

EL FUNCIONAMIENTO DE UN AGROECOSISTEMA PREMONTAÑOSO Y SU ORIENTACIÓN PROSPECTIVA HACIA LA SOSTENIBILIDAD: ROL DE LA AGROBIODIVERSIDAD

The functioning of a pre-mountain agroecosystem and its prospective orientation towards sustainability: the role of agrobiodiversity

Yaniuska González¹, Angel Leyva², Oriela Pino³,
Alicia Mercadet⁴, Zaida I. Antonioli⁵, Roberto A. Arévalo⁶,
Liziane M. Barossuol⁵, Abadys Lores⁷ y Yanara Gómez⁷

ABSTRACT. The research was carried out in “Finca La Loma” agroecosystem, Limonar de Monte Rous community, Guantanamo province, Cuba and had the objective of characterizing the integral functioning of a pre-mountain agroecosystem, for its prospective orientation towards sustainability, based on its agrobiodiversity. The initial diagnosis showed that the agroecosystem possessed acceptable socioeconomic and environmental conditions, revealed in the quality of life of the actors and the abundant agrobiodiversity. The analysis by subsystem, showed the existence of 249 species of 79 families; of them 41 forest species, being *Hura crepitans* L., the one with the highest carbon retention and *Poeppigia procera* Presl., the one with the highest frequency. 28 new species were introduced to meet food needs. The value of the Agrobiodiversity Index (IDA) went from 0,67 to 0,77 in three years. The Human Food Index was based on 56 species. The contributions to the sustainability of the agroecosystem showed positive effects for the qualitative and quantitative indicators. Problems related to the lack of: attachment to “the land” among the young, training, afforestation and areas to be developed were detected; limiting to the prospective development of the agroecosystem.

Key words: species diversity, estimation of carbon stocks, reforestation, carbon sequestration, sustainability

RESUMEN. La investigación se realizó en el agroecosistema “Finca La Loma”, comunidad de Limonar de Monte Rous provincia Guantánamo, Cuba y tuvo como objetivo caracterizar el funcionamiento integral de un agroecosistema premontañoso, para su orientación prospectiva hacia la sostenibilidad, basado en su agrobiodiversidad. El diagnóstico inicial mostró que el agroecosistema poseía condiciones socioeconómicas y medioambientales aceptables, reveladas en la calidad de vida de los actores y la abundante agrobiodiversidad. El análisis por subsistema, mostró la existencia de 249 especies de 79 familias; de ellas 41 especies forestales, siendo *Hura crepitans* L., la de mayor retención de carbono y *Poeppigia procera* Presl., la de mayor frecuencia. Se introdujeron 28 nuevas especies, para cumplimentar necesidades alimenticias. El valor del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) pasó de 0,67 a 0,77 en tres años. El Índice Alimentario Humano se sustentó en 56 especies. Los aportes a la sostenibilidad del agroecosistema mostraron efectos positivos para los indicadores cualitativos y cuantitativos. Se detectaron problemas vinculados a la falta de apego a “la tierra” entre los jóvenes, capacitación, forestación y rubros por desarrollar; limitantes para el desarrollo prospectivo del agroecosistema.

Palabras claves: diversidad de especies, estimación de las existencias de carbono, reforestación, secuestro de carbono, sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

A escala mundial las investigaciones dirigidas a conocer el funcionamiento de los agroecosistemas integrales son aún incipientes. Se cuenta con experiencias puntuales fundamentalmente vinculadas al conocimiento de los procesos que permiten establecer indicadores e índices (1-4),

¹ Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT)

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Gaveta postal No.1, San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba. CP 32700

³ Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)

⁴ Instituto de Investigaciones Forestales (IIF)

⁵ Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul. Brasil

⁶ Secretaria de Agricultura de Estado de São Paulo. Piracicaba. Brasil

⁷ Facultad Agroforestal de Montaña (FAM)

✉ tecnologia481@iift.cu

para mostrar los avances de las dimensiones básicas del desarrollo sostenible. Estos trabajos se enfocan desde una visión comparativa, retrospectiva o prospectiva; siendo esta última, la de mayor utilidad para la planificación y adopción de tecnologías, vistas a través del monitoreo en el tiempo o evaluación de tendencias (5).

En Cuba, los estudios de escenarios productivos agroecológicos integrales no son abundantes, aún cuando existen muchos agroecosistemas que erigen su proyección hacia una agricultura integral. Las experiencias exitosas y sobresalientes, se enmarcan a predios de pequeños productores (6,7) o cooperativas excepcionales dentro del movimiento de agricultura urbana (8). Se destacan los programas de la ANAP desde la visión cooperativista, a través del movimiento campesino a campesino (9,10) y las investigaciones realizadas, mediante el uso de indicadores e índices, en busca de un acercamiento a la sostenibilidad (11,12).

Bajo condiciones de montaña, la experiencia ha evolucionado sobre las bases de los principios de la agroforestería y a través de programas de corte medioambiental, intentando fortalecer la diversificación de la producción de alimentos a escala local, mientras se propugna el fortalecimiento de la agroforestería (13). En este contexto, ha surgido “la agroforestería análoga” (14); una corriente relativamente nueva que se extiende por el mundo, en busca del encuentro armónico entre la producción de alimentos y la producción forestal, en dirección a un sistema productivo similar a la vista natural inicial (15,16).

Estudios científicos, iniciados en 1984 con apoyo de la FAO, demostraron desde la visión agroforestal la importancia de este sistema productivo como alternativa para elevar la producción de alimentos en las zonas montañosas (17). Los sistemas silvopastoriles se incluyeron en busca del fortalecimiento de la producción de proteínas de origen animal. En todas las zonas montañosas de Cuba existen fincas forestales integrales y se incluyen los resultados de las investigaciones enmarcadas en un proyecto de agroforestería análoga recién concluido (18).

El enfoque integral de estudios para el desarrollo sostenible de un agroecosistema debe abordar temas a los cuales la ciencia moderna presta especial atención. Entre ellos se destacan la biodiversidad funcional y acompañante, la competencia por interferencia y la influencia de posibles efectos alelopáticos (19). La biodiversidad, considerada uno de los principios fundamentales de la agricultura sostenible dentro de un agroecosistema ya sean montañosos o no, debe satisfacer las necesidades alimentarias y espirituales del hombre, las demandas de los animales y del recurso natural suelo, proporcionar seguridad de mercado, autoabastecimiento, protección de los recursos naturales; además, brindar estabilidad al agroecosistema, base del equilibrio ecológico (5).

En Cuba, aún se requiere ejecutar investigaciones que permitan visualizar los aportes de los agroecosistemas montañosos a la seguridad alimentaria, teniendo en cuenta la calidad de la alimentación que se produce y sus requerimientos nutricionales como base de la soberanía alimentaria. Por otra parte, se hace necesario profundizar en temas relacionados con el aprovechamiento óptimo del espacio en el tiempo, a través de sistemas policulturales dentro de los complejos sistemas montañosos y premontañosos. Se deben promover sistemas productivos más eficientes desde la perspectiva espacial y temporal, que garanticen armonía y eficiencia productiva desde una visión agroecológica, sorteando los inconvenientes de la competencia por interferencia o alelopatía (20-22).

Sobre la base de los antecedentes expresados se deriva el siguiente problema: ¿Cómo lograr la reorientación hacia la sostenibilidad del agroecosistema premontañoso “Finca La Loma”? Para buscar alternativas de solución a dicho problema fue objetivo de este trabajo caracterizar el funcionamiento del agroecosistema premontañoso “Finca La Loma” en la localidad Limonar de Monte Rous, municipio El Salvador, provincia Guantánamo, para su reorientación prospectiva hacia la sostenibilidad, a través de la caracterización enriquecimiento y monitoreo de la agrobiodiversidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO, “FINCA LA LOMA”

La investigación se llevó a cabo en el agroecosistema “Finca La Loma”, ubicada en la localidad de Limonar de Monte Rous, perteneciente al municipio El Salvador situado en la región montañosa de la provincia Guantánamo, Cuba; a una altura de 405 ms.n.m. y a 250 m al norte de la carretera Guantánamo a Sagua de Tánamo. Este territorio posee una alta diversidad de especies típicas de los bosques pluvilsilvas de montaña y semicaducifolios de altura, según inventarios realizados en la localidad (23).

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

El esquema general de investigación se elaboró sobre la base de la propuesta metodológica MEDEBIVE (11), ajustado a los objetivos de esta investigación. Se registraron mensualmente las variables climáticas: precipitaciones (mm); temperatura promedio mensual (°C) y humedad relativa (%), durante el período 2007–2011. Se tomó como referencia la estación meteorológica del Centro de Desarrollo de la Montaña (CDM), ubicada en Limonar de Monte Rous, municipio El Salvador, provincia Guantánamo.

Se determinaron las principales variables que describen la calidad del agua, tanto para usos domésticos como para el riego. Estos análisis se realizaron en los laboratorios del Departamento de Calidad del agua para consumo de la provincia Guantánamo, que responden a la Dirección de Recursos Hidráulicos. Las técnicas de análisis empleadas fueron establecidas según Normas Cubanas del Ministerio de Salud Pública.

El suelo se clasificó como pardo (tipo genético: pardo sialítico; subtipo: mullido; género: carbonatado) por la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (24). Para determinar las principales propiedades químicas del suelo se tomaron de tres a cinco muestras en cada subsistema, en correspondencia con el tamaño del área, a una profundidad de 0 a 20 cm, al inicio y final de la investigación. Las muestras se procesaron en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y para la caracterización química del suelo se emplearon los siguientes métodos analíticos (25):

- ◆ pH en H₂O: Potenciometría, relación suelo-agua: 1:2.5.
- ◆ MO: Walkley and Black.
- ◆ Cationes intercambiables: extracción con NH₄Ac 1 mol L⁻¹ a pH 7 y determinación por complejometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (Na y K).
- ◆ P₂O₅ asimilable: Oniani (extracción con H₂SO₄ 1 mol L⁻¹).

La captura de carbono en el suelo se determinó sobre las bases del valor de la MO por subsistemas, durante los tres años de investigación (26).

ETAPAS DEL DIAGNÓSTICO

En la etapa I, se realizó un diagnóstico general, que incluyó 17 indicadores básicos de la sostenibilidad de la finca, asumidos participativamente y auxiliados de la literatura (5), lo que permitió determinar el Índice General de Sostenibilidad (IGS) (2), calculado mediante la fórmula:

$$IGS = \frac{\sum_1^n (VI)}{VMI * N}$$

donde:

VI es el valor del indicador; VMI es el valor máximo posible de un indicador y N es el número de indicadores.

En la etapa II, se realizó un diagnóstico específico, que permitió hacer una valoración del escenario productivo en las dimensiones ecológica, económica y sociocultural, definir y analizar participativamente, los principales problemas que limitan su desarrollo agrario sostenible; para lo cual se utilizó la Matriz de Vester (27).

Para su cumplimiento, se combinaron diversas herramientas como recorridos exploratorios, entrevistas informales, encuestas formales y diálogos semiestructurados, con observaciones y mediciones, en cada uno de los escenarios donde los actores y sus familias tienen incidencia.

EVALUACIÓN DEL AGROECOSISTEMA POR SUBSISTEMAS

El estudio por subsistemas, permitió establecer una propuesta estratégica de acuerdo a los resultados basada en el incremento de la agrobiodiversidad (Tabla I). Se promovió la introducción de alternativas agroecológicas eficientes no practicadas en la finca para complementar requerimientos alimenticios.

Tabla I. Subsistemas evaluados en el agroecosistema

Subsistema I	Producción de alimento animal (cultivos y pastos)
Subsistema II	Producción de alimento humano y para la comercialización
Subsistema III	Producción de alimento para el autoabastecimiento familiar
Subsistema IV	Producción agroforestal y silvopastoril
Subsistema V	Las viviendas y su entorno
Subsistema VI	Las fuentes de abasto de agua (arroyo y embalse) y su entorno
Subsistema VII	Producción animal y sus componentes (carne, huevo y leche)

CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO SECUESTRADO POR ESPECIES ARBÓREAS DEL AGROECOSISTEMA

Como parte del Índice de Agrobiodiversidad (IDA), los indicadores utilizados para estimar el secuestro de carbono y sus fórmulas se exponen en la Tabla II. El estimado de secuestro de carbono por las especies de frutales y forestales (arbóreas) se llevó a cabo por la metodología propuesta en el Instituto de Investigaciones Forestales (28,29), quienes establecieron que el carbono total retenido en la finca, está dado por la suma del valor del carbono retenido en la biomasa, en la necromasa y en el suelo, utilizándose coeficientes determinados para las condiciones de Cuba. Todos los datos obtenidos se procesaron con el empleo del programa Microsoft Excel. El proceso concluyó en un análisis biológico de la agrobiodiversidad como indicador supremo de la sostenibilidad (6).

Tabla II. Fórmulas para la estimación del secuestro de carbono en la finca

Carbono Total (CT)	$CT = CBM + CNM + CS$
Carbono de la Biomasa (CBM)	$CBM = BMT * 0,48$
Biomasa Total (BMT)	$BMT = BMf + BMA + BMR$
Biomasa Total café (BMTc)	$BMTc (kg ha^{-1}) = (10^{(-1,15 + \log(\text{diámetro basal}) + (0,54 * \log(\text{altura})))}) * \text{densidad}$
Biomasa de los fustes (BMf)	$BMf = \text{volumen} * 610/1000$
Biomasa Aérea (BMA)	$BMA = \text{biomasa de fuste} * 1,74$
Biomasa de las Raíces (BMR)	$BMR = \text{biomasa aérea} * 0,3$
Carbono de la necromasa (CNM)	$CNM = NM * 0,45$
Necromasa (NM)	$NM = \text{área} * 18,2$
Carbono del suelo (CS)	$CS = \text{área} * 123$ (123- es un coeficiente establecido según el tipo de suelo)
Volumen del árbol	$\text{Volumen} = 0,7854 * (\text{altura} + 3) * \text{potencia}(\text{diámetro}; 2) * 0,32$
Altura del árbol y Diámetro del tallo a 1,3 m del suelo: con instrumentos (Suunto y cinta diamétrica respectivamente)	

EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y CÁLCULO DEL ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD (IDA)

El agroecosistema se estudió sobre la base de las funciones y valores utilitarios de la agrobiodiversidad y se hizo un análisis de la diversidad funcional y asociada, de cada subsistema, donde se determinó el Índice de Agrobiodiversidad (IDA) (11).

$$IDA = \frac{\sum_1^S \cdot VRG}{S_1 * VMG}$$

donde:

siendo VRG el valor real del grupo de especie y VMG el valor deseado.

VALORACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE LOS APORTES DEL TRABAJO

Se hizo una valoración de los aportes económicos, ecológicos y sociales hechos al agroecosistema, durante la marcha de la investigación basados en el valor de los indicadores cualitativos y cuantitativos (30), para lo cual se evaluaron ponderadamente los efectos (positivos o negativos) de las acciones realizadas, en su contribución a las tres dimensiones de la sostenibilidad. Para cuantificar los resultados de los datos, se llevaron a una escala ponderada que utilizó valores del 1 al 10 (siendo 1, el valor menos deseado y 10 el más deseado). Los indicadores con sus variables y diseño del esquema utilizados para el análisis, se realizarán según propuesta de Torres *et. al* (30) y de acuerdo a los resultados de su aplicación (31).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

DIAGNÓSTICO AGROECOLÓGICO

Diagnóstico del agroecosistema “Finca La Loma”

La “Finca La Loma” posee características edafoclimáticas representativas de la comunidad. Cuenta con una superficie total de 48,72 ha; suelos productivos con contenido aceptable de materia orgánica y un total de 62 actores entre activos y pasivos, de los cuales el 71 % trabaja en la finca. La distribución por género asciende a 46,8 % para el género femenino y una edad media de 41 años, cifra que supera la registrada en la provincia (32).

Situación socioeconómica del agroecosistema “Finca La Loma”

La Figura 1, representa el valor del Índice General de Sostenibilidad (IGS), el cual permite visualizar algunos de los principales indicadores de mayor relevancia, vinculados a la vida socioeconómica y medioambiental de los integrantes del agroecosistema. Se destaca, que de las 16 familias que intervienen en el accionar de la finca, el 100 % posee viviendas propias, el 92 % en buen estado, el resto, en reparación. Cuentan con los medios necesarios para el hogar, en funcionamiento aceptable. La disponibilidad de agua es de alta calidad, debido a la existencia de una fuente de abasto dentro de la finca procedente de un manantial, que representa su mayor fortaleza. Como principal recurso de capital poseen un tractor para las labores agrarias y de mercadeo.

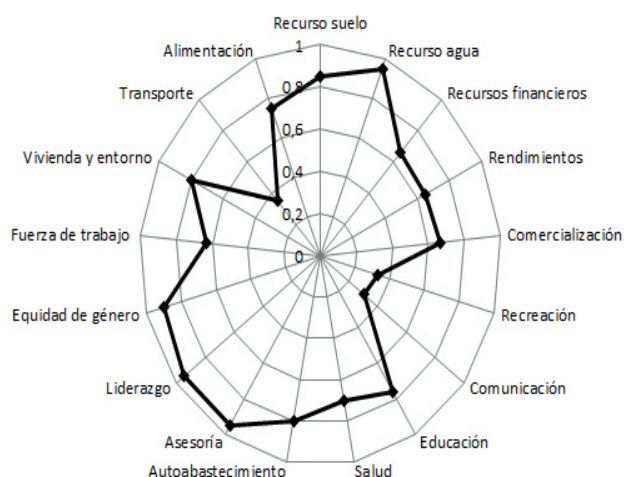


Figura 1. Indicadores Generales de la Sostenibilidad en la finca

El 79 % de las personas que habitan el agroecosistema se encuentra en edad laboral; sin embargo, solamente el 28,9 % labora directamente en él, lo cual limita el progreso del agroecosistema. El consumo alimenticio diario de los actores y sus familiares provenientes de la canasta básica y las producciones propias de la finca, este excede lo establecido a nivel nacional (Tabla III) según las normas descritas (33). El consumo de carbohidratos (raíces, tubérculos, cereales y cormos), proteínas (origen animal y vegetal) y grasas (principalmente de origen animal), es muy superior a la media territorial y rebasa la media internacional (34).

Estos datos explican un posible exceso de calorías diarias per cápita entre los habitantes del agroecosistema (33), aunque no se refleja en obesidad, dados los elevados niveles de gastos energéticos diarios de actores. Estos resultados revelan la necesidad de profundizar en los estudios alimentarios por grupos territoriales en sus demandas, excesos o déficit, según las condiciones locales de vida y trabajo.

Situación medioambiental del agroecosistema “Finca La Loma”

Predomina la vegetación típica de pluvisilvas de montaña y de bosques semicaducifolios intercalados con cafetos. Existe en su interior un arroyo, fruto de un manantial que emerge de la montaña y abastece de agua a la finca.

Su calidad está considerada como agua apta para el uso, según programa del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos CEPIS/OPS (2008). Sin embargo, se registró falta de reforestación en las márgenes del arroyo, lo cual pone en peligro su sostenibilidad en el tiempo.

Problemas que afectan la producción de la finca y su jerarquización

Se demostró que de los 12 problemas principales determinados, la desmotivación de los jóvenes y la falta de capacitación son los dos problemas críticos y por tanto los principales limitadores del desarrollo según Matriz de Vester (Figura 2) (27).

Se elaboró un plan de acción de forma conjunta con los actores, para erradicar o mitigar los problemas detectados, a través de la capacitación en talleres de intercambio. Este proceso, constituyó la base del análisis hacia la realización de un programa de desarrollo, aspectos en que se concuerda con investigaciones precedentes (35-37).

ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE LA “FINCA LA LOMA”

Para conocer la diversidad y grado de eficiencia productiva del agroecosistema, se evaluaron por subsistemas, sus componentes determinantes según propuesta de Lores *et. al* (38).

Diversidad de la finca por subsistemas

Los subsistemas I, II y III, con una superficie superior a 20 hectáreas, constituyen la fuente principal de la producción agrícola, tanto para la comercialización como el autoabastecimiento y la producción de alimentos para los animales. Como aspectos relevantes se destacan los siguientes: (I) adecuada agrobiodiversidad vegetal, pero con carencia de especies que aporten grasas (oleaginosas), así como especies para proteger y mejorar el suelo y un incremento paulatino de la producción de alimento animal, que incluyó la moringa y la morera como especies nueva en el agroecosistema; (II) se incrementó el número de especies en espacio y tiempo, lo que permitió distribuir de forma equitativa la fuerza laboral, evitándose la inequidad en el número de cultivos a atender en el tiempo y (III) los rendimientos en los cultivos superan la media del territorio; sin embargo, lejos de acercarse a sus potenciales productivos. Situación que podría mejorar con la utilización de los principios de la rotación, los policultivos y técnicas agroecológicas eficientes.

Tabla III. Proporción y composición de la dieta diaria

Componentes	Desayuno	Almuerzo	Comida	Meriendas y otros	Total del consumo diario
Energía (Kcal)	275,16	1071,24	1058,36	591,32	2996,08
Carbohidratos (g)	68,79	267,81	264,59	147,83	749,02
Proteínas (g)	17,22	44,37	88,44	15,07	165,1
Grasas (g)	16,23	30,29	124,98	4,48	175,98

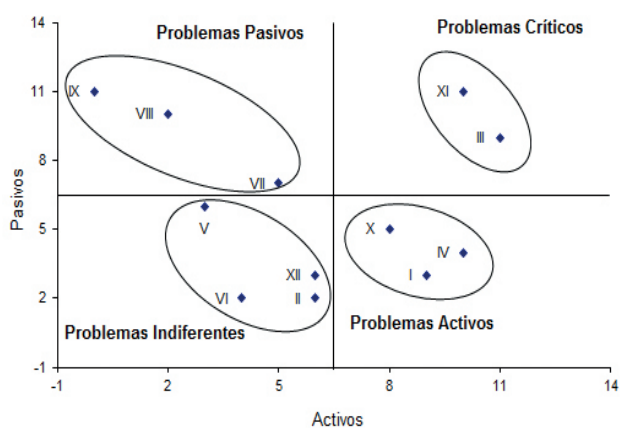


Figura 2. Jerarquización de los problemas encontrados en el agroecosistema

El sistema IV (agroforestal) presentó bajos rendimientos del cultivo del café ($0,26 \text{ t ha}^{-1}$) por escasa utilización de las normas técnicas del cultivo entre otros aspectos (39); alta diversidad de especies forestales (41 especies), de elevado valor ecológico como maderables y para la captura de carbono. Presencia de una rica diversidad, como frutales y medicinales en convivencia interespecífica con el café, sin perjudicar sus rendimientos, pero el suelo posee escaso cubrimiento por ausencia de cobertura viva (*Zebrina péndula* L.) con sólo un 14 % de la superficie plantada de café y escaso uso de alternativas nutricionales (40) y biofertilizantes de alta eficiencia (41,42).

La vivienda y su entorno, es un subsistema que posee la peculiaridad de agrupar 16 viviendas, donde se registraron 73 especies en los jardines y huertos medicinales de 68 especies existentes al iniciarse el proyecto, indicando el nivel de aceptación sobre todo del género femenino, de mejorar el entorno de las viviendas.

La fuente de abasto de agua, posee un pequeño embalse vital para el agroecosistema, donde aparecen libremente peces como la claria (*Clarias* spp.), cuando hay fuertes lluvias y es utilizada como complemento de la alimentación humana; la bijaca (*Nandopsis tetracanthus*) y la tilapia (*Oreochromis* spp.), que son empleadas como complemento para el pienso de los animales, molido, hervido y mezclado con otros alimentos (comúnmente llamado yogurt). El subsistema adolece de una adecuada reforestación, aun cuando se realizaron acciones para lograr un equilibrio, la asistencia técnica especializada resultó deficiente.

La diversidad de especie animal ascendió a 11 especies, en una superficie de 2,3 ha desde los dedicados a la alimentación y venta como las aves de corral y el ganado vacuno y sus derivados para la alimentación. Para el transporte se usa el caballo y

mulos para el traslado de mercancía. Este subsistema fortalece los alimentos formadores (carnes, leche, huevos y sus derivados), muy necesarios para equilibrar la dieta y aportar al organismo los complementos nutricionales adecuados (33,34,43). Para la recreación los gallos finos y el Cuy (*Cavia porcellus*) como elementos complementarios de placeres de los actores y sus familiares. El incremento paulatino de la masa ganadera y la cría de cerdos han elevado la base económica de la finca; sin embargo, no se está monitoreando los impactos ambientales.

La diversidad de animales libres es apreciable (según opinión de los actores), contándose con una rica fauna silvestre protegida por las familias contra cazadores ambulantes, que habitualmente merodean el entorno del agroecosistema. Además, la gran diversidad de insectos benéficos asociados a las plantas, contribuyen al equilibrio del agroecosistema (44,45).

La diversidad total del agroecosistema "Finca La Loma"

Existen en la actualidad, muchos ejemplos de sistemas agrícolas exitosos, pero la clave del éxito radica en conocer si la diversidad existente satisface las necesidades humanas, de los animales, del recurso suelo y del propio agroecosistema. Esa debe ser la principal tarea de un productor (22,46).

Se registraron 249 especies pertenecientes a 79 familias. La familia de mayor abundancia (Fabaceae) que agrupa 156 géneros, está representada por 22 especies, seguida de la Poaceae con 19 especies, la Malvaceae con 15 especies y con 13 especies la Asteraceae y la Lamiaceae. La mayoría de las familias (de 66 familias) se encontraron sólo entre una y cuatro especies. Este agroecosistema puede ser considerado rico desde el punto de vista florístico, pues generalmente los agroecosistemas disminuyen mucho su diversidad inicial, a causa de la intervención del hombre y no rebasan la cifra de unas 200 especies corroborado con los resultados obtenidos en otras investigaciones (11).

Las propias características premontañas y montañosas, donde las temperaturas, y precipitaciones periódicas favorecen la presencia de una alta diversidad arbórea de variados matices dentro del color verde, se conjugan para brindar un panorama diverso, atractivo y único que es admirado por visitantes y turistas. En este agroecosistema, el mayor número de especies se agrupa en las que contribuyen a mejorar la salud del ecosistema, que representa el 43 % del total (arborescentes 26 % y forestales 17 %), seguida de especies complementarias (27%) y para la alimentación humana un 23 % (principalmente reguladoras con 17 %); el resto, se encontró en menores cantidades (Tabla IV), resultados similares a los obtenidos en investigaciones bajo otras condiciones ambientales (47).

Tabla IV. Distribución general de la agrobiodiversidad del agroecosistema “Finca La Loma”

Grupos de especies	Componentes	Años				Especies ganadas
		2008	2009	2010	2011	
Cultivo principal (permanente)	Cafeto	1	1	1	1	0
Alimentación humana (total)		46	51	56	56	10
Alimentación animal (total)		10	13	13	13	3
Alimentación del suelo (total)		2	3	3	3	1
Complementarias (total)		56	62	67	67	11
Para la salud del agroecosistema (total)		107	108	109	109	2
Forestales		40	41	42	42	2
Arvenses		67	67	67	67	0
Total de especies vegetales		222	238	249	249	27
TOTAL ESPECIES (vegetal + animal)		231	247	259	259	28

El hecho de haberse encontrado más especies Fabáceas que Poáceas resulta interesante, pues en los agroecosistemas no montañosos, por lo general predominan las Poáceas según otros estudios (48). Debido a que han recibido altas dosis de herbicidas derivados de la urea y triazinas simétricas, creando cierta resistencia en Poáceas; sin embargo, los agroecosistemas premontañosos y montañosos por lo general no han sufrido el mismo daño, a excepción de los sistemas que han sido conducidos a plena exposición solar, como ha ocurrido en algunos países cafetaleros de Latinoamérica (49).

La diversidad de frutas presente en el agroecosistema es alta, pero solo se consume con frecuencia seis especies (*Musa Paradisiaca* L. var. *sapientum*, *Psidium guajava* L., *Mangifera indica* L., *Citrus* sp., *Calocarpum sapota* Jacq y *Carica papaya* L.), el resto de los frutales se consumen ocasionalmente y en menor cuantía son comercializados, al igual que las raíces y tubérculos con seis especies explotadas. Existe el hábito de consumir dos especies de hortalizas (*Cucumis sativus* L. y *S lycopersicum*); sin embargo, se cultivan poco en la región. Estos resultados muestran a pequeña escala, las costumbres alimenticias que poseen los actores, y por tanto es lo que más influye al escoger los cultivos a producir y determina la agrobiodiversidad general del agroecosistema (50).

Del total de especies solo dos aportan grasas (*Persea americana* Mill y *Arachis hypogaea* L.). No obstante, existen condiciones para producir otros cultivos como el girasol (*H. annuus*) para la extracción de su aceite, la cual evitaría recurrir al mercado para adquirirlo a un precio elevado; además, del aporte adicional en subproductos para la alimentación animal. También, es de gran importancia fortalecer la capacitación y el mejoramiento de variedades para estas condiciones de montaña y premontaña con la participación del productor e interesados en el desarrollo de estos agroecosistemas, tomándose como base los resultados obtenidos en otros agroecosistemas del país (51-54).

Carbono secuestrado por especies arbóreas en cada subsistema

Los agroecosistemas cafetaleros con sombra diversificada, son sistemas potenciales para la captura de carbono, por tanto, estos sistemas constituyen una opción económica con valor ecológico agregado. En base a ese precedente, se registró y calculó el carbono total secuestrado de especies arbóreas por subsistema en la “Finca La Loma” (Tabla V).

Para este indicador, se evaluó una muestra de 33 especies arbóreas (67 % del total presente en la finca). La especie más frecuente es el tengué (*Poeppigia procera* Presl.) presente en siete subsistemas, para un 87,5 % de aparición lo que indica su grado de importancia relativa para el agroecosistema, dada su plasticidad ecológica en la zona y como reservorio económico debido a la calidad de su madera.

Le sigue el algarrobo (*Samanea saman* Merr); el búcaro (*Erythrina poeppigiana* Walp) y el mapen (*Arctocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg), encontradas en seis y cinco subsistemas con un 75 y 62,5 % de aparición respectivamente. Dichas especies son empleadas como sombra del café y desde la dimensión económica sus maderas pueden ser empleadas para diversos fines. La mayor diversidad de especies se registró en el subsistema de producción agroforestal (Tabla V).

Otro aspecto de gran relevancia, es el aporte que brinda esta investigación a la ganancia de carbono del suelo en los diferentes subsistemas estudiados. Calculado a partir de los valores de MO resultantes del análisis de suelo, que se realizó a las diferentes subparcelas del agroecosistema durante los años de investigación (Tabla VI).

El rango de las ganancias de carbono capturado se movió entre 1,76 y 10,56 t ha⁻¹, resultados que constituyen la base para iniciar investigaciones más profundas en este tema, aun virgen bajo condiciones premontañosas y montañosas. Los resultados corroboraron además, que la capacidad de secuestro del carbono es mayor en especies arbóreas con mayor biomasa e incluye sus aportes al suelo, lo que concuerda con los resultados de otros autores (55,56).

Tabla V. Total de carbono secuestrado (ton) por las especies arbóreas, en cada subsistema de la “Finca La Loma”

Especies	SIGLAS*	Subsistema	Subsistema	Subsistema	Subsistema	Subsistema	Subsistema	Subsistema	Subsistema
		I	II	III	IVa	IVb	V	VI	VII
Albaricoque	EUJAM	9,36	----	----	----	----	----	----	----
Piñón F	GLISE	22,04	53,22	----	102,90	----	----	----	15,38
Tenge	POPPO	13,97	14,58	72,76	6,79	15,54	----	11,30	40,52
Guayaba	PSIGU	24,60	----	----	2,90	----	----	----	3,94
Mandarina	CIRET	54,36	----	----	2,65	----	----	10,63	13,16
Almendra	TERCA	----	13,40	----	6,54	11,35	----	----	9,18
Algarrobo	SAMSA	----	32,55	17,95	19,95	4,37	9,82	----	11,82
Salvadera	HUCRE	----	108,60	----	----	55,20	----	----	----
Búcaro	ERYPE	----	----	42,32	58,58	23,25	20,80	11,33	----
Mapen	ARTAL	----	----	63,04	3,21	----	40,43	13,57	12,22
Guásima	GUATO	----	----	26,73	----	48,01	----	44,28	9,97
Guanábana	ANOMU	----	----	----	0,13	----	----	----	----
Anón de ajo	ASQUA	----	----	----	0,13	----	----	----	----
Lima	LIMET	----	----	----	1,33	2,66	----	52,65	----
Limón	CILIM	----	----	----	1,32	----	----	----	----
Júcaro	BUCBU	----	----	----	3,82	----	----	11,32	----
Fruta pan	CASSA	----	----	----	5,61	----	----	----	----
Yamagua	GUTRI	----	----	----	3,67	----	----	----	----
Jagüey	FICRA	----	----	----	12,58	14,83	----	----	----
Cacao	TEOCA	----	----	----	2,59	----	----	----	----
Mango	MANIN	----	----	----	23,20	17,86	----	28,36	10,40
Naranja D	CISID	----	----	----	1,67	4,24	----	6,60	----
Yagrumo M	DIDMO	----	----	----	5,35	----	----	----	----
Yagruma	CECPA	----	----	----	1,33	31,88	----	----	----
Majagua	HIBEL	----	----	----	3,28	7,12	----	----	----
Zapote	CALSA	----	----	----	----	7,03	29,49	----	----
Mamey A	MAMRI	----	----	----	----	11,67	39,38	----	----
Aguacate	PERAM	----	----	----	----	----	13,14	----	----
Caucho	CASEL	----	----	----	----	----	----	----	9,21
Ipil ipil	LEGLA	----	----	----	----	15,55	26,55	----	1,38
Ocuje	CALAN	----	----	----	4,16	23,16	----	----	----
Naranja A	CISIA	----	----	----	1,33	0,82	----	26,41	----
Café	COFAR	----	----	----	1,59	----	----	----	----

*Siglas de nombres científicos

Tabla VI. Porcentaje de carbono en el suelo por subsistema; ganancia total y rango de ganancia durante los cuatro años de investigación en la “Finca la Loma”

Subsistemas	MO %		Diferencia de MO	% de carbono	Ganancia total de carbono (t ha ⁻¹)	Rango de ganancia (t ha ⁻¹)	
	Inicio	Final				Mínimo	Máximo
1	3,10	3,93	0,83	0,48	5,09	0,08	0,48
2	3,62	4,07	0,45	0,26			
3	3,56	4,00	0,44	0,26			
4	4,24	4,42	0,18	0,10			
5	3,48	3,62	0,14	0,08			
6	3,67	3,86	0,19	0,11			
7	3,10	3,66	0,56	0,32			
Promedio del % de carbono				0,23		1,76	10,56

Comportamiento del Índice de Agrobiodiversidad (IDA)

Los valores de la Tabla VII están indicando, que el trabajo investigativo realizado, contribuyó a elevar el IDA en sólo cuatro años, de un valor inicial de 0,67 a un valor de 0,77. Por otra parte, se incorporan dos nuevos subíndice de gran valor a la propuesta, porque además de enriquecer el índice, logra profundizar más en el conocimiento del agroecosistema (11).

Altieri y Nicholls han puntualizado sobre la necesidad de conocer científicamente los eventos de dependencia mutua y de facilitación dentro del propio agroecosistema; e indican que aun este tema ha sido poco investigado (57). Resultó interesante apreciar los avances por subíndice, valores que estimulan a promover la estrategia seguida prospectivamente, hacia un mayor acercamiento a la sostenibilidad en breve tiempo. La flexibilidad de los actores al asumir propuestas, parece ser un factor determinante en estos propósitos.

RELEVANCIA DE LA APLICACIÓN DE UNA ESTRATEGIA AGROECOLÓGICA PARA LOS AGROECOSISTEMAS PREMONTAÑOSOS

La visión sistémica y holística del agroecosistema

La investigación probó que el todo es mucho más que la suma de las partes, al detectarse la existencia de elementos determinantes en sus interacciones, que no muestran toda su importancia en las partes, de forma independiente. La suma de las entradas al sistema es muy inferior a las salidas, fruto de los procesos internos bien conducidos (Figura 3).

Entradas

- Semillas
- Fertilizantes
- Materiales de trabajo
- Alimento concentrado
- Contratación de mano de obra
- Capacitación

Procesos



Salidas

- Producción de:
- Raíces y tubérculos
- Horatailizas
- Viandas
- Granos
- Frutas
- Carnes
- Leche
- Miel
- Peces
- Productos forestales
- Generación de biomasa
- Aumento del conocimiento
- Aumento de la calidad de vida
- Mejora de las relaciones afectivas entre los actores con el intercambio de especies

Figura 3. Interacciones entre los subsistemas del agroecosistema. Análisis de las entradas, procesos y salidas

El análisis integral del agroecosistema con sus interacciones presenta la vivienda y su entorno como centro del proceso de desarrollo holístico, de manera que los restantes subsistemas contribuyan a su fortalecimiento, considerando que este subsistema representa el eje central del desarrollo del sistema productivo.

Las entradas al sistema son bien aprovechadas por los recursos humanos, lo que proporciona mayores salidas, mostrando así el valor de la capacidad de gestión del líder, aun cuando faltaría el análisis de los gastos energéticos, para verificar la eficiencia de su utilización (58).

Tabla VII. Valores del Índice de Agrobiodiversidad (IDA) y los subíndices que lo conforman

Grupos de especies	Componentes	Años			
		2008	2009	2010	2011
Alimentación humana (total)	IFER	0,77	0,85	0,90	0,90
	Formadores (vegetal y animal)	0,63	0,84	0,84	0,84
Subíndice FER	Energéticos	0,91	0,91	1,00	1,00
	Reguladores	0,78	0,82	0,88	0,88
Alimentación animal (total)	IFE	0,69	0,76	0,81	0,81
	Formadores	0,54	0,61	0,70	0,70
Subíndice FE	Energéticos	0,84	0,92	0,92	0,92
	IAVA	0,52	0,61	0,62	0,62
Alimentación del suelo (total)	Abonos verdes	0,22	0,51	0,51	0,51
	Coberturas vivas arvenses	0,53	0,53	0,53	0,53
Subíndice IAVA		0,82	0,80	0,82	0,82
	ICOM	0,73	0,77	0,77	0,78
Complementarias (total)	Condimentos	0,66	0,72	0,72	0,72
	Ornamentales y flores	0,64	0,76	0,76	0,76
	Árboles y arbustos	0,70	0,70	0,70	0,70
Subíndice COM	Animales libres	0,88	0,88	0,82	0,87
	Medicinales	0,77	0,85	0,85	0,85
Índice de Agrobiodiversidad	IDA	0,67	0,74	0,77	0,77

Eficiencia de los aportes hechos al agroecosistema durante el período experimental

En agroecología se valoran las tres dimensiones de la sostenibilidad (Económico–Ecológico–Social) (46,59); por tanto, se requiere de un análisis más allá de lo puramente económico (Tablas VIII y IX), para reflejar el total de indicadores (cuantitativos y cualitativos) utilizándose ponderación de valores.

Se obtuvo un índice total general de 0,65 (cualitativamente) por tanto, el aporte realizado fue pertinente, aun cuando estuvo limitado por la carencia de recursos locales; mientras los indicadores cuantitativos obtuvieron un índice general de 0,75, los cuales fueron favorecidos por otros aportes introducidos por el gobierno local, que requerirían análisis de costos.

Tabla VIII. Evaluación cualitativa de los indicadores evaluados en el agroecosistema durante el período experimental

APORTES	CANTIDAD	VALOR DE PONDERACIÓN	VALOR DEL ÍNDICE
1- Especies introducidas (biodiversidad)			
Alimentación humana	11	7,4	0,74
Alimentación animal	3	7,5	0,75
Alimentación del suelo	1	4	0,40
Complementarias	11	7,1	0,71
Para el equilibrio del agroecosistema	2	3,5	0,35
Sub total		5,9	0,59
2- Técnicas agroecológicas			
Policultivos	8 asociaciones	6,9	0,69
Introducción de biofertilizantes	2 biofertilizantes	9,0	0,90
Introducción de bioproductos (plaga)	2 bioproductos	9,0	0,90
Reordenamiento de la reforestación	2 actividades	7,5	0,75
Faja de contención (para la laguna)	1 actividad	1,0	0,10
Procesamiento artesanal del girasol	2 actividades	1,0	0,10
Producción de leche	2 actividades	7,0	0,70
Protección del suelo	1 actividad	7,0	0,70
Sub total		6,1	0,61
3- Capacitación			
Temas sobre agroecología	5 temas	7,4	0,74
Sub total		7,4	0,74
4- Contribución a las propuestas gubernamentales			
Aportes	Cultivo protegido	5,0	0,50
	Cultivo semi protegido	7,0	0,70
	Cría de cerdo	8,0	0,80
	Ceba de toro	7,0	0,70
Sub total		6,8	0,68
TOTAL		6,5	0,65

Tabla IX. Evaluación cuantitativa de los indicadores incorporados al agroecosistema durante el período experimental

Técnicas agroecológicas	Cultivos (en sistemas asociados)	IET individuales	IET de la asociación	Valor del índice	
Policultivos	Girasol	0,49	1,03	0,63	
	Tomate	0,54			
	Maíz	0,51	0,99	0,59	
	Tomate	0,48			
	Girasol	0,73			
		Frijol	0,56	1,29	0,89
		Maíz	0,56	1,06	0,66
	Frijol	0,50			
Subtotal				0,69	
Producción leche	Producción inicial (litros)	Producción final (litros)	% de incremento	Valor del índice	
Total	3	5	76,6	0,8	
				0,75	

PROPUESTA ESTRATÉGICA DE DESARROLLO PROSPECTIVO DEL AGROECOSISTEMA

La propuesta estratégica de desarrollo prospectivo de los agroecosistemas premontañosos, se fundamenta en los resultados logrados, utilizando nuevos indicadores de sostenibilidad con su evaluación cualitativa y cuantitativa. Los pasos a seguir se resumen en la Tabla X.

El diagnóstico como elemento primario de la estrategia, permitió conocer el contexto histórico, descifrar sus bondades y limitaciones en su acercamiento a la sostenibilidad; por ello, fueron asumidas las variables que definen los indicadores determinantes de cada dimensión. Se logró conocer en el agroecosistema los problemas críticos determinantes, los que fueron jerarquizados definiéndose los problemas críticos. La realización de talleres, apoyados de un cuestionario pre-elaborado y enriquecido participativamente a escala local, en función de los problemas a determinar para su solución, mostró su validez en coincidencia con los problemas críticos detectados al inicio de la investigación.

La impartición de un programa de capacitación, para tratar de crear una base de atracción a favor de la anulación de los problemas críticos principales, resultó eficiente; dado el nivel de aceptación logrado. Estas propuestas poseen total vigencia, aunque su solución depende también de los recursos que se necesitarían para su cumplimiento con apoyo del gobierno local.

La evaluación en espacio y tiempo de la agrobiodiversidad a través de su cuantificación y caracterización de acuerdo a sus valores utilitarios, ha sido una de las acciones básicas de la estrategia, que sugirió establecer nuevas especies como complemento alimentario adecuado.

Se determinaron las especies de mayor capacidad de retención de carbono y se hacen sugerencias para la reforestación dirigida a la protección de las superficies desproladas y sensibles a ser erosionadas. Se sentaron las bases para el cálculo de un índice de retención de carbono a escala de agroecosistema.

Tabla X. Propuesta de la estrategia agroecológica a seguir en la “Finca la Loma”

ACCIONES	REVELACIÓN DE PROBLEMA	PROPUESTA DE SOLUCIÓN
Se realiza el diagnóstico local y el específico	Se determina el (los) problema(s) crítico(s) Se incluyen indicadores de las tres dimensiones de la sostenibilidad y se definen las tecnologías dominantes (agroecológicas o de altos insumos)	Desarrollo de un programa de capacitación. Se realizan talleres para revelar la riqueza agroecológica de la finca, sus limitantes, posibilidades potenciales de desarrollo y las oportunidades de mercado. Se propone crear RED de agroecólogos jóvenes. Se crea una RED de agroecólogos con los jóvenes de la comunidad. Se da a conocer a las autoridades los problemas críticos y propuestas de solución
Evaluación de la agrobiodiversidad y la diversidad acompañante o complementaria	Se cuantifica y clasifica la biodiversidad por sus valores utilitarios. Se revelan los déficit y la disponibilidad espacial y temporal	Se introduce la diversidad ausente y estudio de su inclusión al sistema Se hace el análisis del aprovechamiento espacial y temporal y se aplica la técnica de los cultivos múltiples
Arreglos espaciales	Se detectan los problemas de la competencia por interferencia, alelopatía o ambos	Se asocian los cultivos de mayor compatibilidad y se evitan las acciones alelopáticas negativas entre los cultivos incompatibles, mediante arreglos espaciales y temporales que aporten un ATER > 1
Cálculo del secuestro de carbono	Se cuantifican las especies de mayores niveles de secuestro de carbono y se calcula a través de un Índice de Secuestro de Carbono arbóreo (ISCa) las necesidades de reforestación equilibrada del agroecosistema. Se revela el estado del agroecosistema en este indicador	Se reorienta la reforestación para el agroecosistema, según sus necesidades que incluye las fajas de contención del arroyo y embalse de agua. Se establece un programa de siembra o plantación de especies arbóreas reguladoras (desde el análisis alimentario) y de madera preciosa (desde el análisis forestal) con elevada capacidad para capturar carbono
La visión sistémica y holística del agroecosistema	Se definen los rubros inexistentes o existentes con aportes limitados	Se propone una distribución equitativa de los recursos energéticos humanos y materiales que favorezcan los rubros menos favorecidos (reforestación, piscicultura y apicultura) para que se eleve la pertinencia del agroecosistema a favor de la sostenibilidad económica, ecológica y medioambiental

Los nuevos arreglos espaciales y temporales y la comprobación de la existencia de competencia por interferencia, o alelopatía, sirvieron de complemento a la investigación y mostraron pertinencia y necesidad de identificar los más eficientes, como base para el aprovechamiento de las superficies, beneficiar las sinergias, y sortear los efectos adversos.

CONCLUSIONES

- ◆ Los principios agroecológicos aplicados a la localidad para la caracterización sistémica de un agroecosistema premontañoso, fueron pertinentes, al detectar los problemas externos e internos limitantes del desarrollo y proponerse las vías y métodos para solucionarlos.
- ◆ La elevada riqueza florística, del agroecosistema se enriquece para suplir necesidades alimenticias vitales y su conducción con arreglos espaciales y temporales oportunos, resultan pertinentes para un balance alimentario equilibrado con eficiencia productiva bajo sistemas de producción policultural.
- ◆ El cálculo del secuestro de carbono por especies y subsistema, muestra la importancia de este indicador, para frenar la deforestación y sentar las bases del necesario equilibrio, a través de un Índice de Secuestro de Carbono Arbóreo (ISCa) aplicable para los agroecosistemas premontañosos.
- ◆ El *H. annuus* cultivar 'Caburé-15' cultivado en el agroecosistema premontañoso, produce sustancias químicas que inhiben el crecimiento del *S. lycopersicum* cultivar 'Vyta', las que pueden ser responsable del efecto negativo sobre el desarrollo de este cultivo en asociación.
- ◆ La propuesta estratégica de manejo prospectivo del agroecosistema premontañoso, permite trazar las pautas a seguir con vistas al desarrollo integral deseado, con la utilización de nuevos índices e indicadores para un mayor acercamiento a la sostenibilidad agraria local, asumiendo la diversidad como su eje central.

BIBLIOGRAFÍA

1. Astier M, Hollands J. Sostenibilidad y campesinado: Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Mundi-Prensa. 2005.
2. Zinck JA, Berroterán JL, Farshad A, Moameni A, Wokabi S, Van Ranst E. La sustentabilidad agrícola: un análisis jerárquico. Gaceta ecológica. 2005;(76):53-72.
3. Irisity F, Chiappe M. Indicadores socioeconómicos para la evaluación de la sustentabilidad forestal en el norte de Uruguay. Agrociencia Uruguay. 2012;16(1):177-85.
4. Blandi M, Paleologos M, Sarandón S, Veiga I. Identificación de impedimentos para avanzar hacia una conducta sustentable en pequeños horticultores de La Plata, Argentina. Cuadernos Agroecol. 2013;8(2):1-5.
5. Sarandón SJ, Flores CC. Agroecología. [Internet]. La Plata: D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata; 2014 [citado 20 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4499391>
6. Leyva GA, Pohlan G. Agroecología en el Trópico. Ejemplos para Cuba. Shaker Verlag. Aachen, Germany; 2005. 267 p.
7. Llanes G, Caballero R, Perera E. Articulación Agroecológica: diseño de alternativas sostenibles para la seguridad alimentaria local en Cuba. Agricultura Orgánica. 2014;Año 20(no 2).
8. Gravina HBA, Leyva Galán Á. Utilización de nuevos índices para evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema en la República Bolivariana de Venezuela. Cultivos Tropicales. 2012;33(3):15-22.
9. Ortiz PHR, Miranda LS, Martínez CM, Ríos LH, Cárdenas TRM, de la Fe MCF, et al. La Biodiversidad Agrícola en manos del campesinado cubano. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba; 2012.
10. Ortiz Pérez R, Angarica L, Guevara-Hernández F. Beneficios obtenidos en fincas participantes en el Programa de Innovación Agropecuaria Local (PIAL) en Cuba. Análisis costo/beneficio de la intervención. Cultivos Tropicales. 2014;35(3):107-12.
11. Leyva GA, Lores PA. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. Agroecología. 2012;7(1):109-15.
12. Lores PA. Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas. Contribución al estudio de la agrobiodiversidad [Internet] [Tesis de Doctorado]. [La Habana. Cuba]: INCA-Dpto. de Fitotecnia; 2009 [citado 20 de febrero de 2018]. 100 p. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2010400078>
13. ACTAF. ACTAF y su contribución al desarrollo agrario en Baracoa. Revista Agricultura Orgánica. 2012;18(3):39-40.
14. Cardoza Vázquez R, Cuevas Flores L, García Carreón JS, Guerrero Herrera JA, Gonzalez Olarte JC, Hernández Méndez H, et al. Protección, restauración y conservación de suelos forestales: manual de obras y practicas. 3ra Edición. Zapopan, Jalisco, México; 2007. 298 p.
15. Gamboa L, Criollo M. Forestería análoga y su rol en la recuperación de ecosistemas y el cambio climático. LESIA revista de agroecología. 2011;27(2):8-12.
16. Arnold J. La Agroforestería Análoga. En Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba.; 2012. p. 45.
17. Pérez DA, Martín PJ. La caficultura cubana, sus transformaciones, el desarrollo rural y el extensionismo. Hombre, Ciencia y Tecnología [Internet]. 2011 [citado 21 de febrero de 2018];15(1). Disponible en: <http://cienciagtmo.cug.co.cu/index.php/http/article/view/188>
18. Toirac W, Hechavarria KO, Matos A, Frometa CA, Sordo OL, Villamet P. La Forestería Análoga en el contexto de las fincas forestales integrales en Guantánamo. Cuba (parte 1) [Internet]. Boletín electrónico de la RIFA 2012. 2012. Disponible en: www.analogforestrynetwork.org/newsletter/esp/boletin4-2.html
19. Farooq M, Jabran K, Cheema ZA, Wahid A, Siddique KH. The role of allelopathy in agricultural pest management. Pest Management Science. 2011;67(5):493-506. doi:10.1002/ps.2091

20. Blanco VY, Leyva GA, Guerrero A. El período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.): una herramienta para el manejo de arvenses en la agricultura. En Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal; 2014.
21. Blanco Valdés Y, Leyva Galán Á, Castro Lizazo I. Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). Cultivos Tropicales. 2014;35(3):62-9.
22. Blanco-Valdes Y. El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. Cultivos Tropicales. 2016;37(4):34-56. doi:10.13140/RG.2.2.10964.19844
23. Utría MY. Inventario y composición florística de especies forestales en plantaciones de cacao en el municipio El Salvador [Tesis en opción al título de Ingeniero Forestal]. Universidad de Guantánamo; 2009. 60 p.
24. Hernández JA, Ascanio GMO, Morales DM, Cabrera RA. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: Una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. La Habana, Cuba: Editorial Ediciones INCA; 2006.
25. Paneque-Pérez VM. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Ediciones INCA; 2002.
26. Mesa Napoles AA. Manual para proyectos agropecuarios: área del Caribe Insular y Continental. Selección de tierras y explotación agrícola. El Cid Editor; 2007. 327-983 p.
27. Vester F. Unser Welt. Ein Vernetztes Systems. DTV; 1983. 177 p.
28. Mercadet PA, Álvarez BA. Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. En: Efecto de los cambios globales sobre el ciclo del carbono. RED CYTED; 2009. p. 107-18.
29. Mercadet A, Álvarez A, Escarré A, Ortiz O. Coeficiente de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas [Internet]. 2011. Disponible en: http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf
30. Torres V, Martínez O, Noda A, Medina Y, Rodríguez Y. Evaluación de los supuestos estadísticos en el Modelo Estadístico Multivariado de Medición de Impacto (MEMI) en un estudio de caso. En: II Taller de informática y bioestadística aplicada a las ciencias agropecuarias. III Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba. 2010. 20 p..
31. Vaz-Pereira JCD. Contribución a la sostenibilidad de la producción de maíz (*Zea mays* L.) en Huambo, Angola, a través del manejo agroecológico de las arvenses. [Tesis en opción al grado Científico de Doctor]. [La Habana, Cuba]: Universidad Agraria de la Habana.; 2015. 100 p.
32. (ONE). Anuario estadístico de Cuba 2010. 2011. 159-170 p.
33. Triana HM, Porrata MC, Jiménez-Acosta S, Rodríguez Suárez A, Carrillo FO, García Uriarte Á, et al. Recomendaciones Nutricionales para la población cubana. Cámara Del Libro. La Habana, Cuba; 2009. 112 p. doi:10.13140/2.1.2711.0727
34. Sasson A. "La alimentación del hombre moderno" (del hombre del mañana). Barcelona: Unesco/Ed; 1993. 300 p.
35. Carballosa BS. Propuesta de una estrategia de manejo para el desarrollo sostenible de Fincas Forestales Integrales de la franja costera sur de la provincia Guantánamo. [Tesis en opción al grado de Master en Ciencias]. Universidad de Guantánamo; 2012. 70 p.
36. Pavón RMI. Extensionismo en Cuba: estudios de caso. Cultivos Tropicales. 2014;35(1):5-10.
37. Pavón RMI, Domini ME, Suárez VGM, Almenares RG, Yong CA, Benítez B. Diagnóstico estratégico para el desarrollo agropecuario y forestal de la Empresa Agropecuaria «Camilo Cienfuegos». Cultivos Tropicales. 2015;36(3):07-13.
38. Lores A, Leyva A, Tejeda T. Evaluación espacial y temporal de la agrobiodiversidad en los sistemas campesinos de la comunidad "Zaragoza" en La Habana. Cultivos Tropicales. 2008;29(1):5-10.
39. MINAG. Instrucciones técnicas para el cultivo del café. Dirección Nacional de Café y Cacao. La Habana, Cuba: Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM); 2013. 159 p.
40. Prager Mósquera M, Sanclemente Reyes OE, Sánchez de Prager M, Miller Gallego J, Ángel SDI. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. Agroecología. 2012;7(1):53-62.
41. Pérez A. Fertilización y requerimientos de nitrógeno para plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta cultivada en suelos pardos de la región oriental premontañosa de Cuba [Tesis de Grado Doctor en Ciencias Agrícolas]. [Mayabeque, Cuba]: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; 2011. 100 p.
42. Guevara Y, Hernández A, San Juan AN, Gómez E. NITROFIX: Alternativa para la agricultura orgánica y sostenible. Agricultura Orgánica Año 20. 2014;(2).
43. Rosegrant MW, Agcaoili M. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C. USA; 2010. 284 p.
44. Vázquez MLL. Los insectos, los agricultores y el manejo de la finca. LEISA. Revista de Agroecología. 2012;28(1):5-8.
45. Matienzo Brito Y, Rijo Camacho E, Milán Vargas O, Torres Nelson N, Larrinaga Lewis Y, Romero Castillo N, et al. Diversidad de insectos benéficos asociados a *Morinda citrifolia* L. Fitosanidad. 2012;11(1):25-8.
46. Leyva GA. Metodología para evaluación de agroecosistemas Integrales. En Mayabeque, Cuba; 2014. p. 36.
47. Arias RI, Tapia A, Tapia A, Santacruz L, Yasaca R, Miranda N. Evaluación de la biodiversidad en cinco comunidades Kichwa de la zona de colonización de la alta Amazonía ecuatoriana. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología. 2012;1(3):157-72.
48. Blanco Y, Leyva Á. Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. Avances en Investigación Agropecuaria. 2013;17(3):51-65.
49. Vandermeer J, Yitbarek S. Self-organized spatial pattern determines biodiversity in spatial competition. Journal of Theoretical Biology. 2012;300:48-56. doi:10.1016/j.jtbi.2012.01.005
50. Castiñeiras L. Conservación in situ de la biodiversidad agrícola en huertos caseros de tres áreas rurales de Cuba. En: Biodiversidad agrícola en las Reservas de la Biosfera de Cuba. La Habana: Academia; 2006. p. 296.

51. Ortiz PR. Aportes a la innovación agropecuaria local en Cuba [Internet]. *Academica Española*; 2012. 64 p. Disponible en: <https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/gb/book/978-3-8473-6021-6/aportes-a-lainnovaci%C3%B3n-agropecuaria-local-en-cuba>.
52. De La Fé CF, Ríos H, Ortiz R, Martínez M, Acosta R, Ponce M. Las ferias de agrobiodiversidad. Guía metodológica para su organización y desarrollo en Cuba. *Cultivos Tropicales*. 2013;24(4):95–106.
53. Ortiz R, Miranda S, Hernández R, Rivera J, Fonseca D. Prácticas exitosas en la innovación agropecuaria local. Impacto en el desarrollo local. *Revista Nueva Empresa*. 2013;9(3):77-81.
54. Ortiz Pérez R, Miranda Lorigados S, Rodríguez Miranda O, Gil Díaz V, Márquez Serrano M, Guevara Hernández F. Las ferias de agrobiodiversidad en el contexto del fitomejoramiento participativo—programa de innovación agropecuaria local en Cuba. Significado y repercusión. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(3):124-32.
55. Padmanabhan E, Eswaran H, Reich PF. Soil carbon stocks in Sarawak, Malaysia. *Science of The Total Environment*. 2013;465:196-204. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.03.024
56. Bojórquez SJI, Castillo PLA, Hernández JA, García PJD, Madueño MA. Cambios en las reservas de carbono orgánico del suelo bajo diferentes coberturas. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(4):63-9.
57. Altieri MÁ, Nicholls CI. Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA)*. 2012;7(2):65-83.
58. Vallim De Melo C. Evaluación de la sostenibilidad de dos sistemas de producción de banana (*Musa* sp.) convencional y agroforestal en Sete Barras (SP-Brasil) [Trabajo en opción al grado de Master]. [La Habana, Cuba]: Universidad Agraria de la Habana (UNAH); 2012. 57 p.
59. Altieri MA, Koohafkan P, Gimenez EH. Agricultura verde: Fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. *Agroecología*. 2012;7(1):7-18.

Recibido: 3 de abril de 2017

Aceptado: 11 de enero de 2018