la sobreexplotación de los recursos naturales. Este modelo, intensificado con la Revolución Verde y la agricultura convencional, con el consiguiente incremento de la dependencia externa, ha causado impactos negativos sobre los suelos, la biodiversidad y los bosques, así como deforestación extensiva y altos costos de producción, entre otros (Funes, 2018; Casimiro *et al.*, 2020).

Esta agricultura ha mostrado bajos niveles de autosuficiencia, ineficiencia en el uso de la energía, el desplazamiento y pérdida de los valores y tradiciones vinculadas a la vida familiar en el campo y a la producción agropecuaria (Funes-Monzote, 2018, Casimiro *et al.*, 2018), sin que el país haya logrado autoabastecerse de alimentos producidos en territorio nacional, desde que fuera colonia española hasta la actualidad (Casimiro, 2016a).

Sin embargo, las fincas familiares cubanas contribuyen con innovaciones locales que permiten dar respuestas a las difíciles situaciones que se enfrentan en el país. De ahí la importancia de la identificación de faros exitosos construidos a base de prácticas novedosas y su difusión a otros lugares y agricultores familiares, para articularlos en procesos que favorezcan procesos sostenibles de vida en el campo (van der Ploeg, 2013).

En este sentido, la agroecología es un paradigma y una oportunidad de abordar retos de conservación ambiental y patrimonial, explorar otro modelo, producir y consumir alimentos reactivando los mercados locales, generar oportunidades de empleo y renovar los instrumentos de gestión de los sistemas alimentarios, con énfasis en el fomento de la agricultura familiar.

La producción campesina de alimentos a través de sistemas con alto grado de integración agroecológica es una opción eficaz, pues, comparada con el costo de los insumos importados y la inestabilidad de los índices productivos de la agricultura convencional, es más fructífera, estable, resistente a los embates económicos y climáticos, no atenta contra

la salud humana ni el medio ambiente, sino que produce alimentos sanos, en armonía con la naturaleza.

En este contexto, el municipio Taguasco cuenta con amplia presencia campesina, pero sin una apropiación de los principios agroecológicos que a nivel de finca contribuyan con la sostenibilidad de la agricultura familiar. No existe un diagnóstico ni proyección estratégica para la transición agroecológica de fincas familiares de forma tal que contribuyan con los sistemas alimentarios locales sobre bases sostenibles.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue realizar un diagnóstico de transición agroecológica, con la participación de cuatro familias campesinas, para considerar estrategias colectivas para la transición y contribución al sistema alimentario local de Taguasco.

II. Materiales y métodos

Para el estudio se definió como población a las 57 fincas campesinas pertenecientes a la CCS Rolando Reina Ramos de Taguasco, provincia de Sancti Spíritus, de las cuales se consideró como criterio de inclusión para la investigación las que estuvieran participando como beneficiarias directas del proyecto Clim@s, por lo que la muestra es de cuatro fincas familiares.

El diagnóstico se realizó con la participación de las familias campesinas, a través del diálogo de saberes, realización de encuestas y recorridos de campo, usando las metodologías de Diagnóstico para Iniciar la Transformación Agroecológica de los Agroecosistemas propuesta por Venegas *et al.* (2018) y la Metodología para la Evaluación de la Resiliencia Socioecológica de Casimiro *et al.* (2017).

El método de diagnóstico está concebido por etapas que son complementarias y que pueden ser realizadas de manera secuencial, a diferentes velocidades según sea la complejidad de cada caso, la experiencia del evaluador y la disposición de las mujeres y sus familias campesinas. Este conjunto de datos recolectados e información cualitativa y cuantitativa constituye el diagnóstico de las fincas familiares objeto de estudio y la línea base del Proyecto «Creación de capacidades para la resiliencia climática y la agroenergía desde el liderazgo de las mujeres en el municipio Taguasco», cuyo nombre reducido es «Clim@s».

Con la investigación se definió la línea base de Clim@s, que se define como el estado actual de funcionamiento de

las cuatro fincas en función de los primeros dos niveles que el diagnóstico puede caracterizar (Tablas 1 y 2), y que determinará los puntos esenciales que se deben abordar a futuro, a través de un diagnóstico colectivo con las familias campesinas para iniciar o profundizar el proceso de transición agroecológica.

Tabla 1. Etapas abordadas por la metodología de diagnóstico agroecológico

Primera etapa:	Funcionamiento de los Principios agroecológicos en el agroecosistema
Segunda etapa:	Evaluación de los índices e indicadores de resiliencia socioecológica (tabla 2)

La etapa 1 correspondió al análisis del estado del agroecosistema en función de los principios agroecológicos generales: biodiversidad del agroecosistema; reciclaje; manejo ecológico de suelo; control natural de plagas y enfermedades; interrelación entre los subsistemas prediales; aplicación del conocimiento tradicional. Para la operación de este nivel en el sistema, cada uno de los principios agroecológicos considerados se evalúa en base a una escala de 1 a 10, donde 1 corresponde a una expresión muy deficitaria de ese principio en el agroecosistema, 5 es un valor intermedio y 10 la expresión más desarrollada de ese indicador en el sistema. Dentro de ese rango el equipo diagnosticador, donde la participación de la familia campesina y sobre todo de las mujeres líderes del proceso, fue irremplazable, se le asignó un valor a lo que en la práctica fue posible observar en la finca. Con esos valores se diseñaron representaciones gráficas comparativas entre las cuatro fincas que permitieron generar una imagen de lo que está ocurriendo en cada sistema.

En la segunda etapa se realizó la evaluación de conjunto con las familias campesinas y se aplicó la Metodología para la Evaluación de la Resiliencia Socioecológica (MERS) de Casimiro (2016) (Tabla 2), en la que se plasmó la captura de la información de las cuatro fincas usando entrevistas semiestructuradas y recorridos de campo, que permitieron obtener los datos necesarios para realizar el cálculo de los diferentes indicadores e índices de resiliencia socioecológica (RSE).

Los valores asignados al conjunto de indicadores entregaron un valor promedio para cada principio agroecológico o índice de resiliencia. Los valores promedio obtenidos para todas las dimensiones permitieron generar una visión global del comportamiento agroecológico de las fincas, a través de la representación en un gráfico radial. Esta es una especie de fotografía de cada predio en función del estado de todas estas dimensiones.

La participación consciente y activa de las familias se concibió como crucial en el proceso de diagnóstico para la futura generación y apropiación de estrategias, conocimientos y capacidades, trazando una etapa inicial en un camino pertinente y técnicamente responsable para la transición agroecológica.

III. Resultados y discusión

El proyecto Clim@s está financiado por el programa de Pequeñas Donaciones del (FMAM), el mismo pretende demostrar como con acciones locales para la transición energética basada en el uso de las fuentes renovables de energía (FRE) y el liderazgo de las mujeres, el aprendizaje colectivo y la implementación de acciones puntuales facilitadas por pequeñas cantidades de recursos finan-

cieros, se pueden obtener impactos significativos en el beneficio a comunidades campesinas, en la oferta de nuevos productos en el mercado local que dependen hasta ahora de importaciones, elevar los índices de eficiencia, mejorar la calidad de vida de los beneficiarios directos e indirectos y prácticas para el mejoramiento del medioambiente en la mitigación y adaptación al cambio climático.

El proyecto prioriza el uso de tecnologías apropiadas para el aprovechamiento de las FRE y la eficiencia energética. Se enfoca en fomentar, desde la pequeña escala y con mujeres líderes empoderadas, principios extrapolables y buenas prácticas agroecológicas en la CCS Rolando Reina Ramos, otras CCS aledañas y en el resto de escenarios agroproductivos de Taguasco. Las prácticas se fundamentan en la capacitación y sensibilización para conocer y ofrecer alternativas energéticas que generarán beneficios socioeconómicos, con énfasis en la introducción de sistemas de riego fotovoltaicos, la diversificación de la producción de alimentos y de cultivos de plantas oleaginosas para la obtención de aceites vegetales como nuevo producto para las familias campesinas y la comunidad.

El proyecto pretende contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático y a la diversidad ecológica y cultural con la creación de una red articulada de mujeres líderes promotoras de buenas prácticas, agroecología y tecnologías para la transición de sus fincas y otros escenarios, basada en la resiliencia, la biodiversidad, el uso de recursos locales y las fuentes renovables de energía, contribuyendo así a la captación de CO₂ y orientado a una comunidad campesina baja en emisiones de carbono.

El proceso de diagnóstico ejecutado permitió comprender la dinámica interna de cada finca en distintos niveles, permitiendo fijar la condición de inicio del proceso de transición agroecológica.

La investigación tuvo lugar en el municipio de Taguasco en cuatro fincas familiares ubicadas en la CCS Rolando Reina Ramos, ubicada en Zaza del Medio, en el centro de Cuba tanto en mapa vertical como horizontal, un lugar poblado en la provincia de Sancti Spíritus.

En la tabla 3 se muestran algunas de las características de las fincas seleccionadas.

El estudio de las fincas que están en diferentes etapas de transición agroecológica, ayuda a la representatividad de la agricultura familiar en la región, ya que al estar más avanzadas que el resto en el proceso de transición, los elementos desfavorables a corregir son más evidentes que en fincas menos avanzadas. Por tanto, el análisis puede ser válido para las fincas familiares restantes en el territorio.

Este estudio se basa en un enfoque participativo, lo que significa que los resultados son parte de una negociación con los participantes, para crear un proceso de aprendizaje (Chambers, 1994) con las familias campesinas involucradas en la investigación, y para ellas. En una primera fase se realizó la recopilación de información cuantitativa de cada sistema socioecológico a partir de los cuestionarios de diagnóstico (Casimiro, 2016), que permitieron obtener los datos necesarios para realizar primeramente al análisis del estado del agroecosistema en función de los principios agroecológicos generales en las fincas estudiadas. Paralelamente a la recopilación de datos cuantitativos, se obtuvo la información cualitativa a partir de la observación durante la convivencia con las familias y de las encuestas semiestructuradas y formuladas.

Tabla 2. Descripción de los indicadores utilizados para la obtención de los cuatro índices (SA, ST, SE y EE) para la creación del IRS

Índice	Indicador	Peso relativo	Descripción
Soberanía Alimentaria (SA)	Pp	0,33	Cantidad de personas alimentadas por proteína de origen animal y/o vegetal/ha/año
	Pe	0,01	Cantidad de personas alimentadas por energía de origen animal y/o vegetal /ha/año
	Af	0,66	Porcentaje de la alimentación de la familia que vive en la finca que se satisface por lo producido en la misma.
Soberanía Tecnológica (ST)	IUT	0,0054	Índice de Utilización de la Tierra. Cantidad de hectáreas necesarias para sembrar en monocultivo y obtener el mismo rendimiento que se obtiene en una hectárea de policultivo.
	IE	0,2013	Nivel de insumos no generados o aprovechados en la finca que se utilizan en el sistema productivo (%)
	H	0,2814	Diversidad de la producción utilizando el índice de Shannon. Valora la diversidad de la producción, considerando su asociación y/o la rotación. Incluye la producción total de cada producto agrícola o pecuario y la total del sistema
	IAFRE	0,4011	Índice de aprovechamiento del potencial de Fuentes Renovables de Energía asociado a tecnologías apropiadas.
	IIF	0,1108	Intensidad Innovadora de la finca. Nivel de ejecución de las actividades de innovación que existen en la finca campesina para el diseño y manejo agroecológico (%)
Soberanía Energética (SE)	EE	0,4524	Eficiencia energética. Relación del total de Megajoules (MJ) producidos en la finca (ya sean referentes a la producción de alimentos, al aprovechamiento de las FRE con tecnologías, a la mano de obra o trabajo animal o a la producción de fertilizantes) entre los importados al sistema
	EF	0,3174	Porcentaje de energía aprovechada desde la finca (humana, animal, FRE). Energía aprovechada en la finca a partir de los recursos del propio sistema (%).
	BE	0,2265	Balance energético. Toma en cuenta el volumen de producción agropecuaria y su contenido energético, y el costo energético que implicó producir esa energía alimentaria con insumos externos.
	CEP	0,0037	Costo energético de la producción de proteína. Costo energético total que implicó producir la proteína alimentaria con insumos externos al agroecosistema.
Eficiencia Económica (EE)	CBR	0,1	Relación costo/beneficio. Relación que indica el costo por peso.
	IDIE	0,9	Índice de dependencia de recursos externos. Relación entre la inversión en insumos externos relacionada con la inversión total (incluye recursos endógenos).

Tabla 3. Datos generales de las fincas seleccionadas

Finca	Nombre	Infraestructura de la finca	Área (ha)		Viven en la finca	Miembros de la familia		Edad promedio de los q laboran y son familia
			Propiedad	Usufructo		Laboran	No laboran	
1	San Francisco	Regular	16.68		Si	3		48
2	Las Tapias	Regular	24.0		Si	1	2	51
3	Los Capucha	Regular	13.42		Si	3	1	46
4	La Carmencita	Regular	16.78		Si	3		48

A continuación se refleja en la Fig. 1 la evaluación de las fincas estudiadas sobre la base de los principios agroecológicos.

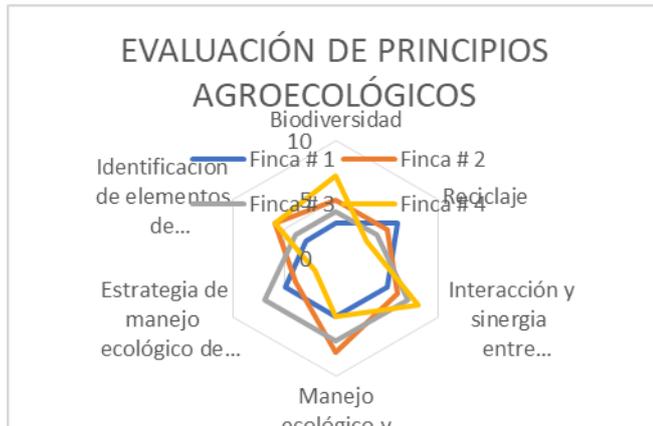


Fig. 1. Evaluación de los Principios Agroecológicos de las fincas seleccionadas.

Seguidamente se muestra el resultado obtenido de la evaluación de cada principio, y cómo se comportan en las fincas seleccionadas.

Principios agroecológicos

Con respecto al primer principio sobre estimular la máxima biodiversidad existen dos fincas (1 y 3) que coinciden con el resultado de que la misma es escasa en general, y las fincas (2 y 4) cuentan con una mediana biodiversidad general en el predio.

Al referirnos al segundo principio sobre la tasa de recirculación de nutrientes dentro del sistema, o tasa de reciclaje, se observó que las fincas (1 y 2) cuentan en algunos sectores con un reciclaje parcial y las fincas (3 y 4) no cuentan ni poseen hábitos de reciclaje.

El principio tercero, aumentar las interacciones de los componentes del sistema, o sea, el nivel de interacción y complementación entre componentes del sistema en este, solamente la finca (1) obtiene una baja evaluación, por lo que se dictamina que no están presentes todos los componentes de un sistema diversificado y no se aprecian conexiones funcionando; todo lo contrario sucede en las fincas (2, 3 y 4) donde se aprecia que en ellas existen todos los componentes, pero sin un diseño que genere interacciones ecológicas positivas.

Cuarto principio, el cual refiere cómo asegurar la buena condición del suelo mediante la implementación de prácticas tendientes a la conservación de la estructura y funcionamiento de la biología del suelo, las fincas (1 y 4) no realizan prácticas de conservación de suelo ni aplicaciones sistemáticas de materia orgánica, y las fincas (2 y 3) realizan prácticas limitadas de protección de suelo y aplicaciones esporádicas de materia orgánica.

Con respecto al quinto principio sobre cómo diseñar y fortalecer un sistema de manejo ecológico de plagas y enfermedades mediante las prácticas y mecanismos naturales (controladores biológicos, rotaciones, etc.), se observó que las fincas (1, 2 y 4), obtuvieron resultados bajos, por lo que se concluye que en ellas no realizan prácticas ecológicas ni naturales para el manejo de plagas y enfermedades, sola-

mente la finca 3 realiza prácticas limitadas de protección natural de plagas y en ocasiones se usan pesticidas en forma combinada.

Y por último y no menos importante, el principio seis, considerar las bases culturales de los sistemas tradicionales, o sea, contar con el conocimiento práctico y teórico basado en los sistemas patrimoniales heredados y la identidad cultural, las fincas (1, 2 y 3) coinciden en que no conocen ni realizan prácticas tradicionales identificables en el sistema de manejo predial, y la finca 4 obtiene un resultado en el cual se observa que existe un nivel mediano de prácticas tradicionales en uso en el predio, que se corresponden con principios agroecológicos variados.

Para una mejor interpretación de estos resultados sobre el cumplimiento en las fincas de los principios agroecológicos, se muestra los mismos en la tabla 4.

Tabla. 4. Resultado de los principios agroecológicos aplicados a las fincas seleccionadas

Principios Agroecológicos	Fincas Seleccionadas			
	San Francisco	Las Tapias	Los Capucha	La Carmencita
Biodiversidad	Escasa	Mediana	Escasa	Mediana
Reciclaje	Mediana	Mediana	Escasa	Escasa
Interacción de los componentes del sistema	Escasa	Mediana	Mediana	Mediana
Conservación de los suelos	Escasa	Mediana	Mediana	Escasa
Manejo de plagas y enfermedades	Escasa	Escasa	Mediana	Escasa
Identificación de elementos de conocimiento tradicional	Escasa	Escasa	Escasa	Mediana

Cada sistema de producción representa un grupo distinto de prácticas de manejo y, en consecuencia, de relaciones ecológicas. Esto subraya el hecho de que los diseños agroecológicos son específicos de sitio, y lo que pueden aplicarse en otros lugares no son las técnicas, sino los principios ecológicos que subyacen a la sostenibilidad. Transferir tecnologías de un sitio a otro es inútil si el conjunto de las interacciones ecológicas asociadas con esas técnicas no se puede replicar (Nicholls *et al.*, 2015). Estos autores destacan que no hay dos procesos de transición agroecológica iguales pues numerosos factores van a incidir en su viabilidad, ritmo de desarrollo y alcance:

- La importancia social y visibilidad de la agricultura en la zona.

- La fortaleza del conocimiento agrario y de las estructuras organizativas tradicionales.
- La presencia de experiencias previas agroecológicas y la existencia de mercados campesinos.
- La presión sobre el territorio de otras actividades económicas.
- Los conflictos sociales preexistentes.
- La cercanía a núcleos urbanos importantes que puedan facilitar alianzas con actores urbanos.
- La fortaleza de las redes/organizaciones socio-políticas campesinas, etc., van a condicionar todo el proceso, desde el diagnóstico de los problemas hasta la aplicación y el éxito de la estrategia decidida para superarlos.

El análisis de los principios agroecológicos y los resultados alcanzados en las fincas seleccionadas mostró la aplicación de los mismos a nivel de agroecosistema, evidenció la necesidad de diseñar e implementar programas de capacitación a partir del conocimiento tanto de los campesinos como de los centros de investigación, enfocados en la transición agroecológica y la importancia del trabajo en equipo, y la necesidad de un amplio y detallado proceso de diagnóstico, así como la integración de todas las estructuras ligadas al estudio de casos presentado.

La tabla 5 refleja los resultados de los índices e indicadores de resiliencia obtenidos a partir de MERS (Casimiro, 2016), aplicados en las fincas seleccionadas.

El indicador de autoabastecimiento familiar (AF) obtuvo resultados por debajo del 66 % en las tres fincas, lo que indica que el autoabastecimiento familiar se logra con un resultado desfavorable.

En general, todas las fincas en estudio tuvieron un ISA muy por debajo de la media y ello significa que no poseen un control total de sus dietas y productos que las conforman, por lo que estos resultados no concuerdan con los estudios de Ploeg (2013) y Casimiro (2016), y con los preceptos de la vía campesina internacional, que plantean que la agricultura familiar se debe autoabastecer, en su gran mayoría, con los alimentos que se producen en sus predios.

En el segundo índice, el de soberanía tecnológica (IST), todas las fincas seleccionadas estuvieron en un valor bajo, lo que quiere decir que en estas fincas no se han sabido aprovechar las fuentes renovables de energía con tecnologías apropiadas; no obstante, en este índice obtuvieron los mejores resultados los indicadores en el índice de utilización de la tierra (IUT), y la Intensidad Innovadora de la finca (IIF), pues las fincas cuentan con eficiencia productiva basada en el uso de policultivos y tienen aptitud para el cambio a partir de la innovación y los intereses de los miembros de la familia.

Aunque se debe destacar que el indicador IAFRE es pobre, en una de las fincas se cuenta con el uso de molino de viento y dos están en espera de montar paneles fotovoltaicos y sistema de riego fotovoltaicos con el apoyo del proyecto Clim@s, lo que contribuirá a mejorar su calidad de vida, la producción de la finca y su eficiencia tecnológica y energética.

Con respecto al índice de soberanía energética (ISE), las fincas 2 y 3 tienen eficiencia en el uso de la energía pues son capaces de producir más de 2 megajoules de energía por

megajoule consumido, mientras que las demás fincas son muy ineficientes energéticamente.

Se observó que todas tienen por objeto la siembra de cultivos varios y ganadería. Existe una relación entre el índice soberanía tecnológica y los principios agroecológicos, pues, en realidad, este índice depende del diseño y del manejo de los sistemas, de la biodiversidad, del aprovechamiento de los espacios y de las labores culturales basadas en estos principios. Vázquez (2015) y Funes-Monzote (2018) han señalado que los sistemas de producción agropecuaria basados en la agroecología integran diversidad de especies de cultivos agrícolas, animales y árboles mediante diseños complejos, en campos de diferentes dimensiones, para favorecer multifunciones que reducen prácticas degradativas e insumos externos, así como aumentan los servicios ecológicos.

Con respecto al índice de soberanía energética estas fincas tienen aún muchas oportunidades para mejorar; básicamente, lo más importante es reducir la demanda energética del sistema en ellas con el aumento de la producción de energía proveniente de fuentes renovables y el uso de tecnologías apropiadas según el contexto, además de enfocarse en el incremento de la calidad y diversidad de la producción.

En cuanto al índice de eficiencia económica se determinó que tres de las fincas cuentan con autonomía en el uso de los recursos disponibles; en gran parte los recursos monetarios se usan para el autoempleo y el trabajo en la finca con mano de obra familiar o local y la tracción animal; la finca (4) tiene una dependencia mayor de recursos externos, fundamentalmente concentrados para la alimentación animal y productos químico-sintéticos para aplicar en algunos cultivos, lo que provoca una eficiencia económica desfavorable.

A partir de los recorridos de campo, el resultado de los indicadores y el diálogo con las familias, se lograron identificar algunas estrategias necesarias para la transición de las fincas, que pueden contribuir a la toma de decisiones familiares y locales.

1. Promover y compartir el conocimiento generado en centros de investigaciones con los campesinos, los cuales son los mayores interesados en la sostenibilidad de sus fincas.
2. Contextualizar tecnologías apropiadas localmente, según las distintas situaciones, los recursos disponibles y los objetivos de cada familia campesina.
3. Contextualización de tecnologías apropiadas para gestionar la energía con FRE.
4. Mejorar los sistemas de riego para elevar la eficiencia y la capacidad productiva.
5. Habilitar espacios en las fincas para comercializar sus producciones de forma directa con comunidades aledañas.
6. Potenciar la producción y uso de abonos orgánicos.
7. Diversificar la producción con diseños y prácticas agroecológicas.
8. Prioridad máxima a la protección, conservación y mejoramiento de los suelos.
9. Aseguramiento del abasto de agua, energía y fertilizantes a partir de los recursos generados por el propio sistema.

10. Tipos genéticos de especies animales o cultivos adaptados a la cultura del lugar, la familia y los recursos del sistema.
11. Máxima interrelación funcional entre los componentes y funciones del sistema socioecológico.
12. Diseño de viviendas e infraestructuras que permitan confort a la familia, el ahorro de la energía, el reciclaje y la imposibilidad de daños por eventos climáticos extremos.
13. Existencia de políticas, programas y fondos que incentiven el arraigo de familias en sus fincas y a la contextualización, validación y extensión de innovaciones y tecnologías agroecológicas.

Tabla 5. Resultados de los indicadores e índices de resiliencia

Finca	Pp	Pe	AF%	IUT	IE (%)	H	IAFRE (%)	IIF (%)	EE	EFE (%)	EF (%)	BE	CEP	RCB	IDIE (%)	SA	ST	SE	EEco	IRS	Clasificación RSE
1	7.56	3.83	30.0	1.68	82.41	0.69	7.8	48.2	0.81	82	17.59	0.6	142	0.95	39	0.47	0.28	0.2	0.58	0.38	Poco resiliente
2	3.3	1.72	15.0	0.29	45.95	0.27	28	45.16	2.32	46	54.05	1.2	76.5	1.87	19	0.27	0.38	0.7	0.92	0.56	Medianamente resiliente
3	3.72	1.91	50.0	0.79	41.75	0.81	29	48.72	2.33	42	58.25	0.9	91.7	1.77	32	0.6	0.44	0.5	0.74	0.57	Medianamente resiliente
4	5.19	3.16	45.0	1.1	95.39	0.91	2.3	45.87	0.21	95	4.61	0.2	646	1.66	71	0.47	0.38	0.2	0.38	0.36	Poco resiliente

IV. Conclusiones

Reconocer las capacidades y oportunidades que cada sistema y miembro de la familia ofrece, es muy significativo para desarrollar estrategias de mejora a partir de los elementos identificados; además de las políticas públicas que fomenten la agricultura familiar a partir de la mejora de los medios de vida en el entorno rural, la contextualización y apropiación de las tecnologías apropiadas, así como del fortalecimiento de la cultura e identidad local sobre bases agroecológicas, inclusivas y participativas.

Los métodos expuestos tienen en común, como finalidad, la producción agrícola sostenible y procesos que contribuyan a la transición agroecológica y la resiliencia socioecológica.

Existen factores que limitan o restringen la difusión e implementación de la agroecología, se requieren políticas locales coherentes y programas de investigación y acción participativa que garanticen el escalonamiento horizontal y vertical de la agroecología.

El diagnóstico realizado en estas cuatro fincas destaca elementos de insostenibilidad en los diseños y manejos de los sistemas estudiados; es importante la toma de decisiones a todos los niveles para la transición agroecológica, desde los campesinos para la contextualización de nuevas prácticas hasta los decisores que deben tener una participación activa en todos estos procesos de conocimiento, práctica, validación, apoyo y escalonamiento de buenos resultados en la producción de alimentos y servicios ecológicos y socioculturales de sus territorios, de mano de la agricultura familiar.

V. Recomendaciones

Continuar con la implementación del modelo de finca familiar agroecológica, manteniendo un seguimiento sobre la extensión de los resultados a otras fincas familiares.

Utilizar los diferentes medios de difusión masiva para la educación popular de la sociedad cubana sobre la importancia de la agricultura familiar agroecológica, el consumo de alimentos frescos y la economía solidaria.

VI. Referencias Bibliográficas

- Casimiro-Rodríguez, Leidy. (2016a). Necesidad de una transición agroecológica en Cuba, perspectivas y retos. *Pastos y Forrajes*, 39(3), 81-91. Recuperado en 15 de febrero de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So864-03942016000300001&lng=es&tlng=es
- Casimiro-Rodríguez, Leidy. (2016b). Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba. Tesis presentada como requisito para optar al título de Doctora en Agroecología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Casimiro-Rodríguez, Leidy (2018). How to make prosperous and sustainable family farming in Cuba a reality. *Elem. Sci. Anth.* 6:77. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.324>.
- Casimiro-Rodríguez, Leidy; Casimiro-González, J. A.; Suárez-Hernández, J.; Martín-Martín, G. J., Navarro-Boulandier, Marlen & Rodríguez-Delgado, I. (2020). Chambers, R. (1994). The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Dev.* 22 (7):953-969. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90141-4](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90141-4).
- Evaluación de la resiliencia socioecológica en escenarios de agricultura familiar en cinco provincias de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):304-314. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So86403942020000400304&lng=es&nrm=iso, 2020.
- Funes-Monzote, F. R. (2018). Integración agroecológica y soberanía energética. *Agroecología*. 12 (1):57-66. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330351>.

- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. L. (2015). Agroecología: principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10(1), 61-72.
- Ploeg, J. D. van der. (2013). Ten qualities of family farming. *Farming Matters*. 29 (4):8-11. <https://edepot.wur.nl/289501>.
- Rodríguez, I. (2009). Evaluación de prácticas agroecológicas establecidas en la finca del Medio para la recuperación del agroecosistema. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Agricultura Sostenible, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Vázquez L. L. (2015). «Diseño y manejo agroecológico de sistemas de producción agropecuaria», en: *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. La Habana: Proyecto Tierra Viva, pp. 133-160.
- Venegas, C., Gómez, Bárbara., Infante, A., Venegas, R. (2018). *Manual de Transición Agroecológica para la agricultura campesina*. Instituto de Desarrollo Agropecuario, Chile. 212p.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología. Supervisión, Redacción-borrador original: Leidy Casimiro Rodríguez y Giraldo Martín Martín. Redacción-revisión y edición: Disney Prado Jiménez, Alexander Calero Hurtado y Yaimé García Herrera.

Recibido: 2 de septiembre de 2023

Aceptado: 20 de septiembre de 2023